



# Outils de contrôle de gestion, information imparfaite et ergonomie cognitive : une mise en oeuvre de la logique floue pour la représentation des projets

Jean-Christophe Frydlender

## ► To cite this version:

Jean-Christophe Frydlender. Outils de contrôle de gestion, information imparfaite et ergonomie cognitive : une mise en oeuvre de la logique floue pour la représentation des projets. Gestion et management. Université de Caen (France), 2005. Français. NNT: . tel-02141851

**HAL Id: tel-02141851**

**<https://normandie-univ.hal.science/tel-02141851>**

Submitted on 28 May 2019

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



Distributed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License



**Université de Caen Basse-Normandie**

Institut d'Administration des Entreprises

ECOLE DOCTORALE ECONOMIE-GESTION NORMANDIE

## **THÈSE DE DOCTORAT DE L'UNIVERSITÉ DE CAEN**

**Spécialité Sciences de Gestion**

*(Arrêté du 25 avril 2002)*

présentée par

**Mr. Jean-Christophe Frydlender**

et soutenue publiquement

le 2 décembre 2005

# **Outils de contrôle de gestion, information imparfaite et ergonomie cognitive : une mise en œuvre de la logique floue pour la représentation de projets**

## **MEMBRES DU JURY**

<b>Mr. Jack Chen</b>	Professeur à l'Université de Caen Basse-Normandie	<b>Directeur de thèse</b>
<b>Mr. Henri Bouquin</b>	Professeur à l'Université de Paris Dauphine	<b>Rapporteur</b>
<b>Mr. Cédric Lesage</b>	Professeur à l'Université de Paris I-Panthéon-Sorbonne	<b>Rapporteur</b>
<b>Mr. Patrick Joffre</b>	Professeur à l'Université de Caen Basse-Normandie	
<b>Mr. Thomas Loilier</b>	Professeur à l'Université de Bretagne Occidentale	





**Université de Caen Basse-Normandie**

Institut d'Administration des Entreprises

ECOLE DOCTORALE ECONOMIE-GESTION NORMANDIE

## **THÈSE DE DOCTORAT DE L'UNIVERSITÉ DE CAEN**

**Spécialité Sciences de Gestion**

*(Arrêté du 25 avril 2002)*

présentée par

**Mr. Jean-Christophe Frydlender**

et soutenue publiquement

le 2 décembre 2005

# **Outils de contrôle de gestion, information imparfaite et ergonomie cognitive : une mise en œuvre de la logique floue pour la représentation de projets**

## **MEMBRES DU JURY**

<b>Mr. Jack Chen</b>	Professeur à l'Université de Caen Basse-Normandie	<b>Directeur de thèse</b>
<b>Mr. Henri Bouquin</b>	Professeur à l'Université de Paris Dauphine	<b>Rapporteur</b>
<b>Mr. Cédric Lesage</b>	Professeur à l'Université de Paris I-Panthéon-Sorbonne	<b>Rapporteur</b>
<b>Mr. Patrick Joffre</b>	Professeur à l'Université de Caen Basse-Normandie	
<b>Mr. Thomas Loilier</b>	Professeur à l'Université de Bretagne Occidentale	





*À Anna et tous ses ancêtres,*



L'Université n'entend donner aucune approbation ni improbation aux opinions émises dans les thèses, ces opinions doivent être considérées comme propres à leurs auteurs.



# Remerciements

Je souhaite remercier ici tous ceux qui m'ont aidé et soutenu durant la préparation de cette thèse.

Je tiens à remercier tout particulièrement mon directeur de thèse, Jack Chen, pour son aide et ses précieux conseils qui m'ont permis de mener à bien mon projet de recherche.

Je remercie les Professeurs Henri Bouquin, Patrick Joffre, Cédric Lesage et Thomas Loilier pour leur participation au jury de cette thèse.

Je remercie le Professeur Gérard Kœnig pour ses conseils et remarques.

Je remercie le *Gate2Growth Academic Network*, qui m'a apporté une formation complémentaire utile à ma recherche dans le cadre du programme européen du *Doctoral Seminar Series in entrepreneurship, innovation and finance*.

Je remercie Cécile Le Corroller et Sylvie Cieply, la couveuse de l'Université de Caen et Synergia, ainsi que les porteurs de projets pour l'intérêt qu'ils ont porté à ma recherche et le terrain qu'ils lui ont apporté.

Je remercie Mireille Noël pour son dévouement, son efficacité et sa bonne humeur.

Je tiens à exprimer ma gratitude envers ma famille, mon amie et ma fille pour leur soutien moral et financier durant ces quatre années d'études doctorales.



# Sommaire

<b>Introduction Générale</b>	<b>3</b>
<b>I Fondements théoriques et démarche de la recherche</b>	<b>11</b>
<b>1 Fondements théoriques des outils de contrôle</b>	<b>15</b>
1.1 Les outils de contrôle de gestion : origines, évolutions récentes et limites . . . . .	16
1.2 Limites persistantes des outils de contrôle de gestion face à l'incertitude de l'environnement et aux caractéristiques de ses utilisateurs	61
<b>2 Propositions d'amendements au contrôle de gestion</b>	<b>87</b>
2.1 Présentation de l'application des mathématiques floues au domaine de la comptabilité – contrôle de gestion . . . . .	89
2.2 Différences entre les apports de la logique floue et ceux des probabilités	109
2.3 Passage du paradigme de la mesure au paradigme de l'ergonomie cognitive . . . . .	121
2.4 Avantages attendus d'une modélisation floue des coûts . . . . .	125
<b>3 Design de la recherche</b>	<b>133</b>
3.1 Problématique de la recherche . . . . .	133
3.2 Architecture de la recherche . . . . .	136
3.3 Posture épistémologique . . . . .	155



<b>II</b>	<b>Mise en œuvre de la logique floue dans la représentation de projet</b>	<b>169</b>
<b>4</b>	<b>Création d'un outil XL VBA</b>	<b>173</b>
4.1	Architecture de la conception et définition fonctionnelle de l'outil . . . . .	173
4.2	Développement et fonctionnement de l'outil créé . . . . .	179
4.3	Mode d'emploi de la macro IFA et de la modélisation de calcul de coûts flou . . . . .	200
<b>5</b>	<b>Études de cas et recherches-interventions</b>	<b>211</b>
5.1	Introduction : Historique des études de cas et des recherches-interventions . . . . .	211
5.2	Description détaillée des cas « en chambre » . . . . .	215
5.3	Description détaillée des recherches-interventions . . . . .	251
<b>6</b>	<b>Analyse des phénomènes observés</b>	<b>267</b>
6.1	Particularités de la modélisation à l'aide de la logique floue . . . . .	267
6.2	Difficultés de la modélisation à l'aide de la logique floue . . . . .	279
6.3	Avantages de la modélisation à l'aide de la logique floue . . . . .	298
6.4	Synthèse des résultats . . . . .	319
	<b>Conclusion Générale</b>	<b>339</b>
	<b>Références</b>	<b>342</b>
	Bibliographie . . . . .	342
	Glossaire . . . . .	372
	Index . . . . .	375
	Index des Auteurs . . . . .	377

<b>III</b>	<b>Annexes</b>	<b>385</b>
<b>A</b>	<b>Aperçu du Calculateur Flou V 1.0</b>	<b>387</b>
<b>B</b>	<b>Présentation faite aux participants de la couveuse</b>	<b>389</b>
<b>C</b>	<b>Mode d'emploi Business Plans Flous</b>	<b>399</b>
C.1	Mode d'emploi Business Plan Flou livré à Agence Immobilière . . .	399
C.2	Mode d'emploi livré avec les Business Plans Flous V4.44 . . . . .	403
<b>D</b>	<b>Code des macros</b>	<b>425</b>
D.1	Contrat de Licence de Logiciel Libre CeCILL . . . . .	425
D.2	Macros de la fonction IFA (Calculateur Flou) . . . . .	434
D.3	Macros de Tests Sensibilité . . . . .	451
D.4	Macro Graphique . . . . .	468
<b>E</b>	<b>Détails de calcul des modèles</b>	<b>485</b>
E.1	Coûts des processus ATEA - Réalisé . . . . .	485
E.2	Coût prévisionnel flou des processus ATEA . . . . .	486
E.3	Détail des calculs de Constructions pour Location, valeurs initiales .	488
E.4	Détail des calculs de Constructions pour Location, valeurs mises à jour suite à enquête . . . . .	490
<b>F</b>	<b>Contenu du CD-ROM/ fichiers annexes électroniques</b>	<b>493</b>
	<b>Table des matières</b>	<b>495</b>



# Table des figures

1	Les trois niveaux de contrôle . . . . .	5
1.1	La pyramide renversée des coûts . . . . .	22
1.2	Les différentes acceptions et manifestations de l'imperfection de l'information . . . . .	28
1.3	Le déphasage de la comptabilité de gestion . . . . .	37
1.4	L'enjeu du cycle de vie . . . . .	39
1.5	Modèle général du fonctionnement de l'ABC . . . . .	42
1.6	L'activité, « brique élémentaire d'information » . . . . .	44
1.7	Centres de responsabilité et processus . . . . .	46
1.8	Les logiques de l'ABC/ABM . . . . .	48
1.9	Les outils pour faire face à l'incertitude changent avec le degré de celle-ci . . . . .	59
2.1	Le processus de la mesure . . . . .	90
2.2	Mesure et Pertinence / Cohérence . . . . .	91
2.3	Le triangle du coût modifié . . . . .	93
2.4	Le triangle du coût modifié appliqué à l'ABC . . . . .	93
2.5	Équilibre informationnel du modèle comptable . . . . .	95
2.6	L'imprécision . . . . .	96
2.7	L'incertitude . . . . .	97

2.8	Fonction d'appartenance $\mu_{pme}$ . . . . .	98
2.9	Nombre Flou et Intervalle Flou . . . . .	99
2.10	Signification de la représentation du nombre flou . . . . .	100
2.11	Représentation du sous-ensemble flou « environ 2 » . . . . .	100
2.12	Définition des attributs du NFT . . . . .	101
2.13	Opérations, relations entre variables et entropie . . . . .	104
2.14	Profil d'interaction croissante entre deux NFT . . . . .	105
2.15	Profil d'interaction décroissante entre deux NFT . . . . .	106
2.16	Le champ d'application des outils de contrôle de gestion flous . . . . .	131
3.1	Positionnement des différents terrains possibles en fonction de leur incertitude et complexité . . . . .	139
3.2	Oppositions thématiques et zones épistémiques . . . . .	156
3.3	Positionnement des recherches en analyse des coûts à l'aide de la logique floue . . . . .	157
3.4	Mouvement opéré par les différentes recherches en analyse des coûts par la logique floue . . . . .	158
3.5	La construction pyramidale de la recherche . . . . .	171
3.6	Dynamique de la construction pyramidale de la recherche . . . . .	172
4.1	Heuristiques proposées par Molich et Nielsen (1990) . . . . .	176
4.2	La fonction IFA V 2.2 et ses variables d'entrée . . . . .	182
4.3	La fonction IFA V4.44 et ses variables d'entrée . . . . .	184
4.4	Exemple d'une représentation graphique d'une série de NFT avec l'outil graphique d' <i>Excel</i> . . . . .	185
4.5	Exemple d'une représentation graphique d'une série de NFT avec la macro « Graphique » . . . . .	186
4.6	Le menu additionnel affiché par la macro « Menus » . . . . .	190

4.7	Diagramme de la macro <i>Fonction IFA</i> . . . . .	192
4.8	Illustration de biais du calcul IFA . . . . .	195
4.9	Illustration graphique du mécanisme de recalage du support . . . . .	196
4.10	Diagramme de la macro Graphique . . . . .	197
4.11	Diagramme de la macro Test Sensibilités . . . . .	199
5.1	Représentation graphique de la marge sur coûts spécifiques d'ATEA avec la méthode ABC « parfaite » . . . . .	223
5.2	Représentation graphique de la marge sur coûts spécifiques prévi- sionnelle d'ATEA avec la méthode ABC Floue . . . . .	226
5.3	Représentation graphique des marges sur coûts spécifiques prévi- sionnelles de la méthode ABC « parfaite » et de la méthode ABC Floue . . . . .	227
5.4	Diagramme du modèle développé pour Constructions pour Location	230
5.5	Premier calcul du coût différentiel de l'achat d'une nouvelle voiture	235
5.6	Calcul du coût différentiel entre solution de rapatriement par la route ou par camion plateau . . . . .	237
5.7	Premier calcul du coût différentiel de l'achat d'une nouvelle voiture - Entropie maximale sur les coûts de rapatriement . . . . .	239
5.8	Calcul du coût différentiel de l'achat d'une nouvelle voiture - calcul mis à jour à la date d'achat . . . . .	241
5.9	Diagramme du calcul du nombre de km à effectuer pour amortir une installation GPL . . . . .	243
5.10	Calcul du nombre de km à effectuer pour amortir une installation GPL . . . . .	244
5.11	Diagramme du calcul de la différence de coût entre essence et GPL au bout de $N$ km parcourus . . . . .	245
5.12	Calcul de la différence de coût entre essence et GPL au bout de $N$ km parcourus . . . . .	246
5.13	Carte de l'itinéraire le plus rapide entre Le Mans et Courtenay . . .	248

5.14	Calcul de la durée possible de chaque itinéraire . . . . .	249
5.15	Calcul de la durée possible de chaque itinéraire - Mise à jour avec chiffres réalisés sur nationale . . . . .	251
5.16	Schéma récapitulatif de la modélisation effectuée pour Appareillage de Mesure . . . . .	257
5.17	Schéma récapitulatif de la modélisation effectuée pour Conseil en Informatique Libre . . . . .	259
5.18	Schéma récapitulatif de la modélisation effectuée pour Ded 65 . . .	264
5.19	Schéma récapitulatif de la modélisation effectuée pour Ded 69 . . .	265
6.1	Cas Conversion GPL : la prise en compte d'une relation inter- variables additionnelle par un changement de structure du modèle .	268
6.2	Prise en compte différée d'une relation dans la modélisation RILaux	271
6.3	Evolution de l'architecture entre le premier et le second calcul de Conversion GPL . . . . .	272
6.4	Exemple de décalage temporel rendant la prise en compte des rela- tions inefficace . . . . .	275
6.5	Diagramme du calcul de trésorerie après salaire de Graphistes, pre- mière solution . . . . .	276
6.6	Calcul de trésorerie après salaire de Graphistes, première solution .	276
6.7	Diagramme du calcul de trésorerie après salaire de Graphistes, deuxième solution . . . . .	277
6.8	Calcul de trésorerie après salaire de Graphistes, deuxième solution .	277
6.9	Diagramme du calcul du solde de trésorerie de l'activité création chez Graphistes . . . . .	285
6.10	Comparaison des Tests Sensibilité Entropie de deux états <i>outputs</i> d'un modèle . . . . .	289
6.11	Tests Sensibilité Entropie avec prise en compte des relations . . . .	290
6.12	Une solution pour comparer des Tests Sensibilité Entropie de deux états <i>outputs</i> d'un modèle . . . . .	291

6.13	Signification générale de l'énoncé d'une relation entre deux variables	293
6.14	La relation entre deux variables inversée par les charges signées négativement . . . . .	294
6.15	Un gain en précision sur un NFT <i>input</i> laisse présager un résultat plus précis, sous-ensemble du résultat précédemment calculé . . . .	295
6.16	Exemple de calcul avec amélioration de l'entropie avec BFA . . . .	296
6.17	Illustration graphique du résultat de réduction d'entropie avec BFA	296
6.18	Exemple de calcul générant un « cisaillement » avec IFA . . . . .	297
6.19	Illustration graphique du résultat de réduction d'entropie avec IFA .	298
6.20	Diagramme du calcul « Négocé » . . . . .	301
6.21	Caractérisation des fonctions apportées par la modélisation économique de projets à l'aide de la logique floue . . . . .	321





# Liste des tableaux

2.1	Les distributions de possibilités et de probabilités associées à X . .	113
4.1	Historique des versions du calculateur flou . . . . .	181
4.2	Historique de la macro « Graphique » . . . . .	187
4.3	Historique de la macro « Test Sensibilité » (Entropie/ Levier opérationnel) . . . . .	188
4.4	Historique des autres macros composant l'outil de modélisation sous tableur . . . . .	189
4.5	Valeurs des arguments de la Fonction IFA . . . . .	204
4.6	Commandes des opérateurs acceptés par la fonction IFA . . . . .	204
4.7	Types de <i>switchs</i> et leurs effets . . . . .	205
5.1	Cas réalisés et macros utilisées . . . . .	213
5.2	Taux d'interventions réalisées par présentation . . . . .	254
5.3	Fiche signalétique de l'intervention Agence Immobilière . . . . .	255
5.4	Fiche signalétique de l'intervention Appareillage de Mesure . . . . .	256
5.5	Fiche signalétique de l'intervention Conseil en Informatique Libre .	258
5.6	Fiche signalétique de l'intervention Ferme Biologique . . . . .	260
5.7	Fiche signalétique de l'intervention Accueil Enfants . . . . .	261
5.8	Fiche signalétique de l'intervention Graphistes 65 et Graphistes 69 .	263

6.1	Calcul de différents résultats et de leur entropie selon les relations prises en compte . . . . .	286
-----	--	-----

# Introduction Générale



Les organisations sont aujourd'hui confrontées à un environnement turbulent et incertain, une multiplication des possibilités offertes par la mondialisation et une complexité liée à la tendance à la saturation des marchés. L'émergence même d'une économie « de projets » est une source d'incertitude supplémentaire pour les organisations et les acteurs (Aurégan et Joffre, 2002). Dans ce contexte, les organisations ont besoin de mettre en place des mécanismes leur permettant non seulement de réagir rapidement, mais surtout d'anticiper et d'organiser leur soupléssse et leur adaptabilité c'est-à-dire d'être « proactives ».

Or, les modèles financiers et de contrôle de gestion utilisés quotidiennement dans les organisations demandent une information parfaite. Ce faisant, ils nient les phénomènes d'incertitude de l'information et ne tracent que les variables *mesurables*. Cette caractéristique leur nuit particulièrement, parce qu'elle les rend myopes et fait qu'une part importante du processus de création de valeur organisationnelle leur échappe, comme le remarque Mintzberg (1990, p. 591) avec le paradoxe de l'efficacité. De plus, le fait d'attendre une information parfaite en entrée les rend *réactifs par essence*.

Les outils de gestion fondés sur une constatation *a posteriori* d'une performance passée sont donc de moins en moins pertinents pour augurer d'une performance à venir. Le développement des recherches et des applications en *knowledge management*, par exemple, montre la volonté des sciences de gestion de passer à des modes de compréhension et de réflexion sur le sens des actions humaines moins systématiques et dogmatiques qu'auparavant. La part croissante d'échos faits à des recherches comme celles de Mintzberg, de March ou de Weick confirme bien ce glissement de la gestion vers les sciences cognitives.

Il est, cependant, difficile d'arbitrer définitivement en faveur d'autres outils que les indicateurs financiers pour piloter une organisation ou un projet, parce que le financier est le seul langage commun à toutes les fonctions de l'entreprise, il est de ce fait le seul qui permette l'agrégation des parties en un tout. En outre, *c'est bien toujours l'aspect financier qui décide de la poursuite ou de la non-poursuite d'un projet ou d'une organisation, en fonction du niveau d'investissement que les parties prenantes pourront lui allouer et des contreparties qu'elles en attendent*. Mettre le haro sur les indicateurs financiers n'est donc pas une solution. Mais étant donnés les nouveaux enjeux auxquels les organisations ont à faire face (concurrence mondiale, homogénéisation des technologies, etc.), il est sans doute important de rénover ces outils pour leur permettre de formaliser des *potentiels*, des phénomènes plus *immatériels*.

Gervais (2005, p. 12) – s'inspirant des travaux d'Anthony et Dearden (1976) – définit le contrôle de gestion comme étant le processus par lequel les dirigeants

s'assurent que les ressources sont obtenues et utilisées, avec efficience, efficacité et pertinence, conformément aux objectifs de l'organisation, et que les actions en cours vont bien dans le sens de la stratégie définie. L'auteur précise que celui-ci correspond encore au processus qui garantit que les actions de la firme sont performantes, c'est-à-dire que la valeur des ressources employées reste bien inférieure à la valeur créée socialement reconnue par le marché<sup>1</sup>.

Bouquin (2005) remarque que le contrôle de gestion est par excellence une technique de gestion des paradoxes (p. 12), tendu entre nécessité de normalisation et volonté de créativité. L'auteur (p. 64) constate, sur la base des travaux fondateurs d'Anthony et coll. (1985), la *nécessaire relation* entre le contrôle de gestion et la stratégie ainsi que le fait que le contrôle de gestion *ne se limite pas* à la comparaison des résultats aux objectifs. Il définit 3 types de contrôles : contrôle d'exécution, contrôle de gestion et contrôle stratégique. Les 3 contrôles forment un dispositif gigogne entre lesquels information et variables communes interfèrent (figure 1 page ci-contre), même s'il est concevable que, dans certaines organisations mécanistes, ces trois niveaux puissent être disjoints. L'auteur explique qu'une hiérarchie existe entre ces 3 contrôles, le contrôle de gestion ne pouvant exister sans le contrôle d'exécution, ni le contrôle stratégique sans le contrôle de gestion.

Nous nous intéressons particulièrement, dans cette recherche, au niveau stratégique du contrôle de gestion, c'est-à-dire à la phase de choix des objectifs à long terme et de la stratégie. Nous cherchons à inscrire le contrôle de gestion dans une dynamique plus proactive que celle dans laquelle il se trouve habituellement cantonné.

Notre acception du terme contrôle de gestion est donc très large et outrepassé sans doute le sens du seul terme « contrôle »<sup>2</sup>.

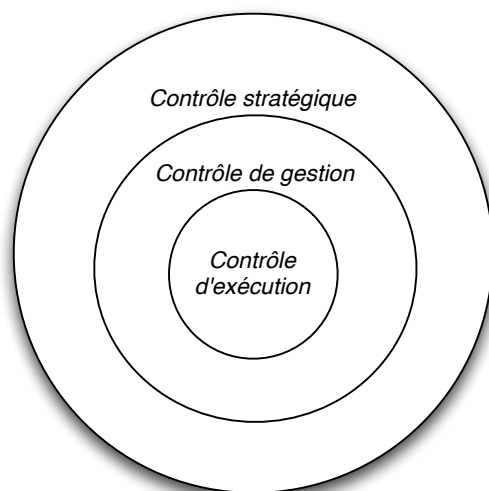
Le contrôle de gestion traditionnel a été remis en cause dans les années 1980 et une nouvelle approche a été proposée, la méthode *Activity Based Costing* (ABC).

---

<sup>1</sup>La valeur des ressources consommées s'exprime habituellement en termes de coûts ; la valeur créée socialement reconnue par le marché correspond à l'appréciation (en termes de prix, qualité, délais) que portent les consommateurs sur la satisfaction de certains de leurs besoins. Nous pouvons déjà ici remarquer que la comparaison va porter sur des variables de nature assez peu comparable.

<sup>2</sup>Contrôle est la contraction de contre-rôle « registre tenu en double ». L'encyclopédie Hachette le définit comme la vérification administrative et, par extension, toute vérification exercée sur quelqu'un ou quelque chose. Notre acception du « contrôle de gestion » outrepassé son domaine habituel d'action – la réaction – pour le faire entrer dans la proaction, lui faire dépasser la fonction de contre-rôle des opérations courantes pour le transformer en partenaire de la formulation de la stratégie. Cette acception est cependant conforme à celle que Follet en avait déjà dans les années 1920 (Fiol, 2004).

FIG. 1 – Les trois niveaux de contrôle



Source : Bouquin (2005, p. 65)

Si l'ABC a bien cherché à rendre le contrôle de gestion plus pertinent<sup>3</sup>, et a certainement permis d'améliorer la qualité des calculs de coûts et l'adéquation de ceux-ci avec les nouvelles pratiques de gestion, elle ne semble cependant pas, une quinzaine d'années après sa médiatisation, avoir fait autant d'adeptes qu'on aurait pu l'escompter.

En effet, si la méthode ABC permet une meilleure cartographie de l'organisation, et qu'à ce titre elle intéresse la formulation de la stratégie, elle demande également un nombre accru d'indicateurs pour pouvoir fonctionner, ce qui rend son utilisation plus coûteuse que les systèmes de contrôle de gestion traditionnels et sa réactivité forcément difficile à entretenir.

En outre, deux limites des systèmes de contrôle de gestion traditionnels n'ont pas été résolues par l'ABC et continuent aujourd'hui de gêner la prise en compte de la dimension stratégique :

- tout d'abord, selon Mintzberg (1990), les outils de comptabilité-contrôle ne sont pas les principaux indicateurs utilisés par le manager pour agir ou pour déterminer une stratégie. Ils semblent, en effet, ne pas être adaptés au mode de fonctionnement et à la façon dont les managers traitent l'information ;
- ensuite, les outils de contrôle de gestion tendent systématiquement à imposer à leurs utilisateurs une recherche d'information précise. Or, selon Lorino (1991, p. 23) : « *Il faut prendre des décisions en ne disposant que d'une*

<sup>3</sup> Mévellec (1990), « Outils de gestion : la pertinence retrouvée ».



*information partielle, pour deux raisons. D'une part, les décisions les plus importantes portent sur un avenir incertain [...] Le monde futur dans lequel la décision prendra effet est partiellement imprévisible, et ce, d'autant plus que les hommes feront preuve de créativité. D'autre part, la complexité fait obstacle à la perfection de l'information du manager : plus les données du problème sont complexes, plus il est illusoire de prétendre les prendre en compte intégralement dans la décision. »*

L'auteur ajoute que prolonger la délibération pour optimiser la décision, c'est-à-dire la recherche de précision dans les chiffres s'avère souvent un miroir aux alouettes : mieux vaut un chiffre imprécis, mais pertinent (donc rapide), qu'un chiffre précis sans pertinence pour l'action. Si les informations les plus importantes à traiter par le contrôle de gestion portent sur l'avenir, que celui-ci est incertain, et que dès lors mieux vaut un chiffre imprécis, mais pertinent, qu'un chiffre précis sans pertinence pour l'action, une limite essentielle des outils existants est liée au fait que le cadre mathématique utilisé n'admet pas une information imprécise et a une tendance innée à plonger ses utilisateurs dans la recherche de la précision.

« *Si vous voulez que votre mesure soit parfaitement exacte, ne la faites qu'une fois* » . Malgré le sens pratique de cet adage, une information précise ainsi *arbitrairement* choisie au sein d'une information imprécise ne peut pas être « pertinente »<sup>4</sup>, elle ne peut pas être exactement appropriée à la situation de gestion que l'on cherche à décrire pour pouvoir prendre une décision. En outre, étant donné l'essence des outils du contrôle de gestion, l'utilisateur aura forcément le sentiment que la diminution de l'incertitude qu'il perçoit passe par la fiabilisation de la précision des ses données. Ceci explique sans doute pourquoi, dans les faits, le contrôle de gestion est encore trop peu utilisé dans la définition de la stratégie, parce que son utilisation dans l'incertain est peu exhaustive, laborieuse et trompeuse.

Pour résoudre ce problème, il est donc nécessaire de permettre aux outils de contrôle de gestion d'accepter les informations imparfaites.

L'imperfection de l'information comprend deux notions liées et distinctes : l'imprécision et l'incertitude (Dubois et coll., 1994)<sup>5</sup>. L'imprécision renvoie à la valeur prise par l'information, l'incertitude au degré de vérité de l'information. Si une mesure physique peut être parfaite (précise et certaine) ou imparfaite (imprécise mais certaine, un intervalle), un jugement est généralement imparfait dans les deux dimensions du terme : imprécis et incertain (« Je pense qu'il mesure environ 1,80 m »). Les informations disponibles en gestion, surtout lorsqu'elles s'intéressent à l'avenir, correspondent très souvent à ce dernier type d'imperfection générale.

<sup>4</sup>Qui est exactement appropriée à la situation, à ce dont il est question. Encyclopédie Hachette.

<sup>5</sup>Cités par Lesage (1999).

La théorie des probabilités, bien que souvent utilisée pour développer des modèles d'aide à la décision de gestion en situation d'information imparfaite, ne sait appréhender qu'une forme particulière d'information imparfaite, celle qui est précise et incertaine, avec une incertitude quantifiable. En revanche, la logique floue, développée dans les années 1960 par Zadeh, est capable de traiter les formes générales d'imperfection. Elle permet, par l'extension de la notion binaire d'appartenance / non-appartenance de l'algèbre booléenne à une notion d'appartenance multivaluée de traiter les formes générales d'imperfection de l'information.

Si, depuis les années 1960, des applications de la logique floue à des problématiques économiques ou de gestion ont été développées, toutes sont restées dans le « paradigme de la mesure » en « parfaitisant » l'information de sortie du modèle. Cette réduction de l'information en fin de modélisation fait renaître les problèmes précédemment décrits d'informations rendues artificiellement parfaites, note Lesage (1999). En effet, s'il est parfaitement légitime pour un système d'intelligence artificielle utilisant la logique floue de réduire ainsi l'information afin d'obtenir une décision – puisqu'un système expert doit prendre une décision de façon autonome – Lesage propose, en revanche, de conserver toute l'imperfection de l'information d'un modèle d'analyse de coûts flou, et ceci afin de livrer toute l'information disponible au décideur et lui laisser la responsabilité de la décision.

Une telle posture fait basculer le modèle d'analyse de coûts d'un statut de fonction de données à un statut de *représentation de connaissances* sur la situation de gestion. Dès lors, la modélisation strictement physique proposée par les outils classiques d'analyse de coûts est abandonnée, pour donner naissance à une interaction cognitive entre cette modélisation et le décideur. Le phénomène n'est donc plus décrit indépendamment de soi (modèle « physique ») – note Lesage (2001a) – mais dans sa relation avec soi (modèle « cognitif »).

Lesage (1999) a montré, au travers d'un jeu d'entreprise, que le fait d'autoriser aux sujets d'entrer l'information sous forme de nombres flous en lieu et place d'une valeur unique, et de leur permettre de prendre des décisions au vu de courbes floues – établissant une cartographie des possibles – au lieu de courbes classiques – ne représentant qu'une trajectoire, permettait à l'échantillon flou une meilleure performance que celle de l'échantillon classique. L'auteur explique cette amélioration des résultats par une réduction de la dissonance cognitive (Festinger, 1957) des sujets de l'échantillon « flou » par rapport à l'échantillon « classique ».

Cette recherche, qui *valide* l'intérêt de l'utilisation de la logique floue dans le contrôle de gestion, propose, en outre, plusieurs outils et concepts dédiés au calcul de coûts en logique floue.

Nous nous posons donc, au vu des résultats de cette recherche, la question la plus immédiate et impliquante pour l'avenir de la logique floue dans le calcul de coûts, celle de *l'applicabilité* de ses propositions à la sphère de la réalité : sont-elles *viabiles* hors du laboratoire ?

Koenig (1993, p. 10) remarque que la validité des constructions proposées peut être examinée *ex ante* sur le plan de leur rigueur avant que d'être jugée *ex post* en fonction de leur viabilité. Notre objectif est donc ici de prolonger la recherche de Lesage en testant la viabilité des concepts et outils proposés.

Nous avons choisi de tester la viabilité plutôt que d'élargir les expérimentations contrôlées tendant à confirmer la validité pour plusieurs raisons :

- nous avons un passé de contrôleur de gestion, et à ce titre, la lecture des travaux de Lesage nous a particulièrement fait sens. En outre, notre statut d'ancien contrôleur de gestion nous place en position de « prototype » de la population visée par ces travaux et il était donc intéressant de voir si nous pouvions facilement nous approprier et mettre en œuvre ses propositions ;
- l'apport que nous pouvions faire à la logique floue dans le calcul de coûts nous semblait plus pertinent à ce niveau-là que dans la réplication de tests de validité en laboratoire, où les apports auraient certainement été marginaux par rapport à ce que révèlent les expérimentations déjà menées ;
- enfin, il nous semble pertinent, dans le cadre d'une science à visée pratique telle que la science de gestion, de travailler à l'applicabilité des concepts proposés.

Puisque nous nous concevons comme un « prototype » de la population visée par les travaux de Lesage, nous avons entrepris un protocole de recherche original en deux phases.

Nous avons, dans un premier temps, développé des modèles d'analyse de coûts à l'aide de la logique floue « en chambre », à partir d'un cas utilisant la méthode ABC, mais également sur plusieurs cas personnels, afin d'affiner notre compréhension et notre pratique de la logique floue dans le calcul de coûts. Nous avons également profité de cette phase pour amorcer le développement d'une série d'outils permettant de créer des modèles d'analyse de coûts flous. Le développement de ces outils participe au test de la viabilité des propositions faites par Lesage, puisqu'outre la création d'un modèle, il s'agit également de créer les différents calculateurs et autres outils améliorant l'analyse de coûts flous.

Nous avons, dans un second temps, élargi notre pratique en proposant la création de *business plans* flous à des porteurs de projet de la couveuse de l'Université

de Caen. Une relation contractuelle de conseil nous liant à eux, ces recherches-interventions nous ont fait basculer dans une phase plus opérationnelle, demandant des outils et modélisations fonctionnels et fiables.

Notre démarche se réclame donc d'une dimension prescriptive : proposer des outils utiles et nécessaires pour rendre le contrôle de gestion efficace et efficient, tout en lui permettant de faire face à sa propre évolution.

Nobre (1999) indique que les chercheurs en contrôle de gestion, qui choisissent le paradigme constructiviste pour saisir la complexité de la réalité, doivent s'efforcer de *rendre transparente leur démarche méthodologique* afin de permettre, d'une part, une forte lisibilité des différentes séquences de leur travail et, d'autre part, une parfaite traçabilité du cheminement conduisant aux résultats, tout en conservant une forte cohérence entre les objectifs principaux de la recherche et les options méthodologiques retenues.

Nous nous attacherons donc à respecter ces préceptes de transparence en explicitant notre démarche méthodologique ainsi que la traçabilité du cheminement de notre recherche. Nous avons ainsi choisi de présenter notre travail en deux parties.

La première partie justifie des raisons pour lesquelles nous souhaitons utiliser la logique floue dans les outils de contrôle de gestion et de nos choix méthodologiques :

- nous commencerons par la présentation des origines des outils du contrôle de gestion pour mieux comprendre leurs fondements et leur remise en cause. Si les apports de la méthode ABC sont indéniables, des limites persistent encore dans les outils de contrôle de gestion. Il s'agit de la non-prise en compte de l'imperfection de l'information et du faible niveau d'interfaçage avec les utilisateurs ;
- nous verrons comment amender les outils de contrôle de gestion pour leur permettre de résoudre ces limites à l'aide de la logique floue (Zadeh, 1965 ; Lesage, 1999). Nous justifierons en quoi la logique floue se différencie de la théorie des probabilités pour contourner les limites précédemment évoquées, puis nous achèverons cette réflexion sur le « paradigme de l'ergonomie cognitive » et ses implications pour l'analyse des coûts ;
- nous présenterons, ensuite, la démarche retenue pour mener notre recherche. Nous expliciterons notre problématique, l'architecture suivant laquelle nous poursuivrons nos cas et recherches-interventions, puis préciserons les critères de scientificité de cette recherche selon sa posture épistémologique.

La seconde partie correspond à la partie empirique de notre recherche :

- nous présenterons d'abord les outils conçus pour la création de modèles de calcul de coûts à l'aide de la logique floue. Nous décrirons leur conception et

la définition des fonctions qu'ils devraient avoir. Le résultat du développement sera ensuite exposé : les outils obtenus, les difficultés rencontrées, les fonctionnalités finalement mises en œuvre dans les outils. Enfin, nous expliquerons comment exécuter un calcul et comment créer un modèle de calcul de coûts flou à l'aide des outils développés ;

- puis, nous décrirons les différents cas et recherches-interventions que nous avons menés au cours de cette recherche ;
- enfin, nous analyserons et discuterons les phénomènes observés au cours de ces expérimentations. Si la modélisation à l'aide de l'*Interactive Fuzzy Arithmetic* (Lesage, 2001b, 2003) présente un certain nombre d'avantages, nous avons également identifié des difficultés d'application au cours de nos cas et recherches-interventions.

## Première partie

### Fondements théoriques et démarche de la recherche



Les outils de contrôle de gestion sont nés il y a bientôt 2 siècles. S'ils ont su profiter des technologies de l'information pour étendre leur emprise, les mutations de l'environnement ont cependant fini par les placer en « porte à faux », au point de les rendre parfois dangereux pour le pilotage des organisations. Dès les années 1980, les réflexions et critiques des communautés de dirigeants et de chercheurs ont mené à des propositions de renouvellement des outils, parmi lesquels les méthodes ABC-ABM (*Activity Based Costing – Activity Based Management*), qui ont permis d'obtenir une vision plus cohérente du fonctionnement de l'organisation. Cependant, certaines limites fondamentales des outils de contrôle persistent encore aujourd'hui. Ceci explique d'ailleurs peut-être le faible niveau d'implantation des méthodes ABC une quinzaine d'années après leur invention. Ces limites sont liées à l'interfaçage des outils à l'entrée et à la sortie : à l'entrée parce que ces outils ne savent pas gérer l'information imparfaite, qui est la plus courante dans les problématiques de gestion, et à la sortie parce que l'information délivrée ne correspond pas ou peu à la façon dont « fonctionnent » ses destinataires, les managers (Chapitre 1).

Une théorie mathématique relativement récente – la logique floue – permet de prendre en compte l'information imparfaite dans les modèles. Par les améliorations et extensions des outils classiques qu'elle propose, elle semble être apte à réduire l'influence des deux limites persistantes des outils du contrôle de gestion (Chapitre 2).

Après avoir présenté les fondements théoriques, nous décrirons notre problématique et proposerons un dispositif de recherche adapté (Chapitre 3).





# Chapitre 1

## Fondements théoriques des outils de contrôle

Les outils du contrôle de gestion sont nés avec les débuts de l'industrialisation qui ont engendré un nouveau besoin d'information. Suite à l'intégration de plusieurs niveaux de production en une seule organisation, il était en effet nécessaire de disposer d'outils de calcul du coût des produits. Les conceptions tayloriennes de l'organisation et la demande longtemps supérieure à l'offre sont ensuite venues renforcer cette vision mécaniste des organisations sur laquelle reposent les outils du contrôle de gestion. Face à l'évolution rapide d'un environnement turbulent et à la complexité croissante des organisations et des processus dès les années 1970, les outils traditionnels se sont avérés incapables de fournir une aide à la décision satisfaisante. Un renouvellement de la conception de l'entreprise a été proposé dans les années 1980 avec la méthode ABC (*Activity Based Costing*) qui permet de mieux prendre en compte la complexité organisationnelle, et qui dote les outils du contrôle de gestion d'un concept flexible et commun à beaucoup d'outils de management, la notion d'activité (section 1).

Malgré l'amélioration de la qualité de la modélisation par la réflexion menée sur les outils, des limites fondamentales des outils du contrôle persistent encore aujourd'hui. En effet, la théorie mathématique utilisée par les outils de contrôle nécessite la précision de l'information. Cette exigence gêne les outils du contrôle de gestion à deux niveaux. Premièrement, ils ne peuvent prendre en compte des informations imprécises ou incertaines, ce qui restreint fortement leurs capacités modélisatrices et les handicape d'une forte myopie. Deuxièmement, le fait de ne pas pouvoir modéliser une partie importante de l'activité économique à cause de cette nécessité de précision limite l'intérêt porté par les utilisateurs à ces outils pour la prise de décision (section 2).

## 1.1 Les outils de contrôle de gestion : origines, évolutions récentes et limites

Les outils traditionnels du contrôle de gestion reposent, pour des raisons historiques, sur une modélisation mécaniste du fonctionnement de l'organisation. Cependant, la transformation de l'environnement des organisations, qui se manifeste principalement par le renversement entre l'offre et la demande, mais aussi par la tertiarisation de l'économie comme du fonctionnement des organisations ou encore par les attentes des individus en matière d'« entreprises citoyennes », a rendu les outils de l'ère industrielle partiellement caducs.

L'évolution de l'environnement met également en lumière les problèmes d'incertitude et de turbulence que les outils doivent prendre en compte s'ils veulent conserver leur statut d'outil d'aide à la décision.

Face aux limites des outils traditionnels du contrôle de gestion, une nouvelle approche, la méthode ABC (*Activity Based Costing*) a été proposée. Elle repose sur une nouvelle modélisation économique de l'entreprise et un nouveau modèle de calcul de coût.

### 1.1.1 Des outils hérités d'une vision mécaniste

L'histoire du contrôle de gestion est étroitement liée à l'histoire du management, même s'il n'est apparu que relativement tard par rapport aux premières « entreprises » qui avaient déjà quelques siècles d'existence. Parcourir les principales étapes de l'histoire du contrôle de gestion nous permettra de mieux comprendre la crise actuelle des outils traditionnels du contrôle de gestion.

#### 1.1.1.1 Les débuts de la comptabilité industrielle

Les premiers outils de contrôle de gestion sont apparus, selon Bouquin (1994), vers 1820. Avec la première industrialisation, on observe l'intégration de plusieurs stades de production dans une seule organisation. Par exemple, pour le secteur du textile, filature, tissage, teinture, et éventuellement confection sont regroupés dans la même entreprise. Après ces intégrations, le marché ne donnant plus d'indication de prix, les industriels utilisent alors les chiffres comptables pour calculer un coût de production, c'est la naissance de la comptabilité industrielle.

Ensuite, le pilotage de l'entreprise par les coûts s'observera dans plusieurs secteurs comme les chemins de fer ou la sidérurgie. L'intérêt d'un tel système de pilotage est lié à l'impossibilité matérielle pour le patron de superviser l'ensemble de l'activité de son entreprise en direct (Zimnovitch, 1999, p. 162).

#### 1.1.1.2 Une logique de gestion exclusivement tournée vers la production

Dans les années 1900-1920, la fabrication en série bat son plein. C'est l'époque de la croissance de la main-d'œuvre et de la standardisation. Le contrôle de gestion, sous l'influence de Taylor, utilise les coûts standard : il s'agit d'un système de gestion par exception, qui détecte toute dérive, et permet de gratifier les ouvriers les plus performants. C'est la période de la Ford T, première voiture fabriquée de série et standardisée à outrance alors que le reste de la production automobile était alors traditionnellement fabriqué uniquement sur commande et personnalisé.

Selon Baranger et Mouton (1997), sur le plan de l'organisation de la production, le modèle mécaniste se fonde sur les principes tayloriens de :

- individualisation des tâches ;
- standardisation des gestes, des outils et des méthodes de travail ;
- conception séquentielle du processus de production et répétition d'opérations élémentaires ;
- communication entre sous-ensembles réduite au strict minimum ;
- découplage des phases de conception et d'exploitation courante ;
- réduction au maximum du rôle des fonctions de support.

Ford y ajoute la standardisation des motivations en proposant des salaires élevés en contrepartie de cet appauvrissement du travail.

La comptabilité analytique de cette époque et les méthodes utilisées (coût de revient complet) visent à apporter un support à la vision mécaniste de l'entreprise. Taylor<sup>1</sup> semble préconiser la méthode du coût complet : « *Les dépenses totales de l'établissement, directes ou indirectes, y compris celles de l'administration et des services commerciaux, doivent figurer au prix de revient de l'objet vendu* ». Ceci est cohérent avec la situation économique de l'époque (début du XX<sup>E</sup> SIÈCLE) durant laquelle les besoins des dirigeants se résumaient à la connaissance du coût de leur produit, afin de connaître le prix minimal qu'ils pouvaient accepter afin d'attirer une clientèle appauvrie Vatin (1990).

---

<sup>1</sup>Cité par Vatin (1990).

Contrairement à Ford, en pleine logique d'économie d'échelle, General Motors (GM) a de grosses difficultés dans les années 20 pour arriver à être efficiente avec sa structure en holding. Le suivi des seuls indicateurs financiers sans volet stratégique ne permet pas à l'entreprise à cette époque de tirer profit de sa diversité. Lorsque les du Pont remplacent W.C. Durant, le fondateur de GM, ils structurent l'entreprise différemment, rendant solidaires entre elles par le biais de mécanismes financiers (« *un concept de firme comme marché interne de capital* », selon l'expression de Williamson (1975)) et organisationnels des entreprises qui jusqu'alors n'avaient eu pour point commun que leur propriétaire. La structure multidivisionnelle, dénommée plus tard par Chandler (1989) « forme M », était arrivée à maturité, et avec elle de puissants outils financiers et managériaux qui allaient devenir la norme de toutes les grandes entreprises.

### 1.1.1.3 L'entrée dans le paradigme de l'entreprise de « forme M »

Les outils et structures créés par du Pont pour GM sont nombreux et caractérisent le paradigme dominant des grandes entreprises du siècle dernier. Ils constituent sans doute la naissance du contrôle de gestion dans son acception actuelle. Les principaux outils sont :

- un indicateur universel de performance : le ROI<sup>2</sup> ;
- la gestion budgétaire, permettant une meilleure allocation des ressources et une plus grande cohérence dans les actions entreprises par chacune des divisions de GM. Celle-ci s'accompagne d'une gestion par l'exception : la direction ne s'immisce dans la gestion des divisions que lorsqu'il y a écart par rapport au budget ;
- des centres de responsabilité en liaison avec la direction générale par le biais du *reporting* d'indicateurs financiers, dont notamment le ROI ;
- la participation croisée des managers des différentes divisions dans les conseils d'administration des autres, permettant une circulation transversale de l'information et une plus grande cohérence du management.

On notera d'ailleurs que ces idées de nécessité de gestion globale des fonctions de l'entreprise et de marketing global de l'entreprise étaient aussi prônées de façon plus générale par Drucker (1939).

L'arrivée du contrôle de façon systématique dans les entreprises constitue la contrepartie de la décentralisation rendue nécessaire par la taille croissante des entreprises des Trente Glorieuses.

---

<sup>2</sup>Return On Investment : c'est le ratio résultat sur capitaux investis.

*« Ce qui a permis au contrôle de gestion contemporain d'apparaître, c'est la résolution d'un véritable paradoxe : certains managers sont enfin parvenus à décentraliser tout en recentralisant comme jamais auparavant. »*

BOUQUIN (1994)

Aujourd'hui encore, même si de nombreuses « modes » dans le contrôle de gestion ont eu leur heure de gloire, le mode de gestion du type GM reste très répandu dans les entreprises.

#### 1.1.1.4 Les principales caractéristiques des outils traditionnels

Les outils hérités de cette période ont un point commun, même s'ils évoluent entre la vision purement mécaniste qui accompagne le fordisme et le management de type GM. A l'époque fordienne, ils servent à imposer des normes d'exécution par les uns de travaux calculés par les autres. Les outils de management de type GM ont, pour leur part, comme finalité d'orienter le comportement tout en laissant l'autonomie la plus large au management. Le principal symbole de cette finalité est le ROI : il laisse le manager décider localement de la résolution du problème qu'il affronte, dans le cadre d'une norme universelle à l'entreprise.

Mais malgré ces différences de but fondamentales entre les deux courants, ils sont tous les deux basés sur un postulat qui a trait à l'époque de leur utilisation : ils sont basés sur une vision mécaniste de l'entreprise. Cela est parfaitement cohérent dans l'environnement économique de l'époque, où la formidable croissance procurée par l'industrialisation pousse les ménages à s'équiper de biens de consommation, et ce en « primo-accédants ». L'environnement est alors stable et peu complexe. L'économie est tirée par l'offre. C'est l'époque des paradigmes de la courbe d'apprentissage et des économies d'échelle (une augmentation plus que proportionnelle de la production par rapport à l'accroissement des facteurs de production : plus on produit, plus c'est rentable). La domination par les coûts, obtenue par l'augmentation du volume de production, est la principale stratégie de l'époque. De plus, la forte demande permet de conserver des marges confortables, en dépit de la concurrence naissante.

Ainsi, les outils traditionnels reposent sur une vision mécaniste de l'organisation. Nous allons à présent voir comment de profondes mutations ont fait évoluer l'environnement des entreprises depuis les Trente Glorieuses, rendant la vision mécaniste incompatible avec les problématiques de gestion actuelles des entreprises.

### 1.1.2 Un environnement en mutation

Les mutations de l'environnement des entreprises sont multiples. L'évolution technologique rapide, l'internationalisation des marchés et leur saturation due aux forts taux d'équipement des ménages ont créé un environnement incertain et complexe.

#### 1.1.2.1 Une production dont l'écoulement n'est plus « automatique »

La production n'est plus que rarement l'activité principale de l'entreprise. Face à la maturité du marché, à sa complexification et à son incertitude, les économies d'échelle et la production de masse ne suffisent plus à assurer la pérennité de l'entreprise. En effet, les consommateurs sont aujourd'hui beaucoup plus avertis, et suivent une vraie « démarche d'acheteur » pour leurs équipements. Ils ne prennent plus seulement en compte le prix de l'objet, mais aussi les services et les fonctions que celui-ci apporte, ainsi que son coût d'utilisation dans la durée. Autrement dit, ils jugent de plus en plus souvent le produit sur son « cycle d'exploitation » tout entier et non plus seulement son positionnement au moment de l'achat.

À valeur de produit constante, l'écoulement des produits demande ainsi beaucoup plus de ressources à l'entreprise d'aujourd'hui qu'à l'entreprise du début du siècle. Par exemple, un opérateur de téléphonie mobile ne cherche qu'à vendre des minutes de communication sur son réseau. Cependant, pour arriver à les écouler, il faudra qu'il propose des services à valeur ajoutée pour le client. Il devra non seulement en développer certains directement attachés au réseau, comme la boîte vocale, la boîte à fax, l'UMTS<sup>3</sup> mais il devra aussi être à même de proposer des terminaux attractifs avec son offre, les mieux placés en termes d'utilité et de prix, alors que le terminal de téléphonie mobile ne constitue pas du tout son cœur de métier. Ainsi, un opérateur de téléphonie mobile avec un réseau parfait n'aurait aucun client s'il ne se plie pas à la condition *sine qua non* de la distribution de terminaux.

Pour arriver à écouler sa production, l'entreprise a donc dû développer de nombreuses autres fonctions. Ainsi, toutes les fonctions permettant l'écoulement de la production, fonctions amont (bureau d'études, recherche et développement, marketing) et fonctions aval (marketing, trade-marketing, logistique, distribution, service après-vente, etc.), ainsi que d'autres fonctions de support de l'organisation (ressources humaines, service achat, qualité), parfois même très génériques (sponsoring,

---

<sup>3</sup>Universal Mobile Telecommunications System connu également sous le nom de 3G, pour 3<sup>e</sup> génération.

mécénat) ont pris un poids prédominant dans la consommation des ressources de l'entreprise, et sont nécessaires à l'écoulement de ses produits.

### **1.1.2.2 Une production multiproduits et des produits aux caractéristiques de plus en plus modulables**

Avec l'arrivée des machines à commande numérique, une ligne de production n'est plus dédiée à un seul produit. En outre, les stratégies de plus en plus souvent mondiales des entreprises demandent une multiplication des variantes-produits en vue d'adapter les produits aux différents marchés locaux. La segmentation stratégique a accéléré ce besoin de différenciation des produits. La technicité de la plupart des produits fabriqués aujourd'hui pousse aussi en faveur de leur personnalisation (à l'exemple des micro-ordinateurs, assemblés à la carte selon les besoins et exigences du client). Aussi la production est-elle de plus en plus diversifiée et tend-elle vers la personnalisation.

### **1.1.2.3 Une prédominance des coûts qui bascule de la production vers les fonctions de support**

La conséquence des deux constats précédents, difficulté d'écoulement de la production et multiplication, segmentation des produits a conduit à un renversement de ce que Lorino (1991) appelle « la pyramide des coûts » (cf. figure 1.1 page suivante).

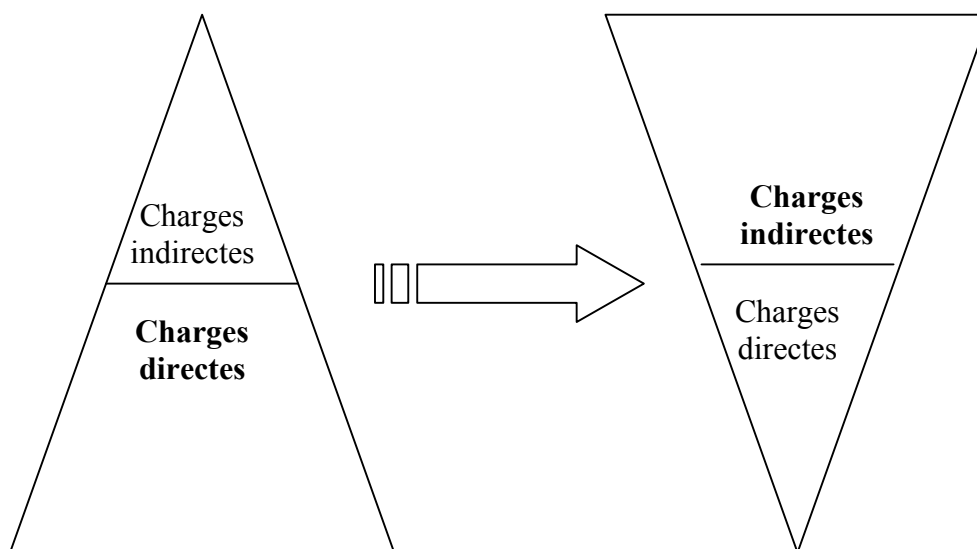
Alors que les frais généraux, frais de recherche et développement et autres « centres discrétionnaires » comme il est convenu de les appeler, représentaient jadis une faible part des charges enregistrées dans l'industrie, la tendance s'est aujourd'hui inversée. Cette tendance est encore plus nette pour les entreprises de services.

### **1.1.2.4 Des produits au cycle de vie de plus en plus court**

La concurrence livrée à l'échelle mondiale, la part croissante de la technologie dans les produits et l'évolution rapide de cette dernière ont raccourci considérablement le cycle de vie des produits. Certains constructeurs informatiques comme Apple, par exemple, semblent même avoir volontairement ralenti la vitesse de renouvellement de leurs produits afin de ne pas dérouter leurs clients et de garder



FIG. 1.1 – La pyramide renversée des coûts



*D'après Lorino (1991, p. 124)*

une image haut de gamme en ne bradant pas en permanence leurs produits devenus obsolètes <sup>4</sup>.

#### 1.1.2.5 Une concurrence mondiale, avec des marges bénéficiaires qui tendent vers zéro

Le développement des systèmes d'information, et surtout de l'Internet, est en train de rendre le marché véritablement mondial. Un consommateur peut facilement se faire une idée des prix pratiqués sur un produit dans un autre pays, et commander ce produit par correspondance. Seules les craintes des consommateurs vis-à-vis de la sécurité des moyens de paiement et leur relative méconnaissance du réseau mondial mettent un frein à ce type d'arbitrage. Mais la tendance ne peut aller qu'à l'accroissement de ce type d'échanges. Cela signifie que pour une entreprise fabriquant un produit, la concurrence peut venir de tout point du monde. Puis, lorsque le produit est mis en vente dans une zone géographique donnée, il est encore en concurrence avec les autres produits du même type, et avec lui-même dans le reste du monde. On observe donc une première situation de mise en concurrence mondiale lors des transactions entre producteurs et distributeurs (*e-procurement*), puis une seconde lors des transactions du distributeur au client. En dehors des

<sup>4</sup>Apple semble en effet éviter de présenter plus de deux versions par an de chacun de ses produits.

situations de monopole ou d'oligopole, le marché tend donc à s'approcher de la concurrence pure et parfaite des néoclassiques. Le modèle néoclassique prévoit que dans ce cas-là, les marges bénéficiaires tendent vers zéro. Dans ce contexte, il est vital pour l'entreprise de savoir précisément quels sont ceux de ses produits qui contribuent à sa rentabilité. La maîtrise des coûts – mais plus encore du couple coût / valeur – devient un avantage concurrentiel indéniable. Au-delà du coût exact, c'est surtout la lecture des causes de consommation de ressources qui importe, ainsi que la mise en valeur de ces ressources – plus ou moins virtuelles – afin de proposer produits et services inédits et difficiles à imiter.

#### 1.1.2.6 Des frontières organisationnelles qui s'estompent

Les frontières de l'entreprise sont de moins en moins nettes. Dans certains secteurs, comme la construction automobile par exemple, le métier n'est plus tant de construire des voitures que de les concevoir et de les assembler. La tendance est à la sous-traitance extrême et dans ce secteur, il est même question d'aller jusqu'à sous-traiter l'assemblage.

Certaines entreprises comme Benetton ont d'ailleurs tiré leur succès d'une telle organisation. Ce mouvement s'accélère avec les apports une fois de plus des technologies de l'information. Ainsi, l'équipementier informatique Adaptec sous-traite l'intégralité de sa production dans des pays à faibles coûts salariaux, et par le biais de systèmes d'information très développés, est capable de piloter ses sous-traitants en temps quasi-réel. Adaptec est ainsi capable de changer la production en un ou deux jours en envoyant l'intégralité des plans des produits et des planifications de production par informatique, dans des conditions identiques à celles d'une entreprise intégrée ayant un système d'information performant. Il y a dans ce cas-là toujours des frontières juridiques entre Adaptec et ses sous-traitants, mais reste-t-il des différences de fonctionnement, de suivi de processus pour le produit, avec une entreprise intégrée, si ce n'est qu'Adaptec ne rémunère sans doute pas les surcapacités de ses partenaires ?

Dans certains cas, cette logique est poussée à l'extrême, et il est surprenant par exemple de voir que la majorité des fabricants de téléphones mobiles (Motorola, Ericsson, Alcatel,...) sous-traitent tout ou partie de leur production au même sous-traitant : Flextronic. Ce genre de pratique illustre bien la difficulté croissante de différencier clairement le périmètre de certaines entreprises, et au-delà, leur capacité à conserver des avantages concurrentiels les unes par rapport aux autres.

### 1.1.2.7 Une économie en voie de « tertiarisation »

La plupart de nos développements précédents portent sur les industries traditionnelles. Cependant, c'est le secteur tertiaire qui s'adjuge une part croissante de nos économies modernes et comme nous l'avons montré plus haut, les entreprises industrielles elles-mêmes ont tendance à se tertiariser. Or, le modèle de contrôle de gestion traditionnel est né dans l'industrie, et s'il rend relativement bien compte des processus de production simples, il est mal adapté pour décrire des processus de création et d'innovation ou de l'apprentissage organisationnel. Pourtant, dans de nombreux secteurs, l'essentiel de la valeur ajoutée et de l'avantage concurrentiel réside aujourd'hui dans la capacité d'innovation et d'apprentissage plus que dans la seule maîtrise des coûts de production.

### 1.1.2.8 Une modification profonde du processus de création de valeur

La transformation de la structure des entreprises, avec une diminution du poids de la production à la faveur d'autres fonctions, est due à la modification du processus de création de valeur. En effet, comme le souligne Mévellec (2000b) :

*« Nous sommes aujourd'hui dans un monde où domine la valeur d'échange laquelle repose sur des attributs dont seule une petite fraction est produite au sein de la fonction de production. L'approvisionnement de composants spécifiques permet de personnaliser des produits au stade final avec une intervention minimale de la fonction de production. Une logistique déficiente enlève toute valeur à une production techniquement irréprochable, un manque de renouvellement de la gamme faute de recherche-développement innovatrice diminue l'attrait des produits de l'entreprise au regard de ceux de ses concurrents, un changement d'image par le marketing modifie la valeur perçue par le consommateur sans qu'il n'y ait de modification de la production. »*

La valeur assimilée au « coût de production » des débuts du contrôle de gestion n'est donc plus adaptée à la réalité économique d'aujourd'hui.

### 1.1.2.9 L'avènement de l'entreprise citoyenne

Enfin, les relations entre la société et l'entreprise ont tendance à s'éloigner de la simple relation clients-fournisseurs. La société demande à l'entreprise d'assumer sa citoyenneté, et donc de prendre également en compte des liens d'acteurs sociaux au

sein du même système. On peut même parler d'un « économiquement correct », au sujet des attentes des consommateurs en termes d'engagements sociaux, moraux et environnementaux des entreprises. Nous pensons, par exemple, aux pressions subies par Danone ou Hewlett-Packard lors de l'annonce de restructurations, à Coca-Cola à qui la prise en charge médicale de ses employés séropositifs est réclamée, à la loi sur les licenciements votée suite aux annonces de réduction d'effectifs, aux manifestations de José Bové et du collectif contre la mondialisation, etc.

La prise en compte des théories considérant les parties prenantes (*stakeholders*) a déplacé l'analyse des décisions managériales vers des variables plus qualitatives.

Zebda (1991, p.122) note que ce glissement des théories économiques et rationnelles de la firme vers les théories behavioristes, de l'agence, sociales, préconisant une prise en compte du public et des employés dans les décisions managériales a accru la difficulté d'obtention de chiffres précis en comptabilité.

Selon Simon (2004, p. 268), la complication du rôle du « professionnel » est liée à la croissance de la connaissance. De nouvelles obligations engendrées par la conception sont imposées au professionnel, l'incitant à tenir compte des effets externes (les conséquences au-delà des seules demandes du client) .

La nécessité de la prise en compte de l'intérêt des parties prenantes va vraisemblablement s'accroître fortement avec les défis écologiques et énergétiques dont l'humanité commence à prendre conscience.

Ainsi, tous les facteurs que nous venons de voir contribuent à placer l'entreprise dans une certaine turbulence. Selon Mèlèse (1990), « *La turbulence résulte de l'incertitude des comportements des acteurs (de l'imprévisibilité de leurs actions) et de la complexité dynamique de l'environnement dans lequel ils opèrent (la trop grande variété des composants et des relations entre ceux-ci entraîne des évolutions erratiques).* » Mais elle est aussi une affaire de perceptions et de vécus (Gervais et Thenet, 1998, p.104).

L'environnement turbulent et incertain rend donc la problématique de l'imperfection de l'information de gestion particulièrement prégnante.

### 1.1.3 Des informations incertaines

L'environnement turbulent – et donc instable – ainsi que la montée de la complexité engendrent de l'incertitude. La mutation de l'environnement nécessite sans doute une mutation des outils servant à piloter l'organisation. Nous allons préciser la notion d'incertitude.

### 1.1.3.1 Incertitude et imprécision

Selon Klir et coll. (1997) l'incertitude se définit « *comme une situation dans laquelle une erreur est possible, erreur provenant d'une information possédée plus restreinte que la réalité de l'environnement* »

Dès 1921, Knight souligne le fait que les dirigeants doivent prendre des décisions dans un contexte d'*incertitude*, souvent *non probabilisable*. Les organisations peuvent réduire en partie l'incertitude par la mise en place de procédures ou de routines concernant la réalisation de certaines tâches, ou en redistribuant certains risques difficilement absorbables à leur niveau (en prenant une police d'assurance, par exemple). Le *risque* est donc la part probabilisable de l'*incertitude* (1 % de défectueux, par exemple), et l'institution peut le supporter parce qu'elle fabrique des milliers d'unités. D'après Knight, l'*incertitude non probabilisable* apparaît lorsque l'agent n'a pas la possibilité d'utiliser ses expériences passées pour affecter des probabilités aux événements futurs. Il est alors impossible dans cette situation de recourir à des méthodes probabilistes pour orienter la décision.

Malgré l'apport déjà ancien de Knight, une des difficultés de compréhension de la notion d'*incertitude* vient bien souvent de son acception différente par les utilisateurs de la *théorie des probabilités*, par exemple :

« *Bien que la théorie de la décision ait les mêmes origines que la représentation de l'incertitude, cette dernière a connu une formalisation plus universelle qui a donné lieu à la formation d'une théorie purement mathématique : la théorie des probabilités.* »

KAST (2002, P. 12)

« *L'invention des premiers jeux de société et leurs raffinements ont sans doute permis de distinguer le rôle de l'adresse, de la réflexion, des interactions entre les joueurs, et, enfin, d'isoler le rôle de variables qui ne sont contrôlées par aucun des joueurs. Ainsi, les jeux d'échecs, de dames ou le go ne laissent d'incertitude que quant à la stratégie choisie par l'autre joueur. En revanche, dans les jeux utilisant des dés ou des cartes, l'incertitude porte aussi sur des numéros ou des figures tirés au hasard. Les loteries, lotos ou jeux de roulette des casinos sont des jeux où les conséquences des choix (paris) des joueurs ne dépendent que des résultats du mécanisme utilisé, résultat qui est supposé ne pas être manipulé.* »

(KAST, 2002, P. 12-13)

Il est ainsi souvent postulé que la théorie des probabilités peut être utilisée dans toute situation d'incertitude (Klir et coll., 1997, p. 9).

Simon (2004, p. 79) remarque que, dans les cas simples, l'*incertitude* venant d'événements exogènes peut être maîtrisée en estimant les probabilités de ces événements. Le coût associé sera toutefois plus important en termes de « *complexité computationnelle et de collecte d'information* ».

Zebda (1991, p. 117-118) affirme qu'ambiguïté et imprécision sont différentes du hasard. Le hasard est lié à l'incertitude probabilisable concernant l'occurrence ou la non-occurrence d'un événement tandis que l'ambiguïté et l'imprécision sont liées à l'inexactitude et l'imprécision des événements, stimuli, mots, concepts et des jugements (y compris des jugements probabilistes). Par exemple, l'expression « erreur matérielle de compte » est ambiguë à cause du sens imprécis du mot « matérielle ».

Les définitions de l'ambiguïté et du flou diffèrent quelque peu d'une discipline à l'autre, mais elles insistent toutes sur les idées de base d'imprécision et d'inexactitude. À la suite d'Ellsberg (1961), les termes « ambigu » et « flou » sont utilisés indifféremment par les behavioristes ou par les théoriciens de l'utilité espérée pour signifier des probabilités inexacts ou ce que Knight a appelé « probabilités incertaines ».

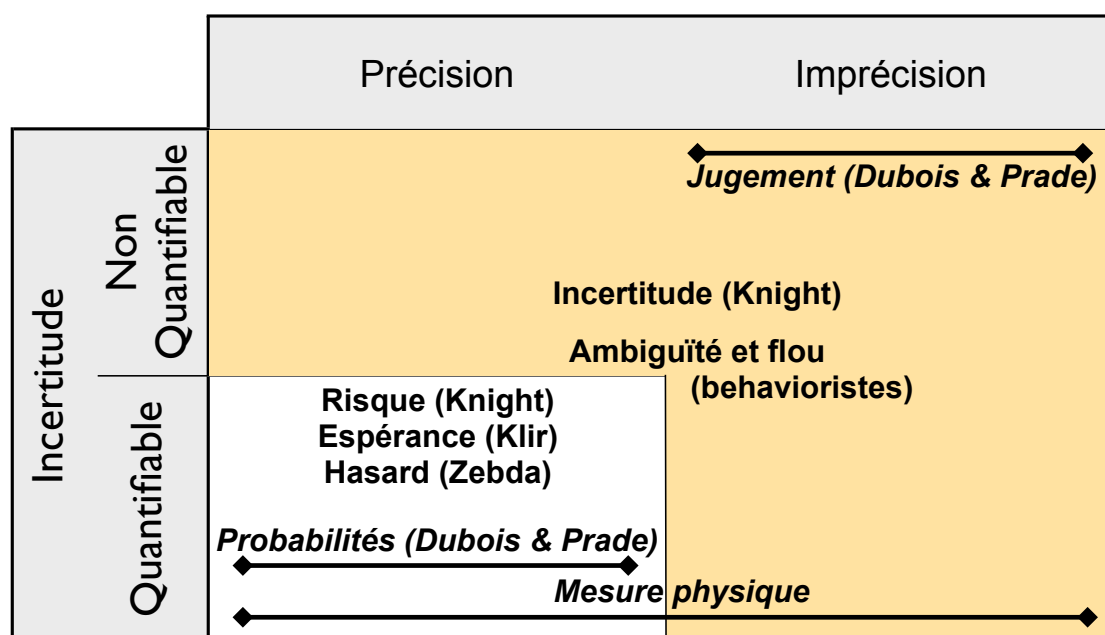
Zebda rapporte également que certains philosophes distinguent l'ambiguïté du flou. Black (1963), par exemple, a suggéré que l'ambiguïté apparaît lorsqu'un mot ou un concept a des sens multiples et est utilisé pour décrire des sous-concepts distincts, alors que le flou apparaît lorsque le mot ou le concept manque d'un périmètre et de frontières précis. Cependant, Zebda constate que les concepts vagues sont généralement également ambigus.

Casta (2000, p. 810) distingue l'incertitude, l'erreur et l'imprécision. L'*incertitude* désigne l'état d'un agent qui n'a aucune connaissance sur l'avenir, car l'ensemble des événements possibles (éventualités) comprend plus d'un élément, ces éléments n'obéissant pas à un déterminisme strict et connu (Ponsard, 1975). L'*incertitude* ne s'attache ni au passé, ni au présent car ceux-ci renvoient à des éventualités réalisées, c'est-à-dire certaines. Si les réalisations sont mal appréciées par l'agent, faute d'une information complète, la connaissance est entachée d'*erreur* – imperfection qui s'analyse comme un écart à la vérité ou comme une faute d'appréciation. La notion d'*imprécision* est d'un autre ordre, nous dit Casta, elle relève d'un manque de rigueur qui affecte la mesure ou, le plus souvent dans les sciences sociales, d'une ambiguïté inhérente à la formulation des concepts. Cependant, ceux-ci, en tant qu'objets linguistiques, peuvent rester inaccessibles à la précision conclut Casta.

Klir et coll. (1997, p. 10) définissent le flou comme l'incertitude qui résulte de l'imprécision du sens donné par un terme linguistique dans le langage naturel, comme *grand*, *chaud*, *très chaud*, etc. Les auteurs précisent que la théorie des probabilités s'intéresse à un problème d'*espérance* : « quelle est la probabilité pour que le prochain élève entrant dans la classe mesure telle taille ? » par exemple. L'incertitude représentée par le flou n'est pas de ce type. Il s'agit plutôt de poser la question : « jusqu'à quel point peut-on considérer que cet élève est grand ? ». Cette incertitude est donc contextuelle, elle est liée à la population de référence que les auteurs de la question ont en tête. L'espérance ne joue donc aucun rôle ici, puisqu'il s'agit de comparer la compatibilité d'une caractéristique (la taille) d'un individu avec un concept imprécis : « être grand ».

Ainsi, les conceptions de l'imperfection de l'information sont multiples et elles-mêmes un peu vagues, ce qui est sans doute lié à l'entendement même du phénomène que l'on cherche à décrire (figure 1.2).

FIG. 1.2 – Les différentes acceptions et manifestations de l'imperfection de l'information



Dubois et coll. (1994)<sup>5</sup> donnent une définition qui permet de clarifier et catégoriser les concepts : l'imprécision renvoie à la valeur prise par l'information, l'incertitude au degré de vérité de l'information. Si une mesure physique peut être parfaite (précise et certaine) ou imparfaite (imprécise mais certaine, un intervalle),

<sup>5</sup>Cités par Lesage (1999, p. 13).

un jugement est généralement imparfait dans les deux dimensions du terme : imprécis et incertain (« Je pense qu'il mesure environ 1,80 m »).

La *théorie des probabilités*, bien que souvent utilisée pour développer des modèles d'aide à la décision de gestion en situation d'information imparfaite, *ne sait appréhender qu'une forme particulière d'information imparfaite*, celle qui est précise et incertaine, avec une incertitude *quantifiable*.

Nous retiendrons dans la suite de nos développements ces définitions pour distinguer les notions d'*imprécision* et d'*incertitude*.

### 1.1.3.2 L'incertitude comme opportunité

L'incertitude peut être une source d'innovation dans l'organisation, car elle force l'adaptation permanente. En situation d'*incertitude*, le choix intelligent n'est pas *a priori* impossible. Toutefois, des *procédures adaptatives robustes* doivent alors être privilégiées par rapport aux stratégies qui ne marchent bien que lorsqu'elles ont été soigneusement mises au point pour des environnements connus avec précision (Simon, 2004, p.79).

Gabriel (2002, p. 85-86) note ainsi que les entreprises en réseau intègrent l'incertitude comme une donnée inhérente du système dont fait partie l'entreprise. Ces entreprises sont passées d'une réflexion centrée sur les éléments du système à une réflexion abordant les liens et interactions entre ces éléments. Le réseau est donc moins conçu comme un système de régulation ou de contrôle de l'activité que comme un système favorisant l'émergence d'innovations et de comportements créatifs dans un environnement non prévisible. Dans ce cadre, le milieu, le contexte, mais également la temporalité et l'inachèvement doivent représenter autant d'éléments constitutifs d'une pensée de l'action (Hatchuel, 2000). Selon (Martinet, 2000, p. 121) l'*incertitude* peut être « *intégrée non plus comme élément temporaire, comme un défaut de capacité cognitive ni même comme une contrainte, mais comme une possibilité pour l'entreprise d'interpréter et de discerner de nouvelles possibilités d'action. Il lui est pour cela demandé de rejeter ses pratiques habituelles de résolution analytique et technique des problèmes stables et récurrents, au profit des « activités de conception qui nécessitent interprétation, interaction, communication, coordination d'un nombre croissant d'acteurs »* » .

### 1.1.3.3 L'incertitude dans le projet d'entreprendre

Le cas du porteur de projet est particulier, car pour lui pratiquement toutes les données sont incertaines.



Bruyat (1993, p. 220) s'intéresse spécifiquement aux facteurs d'incertitude liés au projet même, non ceux associés à l'environnement ou au profil de l'entrepreneur. Il explique ainsi que certains projets, de par leurs caractéristiques, *supportent nécessairement une part importante d'incertitude non réductible lors de leur phase de mise au point* :

- le premier facteur d'incertitude est lié à la valeur qu'accordera le client au produit ou service offert. Certains produits n'expriment leur valeur que lorsqu'ils sont mis sur le marché<sup>6</sup>. Dans la pratique, les études marketing susceptibles de valider un produit très innovant, pour lequel la valeur accordée par le client est très subjective, sont très onéreuses et donnent des indications souvent sujettes à caution. La manière de procéder la plus « rationnelle » est alors de mettre le produit sur le marché, « d'essayer » en s'ajustant en cours de route aux réponses du marché. Cette manière de faire est un avantage compétitif pour les jeunes entreprises en compétition avec de grandes entreprises, surtout lorsque les « fenêtres stratégiques » sont de courte durée ;
- un second facteur d'incertitude, tout au moins pour la phase initiale de réalisation d'un produit ou d'un prototype, mais aussi dans la phase de lancement, est lié à l'incertitude technique concernant la mise au point et l'industrialisation du produit. Lorsque les projets sont complexes et innovants, cette incertitude est toujours présente. Le projet peut achopper sur ce qui paraissait un détail<sup>7</sup>.

Bruyat (1993, p. 222) note enfin que la part irréductible de l'incertitude sera d'autant plus importante que les entreprises créées, dans des secteurs émergents, reposent sur des innovations radicales pour lesquelles le client achète non pas le prix, mais la satisfaction d'un besoin non ou mal satisfait.

De façon générale, nous pouvons conclure que plus le décideur est amené à se projeter dans l'avenir et dans la mise en place de nouvelles activités, plus il a (ou aura) à faire face à l'incertitude. Il y a sans doute une différence entre cette incertitude « entrepreneuriale » et l'incertitude que nous pourrions percevoir d'un environnement « de plus en plus incertain » dans le cadre d'activités plus habituelles. En effet, si Gervais et Thenet (1998) disent de l'incertitude qu'elle est aussi une affaire de perceptions et de vécus, Mintzberg (1990, p. 609) lui penche franchement en faveur de cette thèse :

*« Ce n'est pas que notre monde soit devenu beaucoup plus instable  
- c'est d'ailleurs tout à fait le contraire, en fait, si l'on considère les*

---

<sup>6</sup> Bruyat cite en exemple le célèbre Post-it de 3M.

<sup>7</sup> Bruyat note que le produit peut « fonctionner », mais ne pas atteindre la différenciation recherchée (niveau de performance), ou engendrer des coûts de production et de commercialisation incompatibles avec les possibilités de mise sur le marché. Les travaux portant sur l'incertitude et le risque sont nombreux, mais ils concernent essentiellement les caractéristiques des marchés, remarque-t-il.

*années 1930 et 1940. C'est juste le fait que toute perturbation, tout ce qui n'est pas attendu, comme l'émergence d'un nouveau concurrent ou un changement technologique quelconque, bouleverse les procédures si soigneusement aiguës des systèmes de planification et plonge les bureaucraties mécanistes dans une panique indescriptible. [...] »*

Poser le problème en ces termes revient à dire que le problème de l'incertitude ne viendrait pas tant de l'environnement lui-même que de la représentation que nous en avons, c'est-à-dire de nos outils de modélisation de cet environnement.

### 1.1.4 Les limites classiquement reprochées aux outils traditionnels

En raison des mutations de l'environnement des entreprises, les critiques pleuvent dès les années 1980 sur les outils comptables traditionnels, qui ne s'inscrivent plus dans une modélisation pertinente de l'entreprise moderne et de son environnement. Johnson et Kaplan (1987) sont parmi les premiers à remettre en cause les méthodes traditionnelles de comptabilité de gestion. En France, plusieurs auteurs dont Henri Bouquin, Michel Lebas, Philippe Lorino et Pierre Mévellec ont évoqué les déficiences de la comptabilité de gestion traditionnelle. Les limites des outils traditionnels de la comptabilité de gestion peuvent être classées en deux grandes catégories, plus ou moins perméables l'une à l'autre. Ainsi, certaines limites sont dues aux distorsions liées au modèle économique sur lequel reposent les outils traditionnels, et d'autres aux distorsions dues aux méthodes de calcul. Les deux catégories sont perméables l'une à l'autre principalement parce que les distorsions dues aux méthodes de calcul proviennent de l'erreur de représentation du modèle économique.

#### 1.1.4.1 Distorsions liées au modèle économique

Les distorsions liées au modèle économique se situent à trois niveaux. Tout d'abord, la comptabilité de gestion traditionnelle se focalise sur un seul indicateur, le coût, alors que le coût n'est aujourd'hui que l'un des nombreux attributs d'un produit. Ensuite, la modélisation qu'elle donne des consommations est insuffisante pour comprendre le fonctionnement de l'organisation. Finalement, elle ne considère comme unique consommateur de ressources que le produit lui-même, ce qui n'est pas forcément justifié dans l'environnement actuel.

## Le suivi exclusif d'indicateurs de coûts dans un contexte de management élargi

Nous allons d'abord expliquer comment les outils traditionnels de comptabilité de gestion sont focalisés sur les coûts, puis nous verrons qu'ils n'ont pas intégré plusieurs méthodes de management qui font pourtant aujourd'hui partie intégrante du fonctionnement des organisations.

### *La focalisation sur les coûts*

Les outils traditionnels de comptabilité de gestion ne s'intéressent qu'aux coûts. Ces coûts sont additionnés et agrégés, sans discernement, que les ressources soient utilisées à bon escient ou qu'elles soient gaspillées. L'hypothèse implicite des méthodes traditionnelles est qu'un coût engendre de la valeur. Nous voyons bien là leur héritage historique, puisqu'ils ont été créés pour remédier au problème d'une définition de prix en l'absence de marché. Or, tant que le marché était un marché régi par l'offre, le postulat que le coût contenait la valeur était cohérent. Aujourd'hui, dans notre marché régi par la demande, la valeur n'est pas gagnée d'avance et elle est soumise au marché, au client qui l'estime. De plus, certains coûts n'ont aucune valeur pour le client. Les stockages, manutentions, changements de séries ne créent aucune valeur pour le client, mais leur coût vient s'imputer sur le coût du produit dans les méthodes traditionnelles de calcul de coûts.

Simon (2004, p. 64) note qu'il est intéressant de savoir comment les entreprises cherchent à déterminer, dans des conditions réalistes, la quantité maximisant leur profit. La comptabilité d'exploitation permet l'estimation du coût de production d'une quantité donnée, mais on ne peut évaluer que très grossièrement la quantité que l'on vendrait à un prix donné, et la façon dont cette quantité varie en fonction du prix (l'élasticité de la demande). Comme cette évaluation est *incertaine*, la prévision de profit doit être balancée par celle du risque, ce qui change la maximisation du profit en une *maximisation beaucoup plus vague* de la « fonction d'utilité » profit versus risque, laquelle est *présumée cachée dans les recoins du cerveau de l'entrepreneur*.

Généralement ce qui est caché dans « les recoins du cerveau de l'entrepreneur » n'est pas facilement quantifiable, et comme le constate Mintzberg (1990, p. 647), certaines choses sont plus facilement quantifiables que d'autres : les coûts plus que les bénéfices, les coûts tangibles plus que les coûts intangibles, les bénéfices économiques plus que les bénéfices sociaux. Il est ainsi inévitable que les outils traditionnels de la comptabilité de gestion ne s'intéressent qu'aux coûts !

C'est ainsi que la « comptabilité *rationnelle* » évite les coûts sociaux et tend à les traiter comme des « effets externes », ce qui veut dire concrètement que c'est à la société de payer la note de l'organisation<sup>8</sup> observe Mintzberg. C'est ainsi que l'« amoralité » devient la « moralité économique » et que lorsqu'on la pousse dans ses limites, elle débouche sur une « immoralité sociale ».

Le problème, avec toute cette rationalité agrégée remarque Mintzberg (1990, p. 618), c'est qu'elle nous conduit à éliminer le *jugement* et l'*intuition*. Or comment peut-on avoir la moindre sensation d'un problème si on ne peut en examiner les composants par nous-même ? Comment avoir cette même sensation si on ne peut pas en faire directement l'expérience ?

Ackerman (1975)<sup>9</sup> fait remarquer que ce qu'il y a d'intrinsèque dans les systèmes de contrôle du fonctionnement même de la grande entreprise divisionnalisée – les systèmes liés aux résultats financiers et *fondés sur le quantifiable*, en particulier les objectifs financiers – *décourage la prise en considération de buts sociaux* simplement parce que ces derniers ne peuvent pas être facilement quantifiés. Même lorsque le directeur général croit sincèrement aux buts sociaux et souhaite les promouvoir, *Le système de contrôle que le leader doit utiliser pour faire fonctionner son organisation écarte, de par sa propre nature, toute attention à ces objectifs.*

### ***L'évolution de la notion du produit***

Le produit n'est plus une somme de coûts et l'équilibre de marché reposant sur la dyade Quantité / Prix s'est complexifié : deux autres critères dont le rôle est croissant s'y sont ajoutés : *la Qualité et le Délai*. Les outils traditionnels de comptabilité de gestion ne savent pas gérer ces nouveaux critères. Ne sachant contrôler que la dyade Quantité / Prix, ces outils ne peuvent donc pas aider le manager dans ses décisions concernant les nouvelles pratiques de gestion.

### ***La non-compatibilité avec le JAT (juste-à-temps)***

Les outils traditionnels additionnent les coûts unitaires locaux de chaque unité de production et les agrègent suivant l'organisation hiérarchique de l'entreprise. L'objectif étant la minimisation des coûts unitaires locaux, chaque responsable cherchera à saturer les capacités matérielles et humaines disponibles dans son

---

<sup>8</sup>Par exemple, en laissant le soin au système hospitalier de soigner les troubles mentaux que les ouvriers travaillant sur des chaînes d'assemblage aux cadences trop élevées finissent par ressentir, nous dit l'auteur.

<sup>9</sup>Cité par Mintzberg (1990, p. 648).

atelier, afin d'atteindre le coût unitaire minimal. Mais comme le fait remarquer Mévellec (2000a) :

*« [...] parallèlement, depuis déjà de nombreuses années se développent des techniques d'organisation de la production du type juste-à-temps. Cela conduit à demander aux ateliers de ne produire qu'en fonction des besoins exprimés en aval, par les clients. Sauf exception, ces deux objectifs sont contradictoires, on ne peut pas en même temps faire du juste-à-temps et saturer les outils [...] »*

### ***L'absence de modélisation de la transversalité et de la chaîne de valeur***

Les systèmes de coûts traditionnels sont incapables de prendre en compte les logiques de flux qui sont apparues dans les entreprises (juste-à-temps entre autres) et donc d'appréhender la transversalité de l'organisation. De la même façon, les systèmes de coûts traditionnels sont incapables de modéliser la chaîne de valeur de l'entreprise (Porter, 1986). Or le produit suit généralement une succession de transformations selon un processus transversal à l'entreprise, qui a rarement à voir avec l'organisation hiérarchique de celle-ci.

Comme le remarque Mèlèse (1991, p. 184-185), la nature des objectifs est fixée en fonction des missions de l'organe. En effet, les objectifs d'un organe doivent concrétiser ses missions, lesquelles n'ont de signification que définies par rapport à l'univers extérieur : les missions d'un service comptable se définissent, ou plutôt devraient se définir, en fonction des utilisateurs de l'information, celles d'un service de développement en fonction des besoins futurs du marché, etc. Les objectifs sont, en quelque sorte, extérieurs au centre de responsabilité considéré. Mais beaucoup de contrôleurs de gestion oublient cette finalisation et *truffent les tableaux de bord d'objectifs qui ne reflètent que le rendement interne de la transformation effectuée par l'organe* alors que la qualité de service permettrait de vérifier que l'organe satisfait son client interne ou externe.

Ainsi, cette absence de modélisation de la transversalité est préjudiciable au pilotage de l'entreprise, car elle opacifie le champ des décisions ayant trait à la sous-traitance ainsi qu'au *benchmarking*, par exemple. N'ayant en effet aucune modélisation pertinente du fonctionnement de l'entreprise, comment dès lors pouvoir mesurer l'impact d'une sous-traitance, ou comment pouvoir se comparer à d'autres sur des processus entiers ?

## La faible capacité explicative des consommations

Les outils traditionnels ont une vision passéiste : ils calculent un coût par produit une fois la période à observer terminée. Il faut en effet que la comptabilité ait enregistré l'intégralité des coûts de la période avant de pouvoir effectuer le calcul du coût unitaire. Lorino (1991) évoque même une « gestion au rétroviseur ». Le manager ne peut que constater l'éventuelle inadéquation entre le coût du produit sur la période, et celui qu'il escomptait au vu des prix pratiqués par le marché, ou du budget qui était prévu. Les ajustements ne pourront se faire que sur la période suivante.

Mais surtout, les outils traditionnels du type méthode des coûts complets ne vont lui donner qu'une vision très approximative des dysfonctionnements de l'organisation. En effet, le manager aura comme indications données par l'outil une succession de coûts unitaires ou totaux, par nature (Frais de production, Frais de distribution, Publicité sur le lieu de vente, Frais généraux). Pour les frais de production, l'explication de la variation du coût de l'unité d'œuvre est possible, tant que la production n'est pas trop diversifiée et que la consommation de ressources par les différents produits fabriqués est globalement homogène. En revanche, pour les autres natures de coût, il sera très difficile de déterminer les causes de leur non-conformité aux prévisions ou les leviers d'action permettant une amélioration. Certains d'entre eux, comme les frais de distribution, seront simplement imputés sur le produit sur la base d'un taux de frais de distribution (coût total de la distribution / Chiffre d'Affaires des produits en %). Il est dès lors impossible d'établir à l'aide de l'outil une quelconque causalité entre le coût de la distribution pour ce produit, et les spécificités ou caractéristiques du produit lui-même. L'information des causalités de consommations est peu ou pas contenue dans l'outil traditionnel de comptabilité de gestion. C'est l'un des principaux griefs qui peuvent lui être faits, car dès lors il ne permet que des constatations d'ordre macro, au niveau de l'entreprise, mais ne permet pas de gérer de façon structurée les actions correctives ou d'amélioration au niveau local : il ne constitue pas un outil de pilotage pour le manager et perd donc beaucoup de son intérêt.

## Les produits comme seuls objets de coût

La dernière remarque ayant trait au modèle économique sous-jacent de l'outil traditionnel est qu'*il affecte tous les coûts aux produits*. Une fois de plus, il s'agit là de son héritage de la vision mécaniste de l'entreprise. Mais comme nous l'avons vu plus haut, la segmentation des marchés, la personnalisation de la production ont généré de nouveaux « objets de coût ». Le canal de distribution, le client, par leurs consommations spécifiques des ressources de l'entreprise, sont aussi des

objets de coût : le client qui privilégie des commandes par petits lots de nombreuses références n'a pas le même coût que celui qui commande des camions entiers d'une seule référence. Pourtant, les outils traditionnels de comptabilité de gestion ne feront aucune distinction de ces deux cas de figure.

#### 1.1.4.2 Distorsions liées au modèle de calcul

Le modèle économique sous-jacent aux outils traditionnels de comptabilité de gestion provoque des distorsions du fait de son inadéquation au modèle économique et aux pratiques managériales actuels. Nous allons à présent voir que la non-remise en cause du paradigme mécaniste entraîne des erreurs de calcul. Trois types de distorsions liées aux méthodes de calculs peuvent être distinguées : l'utilisation d'inducteurs exclusivement volumiques, la focalisation sur les charges directes et la focalisation sur le cycle de fabrication.

### L'utilisation d'inducteurs exclusivement volumiques

Les outils traditionnels de comptabilité de gestion n'allouent les consommations de ressources aux produits que sur la base d'inducteurs volumiques. Ce mode de calcul, qui est l'héritage direct de la dyade Quantité / Prix, n'est plus pertinent. Comme nous l'avons vu plus haut avec la pyramide renversée des coûts ( page 22), la diversification des produits et des processus de production a entraîné une tertiarisation de l'entreprise. La part des charges indirectes, largement supérieure à la part des charges directes, rend à une modélisation volumique de la consommation non pertinente :

*« Ces charges indirectes sont de plus en plus largement des coûts induits par la complexité (du produit, du processus, de l'organisation, des trajectoires physiques...) ou par l'instabilité (modifications des processus ou des produits, changements de programmes, changements de lots) plutôt que par le volume de production. En conséquence, les méthodes traditionnelles d'allocation tendent à sous-estimer les coûts de la complexité, de la diversité et de l'instabilité. Elles tendent à pénaliser les produits standards, les produits simples ou répétitifs, les produits stables, les grandes séries. »*

LORINO (1996)

Ainsi, les subventionnements croisés qui résultent de cette logique purement volumique font courir un risque d'erreur d'appréciation des produits les uns par rapport aux autres, puisqu'elles vont artificiellement surcharger le coût de certains

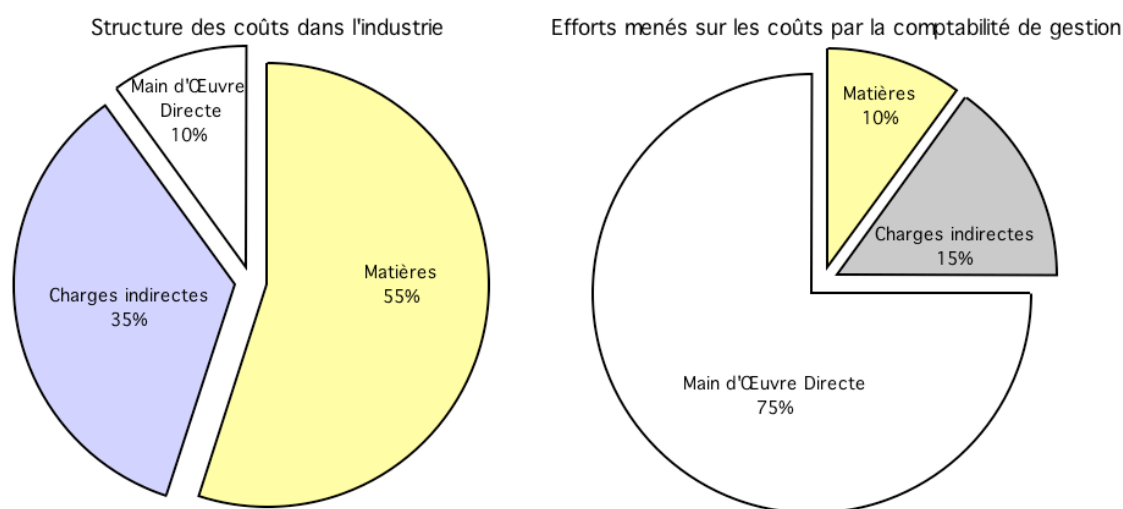
produits au profit d'autres. En environnement complexe ou instable, les outils traditionnels de comptabilité de gestion donnent donc des indications biaisées.

## La focalisation sur les charges directes

La comptabilité de gestion traditionnelle fait aussi une erreur de diagnostic en focalisant ses efforts de mesure et de suivi sur les charges directes. Berliner et Brimson (1988) ont montré lors de leur étude pour le CAM-I<sup>10</sup> que le contrôle de gestion focalisait 75 % de ses efforts sur les charges de travail direct, alors que celles-ci ne représentent en moyenne que 10 % des coûts constatés dans l'industrie (figure 1.3). Une fois de plus, la conservation de l'héritage de l'ère mécaniste provoque une certaine « myopie » de l'outil traditionnel. L'importance des dépenses de matières s'explique par le recentrage des entreprises sur leur métier, et le recours à la sous-traitance pour réaliser une part grandissante du produit final.

Il faut donc que la comptabilité de gestion se concentre sur les charges indirectes, souvent négligées et rattachées conventionnellement aux produits sur la base de consommations directes, alors que se trouve sans doute là le gisement d'économies et de productivité. Mais, nous l'avons vu plus haut, les outils traditionnels ont une faible capacité pour mettre en œuvre ce genre d'économies.

FIG. 1.3 – Le déphasage de la comptabilité de gestion



Source : Berliner et Brimson (1988)

<sup>10</sup>Voir pied de page 11 page 40.



## La focalisation sur le cycle de fabrication

Le dernier grief fait à la comptabilité de gestion traditionnelle est la non-prise en compte de toutes les étapes du cycle de vie du produit. Au début de l'ère industrielle, la phase de conception et de préindustrialisation était négligeable par rapport à l'espérance de la durée de fabrication du produit. De plus, cette phase était moins onéreuse du fait de la moindre complexité des produits, et était amortie sur un nombre plus important de produits fabriqués. Aujourd'hui, cette phase de conception est difficilement négligeable pour deux raisons :

- Elle représente une part significative du coût du produit ;
- La conception du produit prédétermine à 90 % (figure 1.4 page ci-contre) les coûts de production du produit, c'est donc dès cette phase que le contrôle de gestion doit être présent afin d'aider aux meilleurs choix pour le coût futur du produit, et pour pouvoir imputer les coûts de recherche et développement de façon juste entre chaque produit.

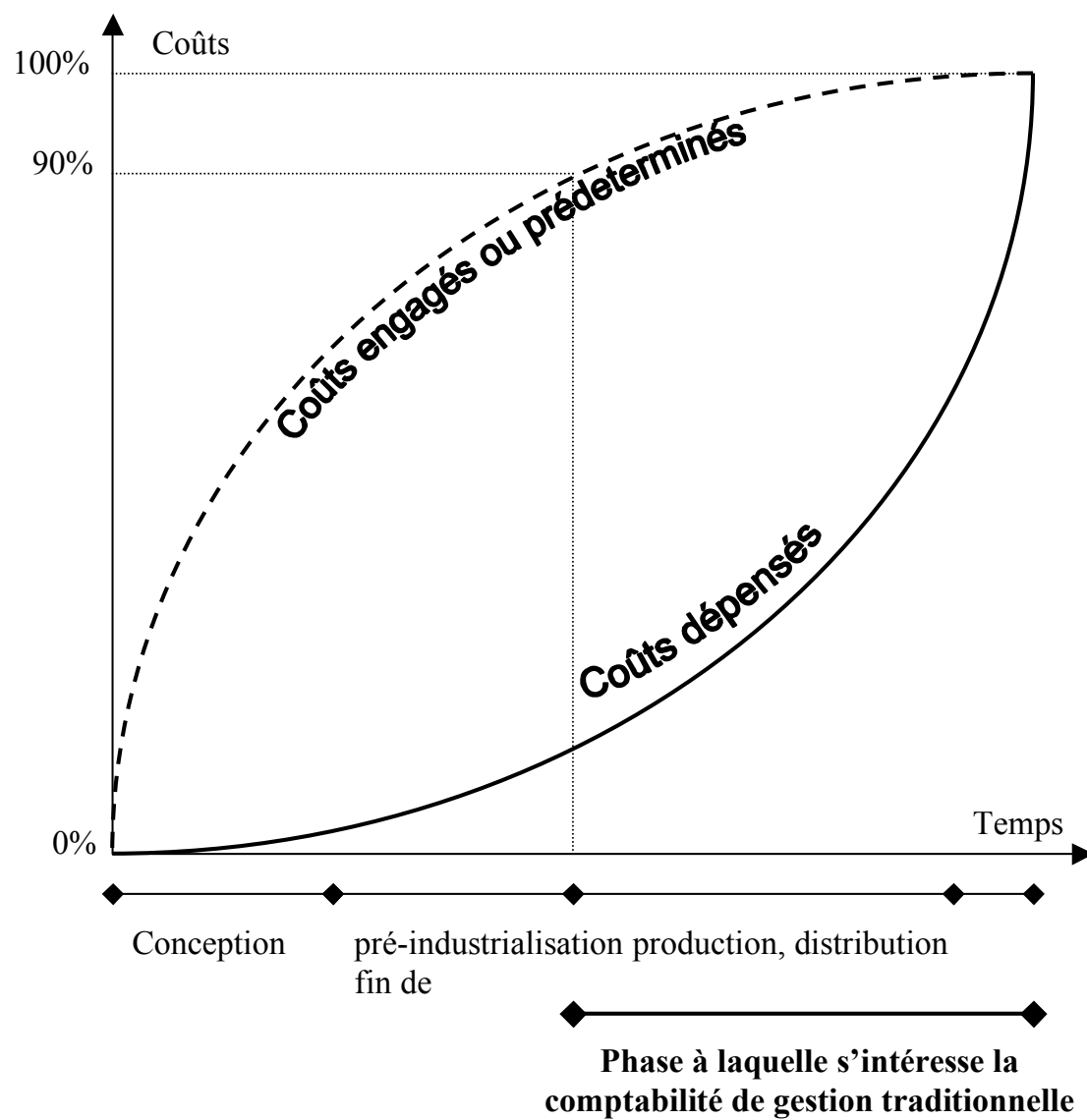
Il faut que la comptabilité de gestion soit à même de comprendre et piloter les coûts sur l'ensemble du cycle de vie du produit et plus seulement sur la phase stable du cycle de fabrication.

Nous avons vu, au début de notre propos, que le contrôle de gestion a débuté avec le besoin du management de retrouver l'information « prix », disparue du fait de l'intégration de certains secteurs au début de l'ère industrielle. Cette idée postulait que la valeur produite était au moins équivalente à la valeur consommée, c'est-à-dire au coût de production. Avec la saturation des marchés, la valeur n'est plus automatiquement égale au coût de production, mais dépend au contraire d'un certain nombre d'attributs que possède le produit ou le couple produit-service et que le marché valorise.

Le contrôle de gestion est donc bien né avant tout pour aider la direction à gérer l'entreprise. Si au début du contrôle de gestion, gérer l'entreprise était relativement simple (seule la variable prix nécessitait d'être définie pour assurer la viabilité de celle-ci), la complexité du marché actuel demande beaucoup plus d'indicateurs. Or, depuis cette époque, le contrôle de gestion ne communique toujours principalement que sur la variable coût. En outre, dans la complexité actuelle des causes de coûts, les outils traditionnels du contrôle de gestion ne font qu'allouer les frais indirects sans chercher à expliquer cette variable coût.

Jusqu'à quel point, le comportement étonnant, voire erratique de certaines firmes ne vient-il pas du manque de sens donné par le contrôle de gestion, laissant dans le meilleur des cas la direction piloter sur la base d'outils purement financiers et boursiers ? Un pilotage sur la base de ces indicateurs ne tient pas compte du réel

FIG. 1.4 – L'enjeu du cycle de vie



Source : Berliner et Brimson (1988)

fonctionnement de l'entreprise, ne l'explique pas, et ne donne donc pas les leviers d'action pertinents aux managers.

La méthode ABC a été le principal renouvellement proposé aux outils de contrôle de gestion pour faire face aux limites que nous venons d'évoquer. Nous allons dans la sous-section suivante présenter les principaux apports de cette nouvelle approche, mais nous nous intéresserons également à ses limites et difficultés.

### 1.1.5 L'ABC : un renouvellement inachevé

La comptabilité à base d'activités (méthode ABC ou *Activity Based Costing*) existe depuis plus d'une quinzaine d'années. Elle est née des réflexions du CAM-I<sup>11</sup>, aux États-Unis, à la fin des années 80. Bien qu'elle soit censée avoir retrouvé la pertinence de la comptabilité de gestion (Mévellec, 1990), sa diffusion au sein des entreprises reste relativement faible. Ainsi, dans une étude du cabinet *Arthur Andersen* menée en 1999, 20 % seulement des entreprises interrogées déclaraient utiliser une méthode ABC<sup>12</sup>. Pourtant, les avantages de cette méthode ont fait et font encore l'objet de nombreuses publications, qu'elles soient académiques ou destinées aux professionnels. Pourquoi aussi peu d'engouement chez les praticiens pour un outil qui semblait être aussi prometteur ?

La méthode ABC a vraisemblablement été inventée avant sa formalisation par le CAM-I dès les années 1960, selon Johnson (1992), mais l'application des sections homogènes<sup>13</sup> dans une optique autre qu'exclusivement volumique, constitue également une méthode ABC (Bouquin, 1995b). Remarquons que le principe du budget base zéro (Pyhr, 1973), qui est de repenser entièrement l'organisation à l'occasion du processus de budgétisation – c'est-à-dire de réfléchir à l'organisation la plus efficace étant donné les contraintes connues – pousse lui aussi à réfléchir beaucoup

---

<sup>11</sup> *Computer Aided Manufacturing International*. Il sera plus tard renommé *Consortium for Advanced Manufacturing International*. Le CAM-I est un programme de recherche commun aux principaux cabinets d'audit anglo-saxons, à de grandes entreprises américaines et européennes et à quelques universités américaines (Harvard, Stanford). L'objectif du CAM-I étant de s'interroger sur l'évolution des outils de gestion dans un environnement concurrentiel et technologique moderne, il a, dans le cadre de son programme de recherche intitulé CMS (*Cost Management System*) débouché sur la présentation d'un nouveau cadre conceptuel, articulé autour de la notion d'activité.

<sup>12</sup> « ABC/ABM : où en est-on actuellement ? » Arthur Andersen, décembre 1999.

<sup>13</sup> Méthode formalisée en 1927 par la Commission Générale d'Organisation Scientifique (CE-GOS), sous la direction du Lieutenant-Colonel Rimailho. La méthode fut publiée après expérimentation en 1937. Elle fut préconisée en 1947 lors de la publication du premier plan comptable normalisé.

plus sur les causes de consommations que ne le font les outils traditionnels. Cependant, le mérite du consortium est bien d'avoir su formaliser les grands préceptes d'une méthode ABC et d'avoir su catalyser les réflexions de nombreux chercheurs et praticiens autour de cette méthode. Il subsiste néanmoins de nombreux écueils, liés aux facteurs de contingence que l'on rencontre dans toute tentative de mise en œuvre d'un concept et au but exact recherché par l'entreprise qui met en œuvre une méthode ABC.

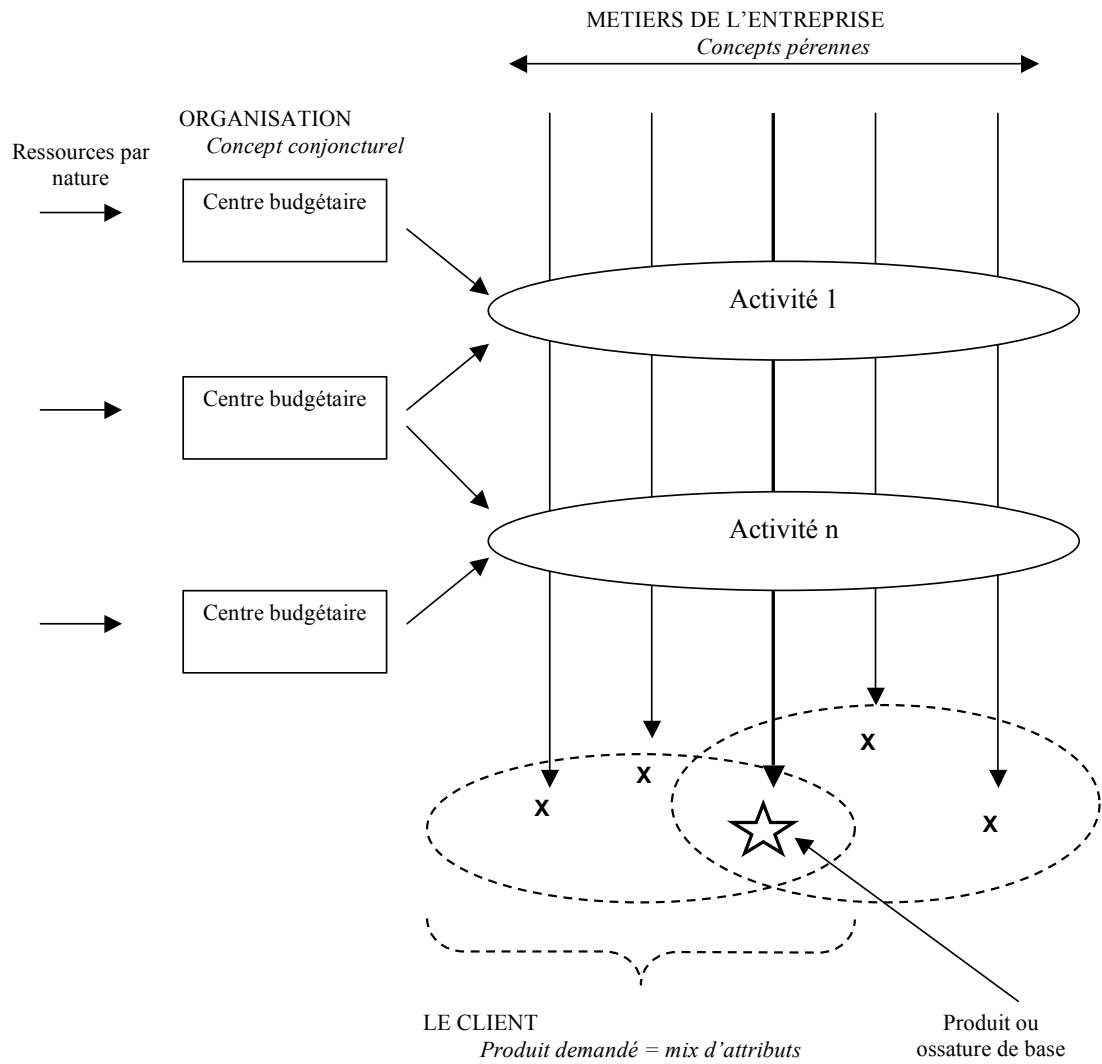
Nous remarquerons que même si certains avaient pu avoir l'idée d'une telle méthode, il semble difficile de pouvoir véritablement la décliner et surtout l'utiliser avant que n'apparaisse une certaine démocratisation de l'informatique. En effet, une méthode ABC est beaucoup plus gourmande en système d'information que ne l'est un outil de type classique. D'une part, la modélisation elle-même nécessite une certaine puissance de calcul. D'autre part, les informations nécessaires à son utilisation exigent l'existence d'une base de données centralisée au sein de l'entreprise si l'on ne veut pas trop alourdir la tâche de la collecte des unités d'œuvre (on estime qu'il faut en moyenne six fois plus de chiffres pour alimenter une méthode ABC que pour alimenter un outil traditionnel volumique).

La méthode ABC a certes des effets intéressants pour le manager, mais elle a aussi rendu plus saillantes des limites déjà présentes dans les outils traditionnels de la comptabilité de gestion.

#### 1.1.5.1 Principaux apports de l'ABC

La principale avancée de la méthode ABC est de substituer à une logique d'allocation des coûts aux produits une logique de suivi de causalité des consommations des ressources de l'organisation. L'idée clé de cette méthode est de faire transiter le calcul par la dimension d'activité. Ce « pivot » activité permet de comprendre les causes de consommation et de donner une traçabilité de la consommation des ressources que ne permettait pas une simple allocation du coût vers les produits. Le calcul du coût s'en trouve alors amélioré, mais surtout cette notion d'activité étant relativement universelle (aussi bien au niveau stratégique qu'au niveau opérationnel, par exemple), l'ABC permet une vision plus « objective » du fonctionnement de l'organisation et l'interconnexion avec beaucoup d'outils et de disciplines du management. Une réflexion menée autour des activités donne, en outre, une nouvelle représentation de l'organisation permettant de décliner la stratégie dans le quotidien de l'entreprise et, inversement, d'utiliser la réalité des processus de l'entreprise pour créer de nouvelles stratégies.

FIG. 1.5 – Modèle général du fonctionnement de l'ABC



Chaque processus crée des attributs ;

Le processus est un élément perceptible par le client, qu'il soit interne ou externe ;

Les produits (comme mix d'attributs) dépendent du marché.

Les activités et les processus sont au cœur du (ou des) métier(s) de l'entreprise.

Un segment de marché peut aussi être caractérisé par un ensemble donné d'attributs.

## Un calcul de coûts plus réaliste

La méthode ABC apporte un renouveau par rapport aux méthodes traditionnelles de comptabilité de gestion par sa manière de considérer les coûts. Elle ne cherche pas, comme les outils traditionnels à allouer l'intégralité des charges enregistrées dans la comptabilité sur des produits. Elle s'attache plus particulièrement à mettre en évidence les causes de la consommation des ressources (figure 1.5 page précédente). Cette focalisation sur les causes de la consommation doit redonner au contrôle de gestion la cohérence qui lui manquait, car l'affectation des consommations de ressources à leurs causes, permet de faire disparaître une part importante des charges « indirectes ».

Le CAM-I définit l'*Activity Based Costing* de la façon suivante<sup>14</sup> :

*« Une méthode qui mesure le coût et la performance des activités, ressources et objets de coûts. Les ressources sont réparties sur les activités, puis les activités sont allouées sur les objets de coûts en fonction de leur consommation. L'ABC identifie les relations causales entre les inducteurs de coûts et les activités. »*

L'articulation centrale de cette méthode s'appelle donc l'« activité », et ce sont les différentes activités réalisées par l'entreprise qui vont faire le lien entre les ressources consommées, et ce que consomment les produits ou tout autre objet de coût.

Les activités peuvent être consolidées par processus, flux d'information ou de matière, avec une finalité commune, celle de fournir un bien matériel ou immatériel important et bien défini à destination d'un client interne ou externe. Les processus représentent des modes opératoires et sont les vecteurs de la notion de *valeur* au sein de l'organisation.

L'influence du concept de chaîne de valeur de Porter (1986) a été déterminante dans les travaux sur la méthode ABC. L'auteur définit l'activité comme une composante de la structure de coût du segment considéré : certaines de ces activités lui sont propres, d'autres sont communes à plusieurs segments. La décomposition en activités repose sur les critères suivants :

- le recours à des technologies différentes ;
- l'existence de lois différentes d'évolution de leurs coûts (exemple : économie d'échelle ou non) ;
- l'importance de la part qu'elles représentent dans les coûts totaux ;

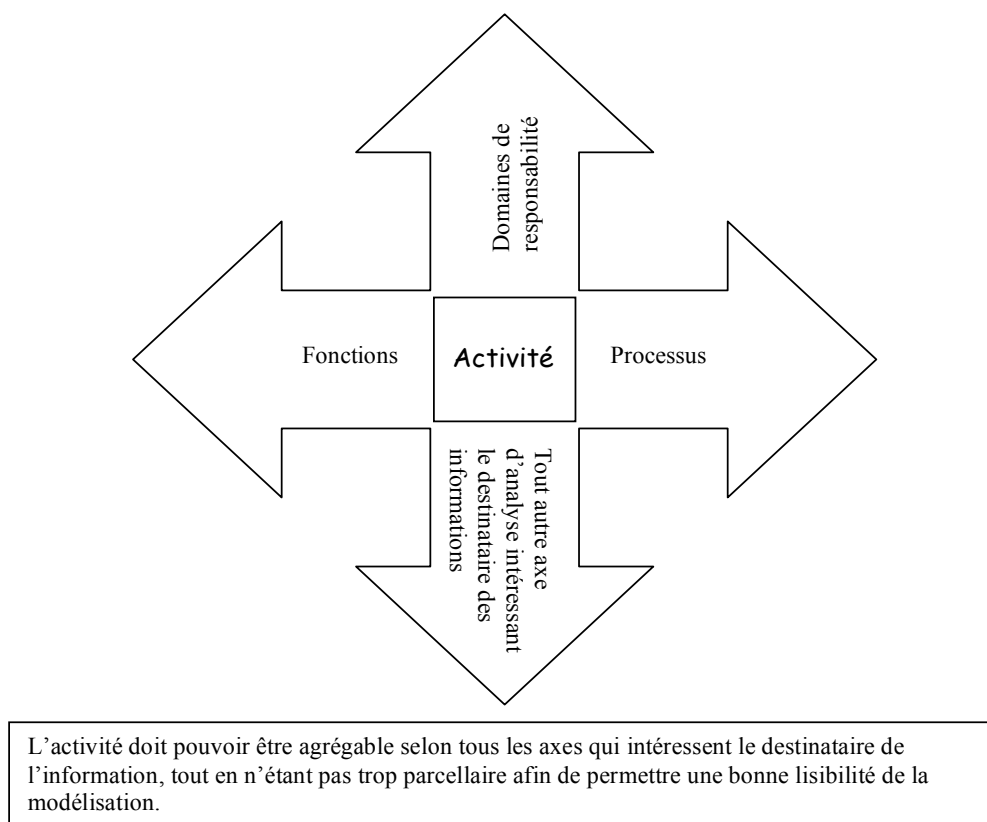
---

<sup>14</sup>The Computer Aided Manufacturing-International Glossary of Activity Based Management, 1990.

- l'impact de l'activité sur la différenciation du produit par rapport à ceux des concurrents.

Si l'activité a donné lieu à de multiples définitions par les auteurs en contrôle de gestion, son intérêt repose dans la définition d'une unité de base, sorte de « plus grand commun diviseur » des différentes occupations de l'organisation, mais également « brique élémentaire » d'information permettant l'agrégation des données de gestion selon de multiples axes. La définition des activités de l'entreprise se fera donc à la fois en considération des ensembles d'opérations élémentaires dont l'enchaînement est stable (Bouquin, 1997), mais dépendra également des agrégats que l'on souhaite leur faire subir (figure 1.6).

FIG. 1.6 – L'activité, « brique élémentaire d'information »



Le premier des apports de l'ABC réside donc dans la meilleure modélisation de la consommation des ressources qu'elle procure. Il s'agit d'ailleurs d'un des premiers avantages avancés par ses défenseurs (Cooper et Kaplan, 1988). Si la modélisation ainsi obtenue est plus cohérente et donne certainement une meilleure information que les systèmes traditionnels de comptabilité de gestion, il faut cependant rester

conscient des limites que comporte tout inducteur ou unité d'œuvre, et la multiplication de ceux-ci dans la méthode ABC ne rend pas le calcul incontestable. « *Un coût est une opinion, non un fait* » (Burlaud et Simon, 1993). Les avantages essentiels de l'ABC sont certainement liés à des effets moins immédiats.

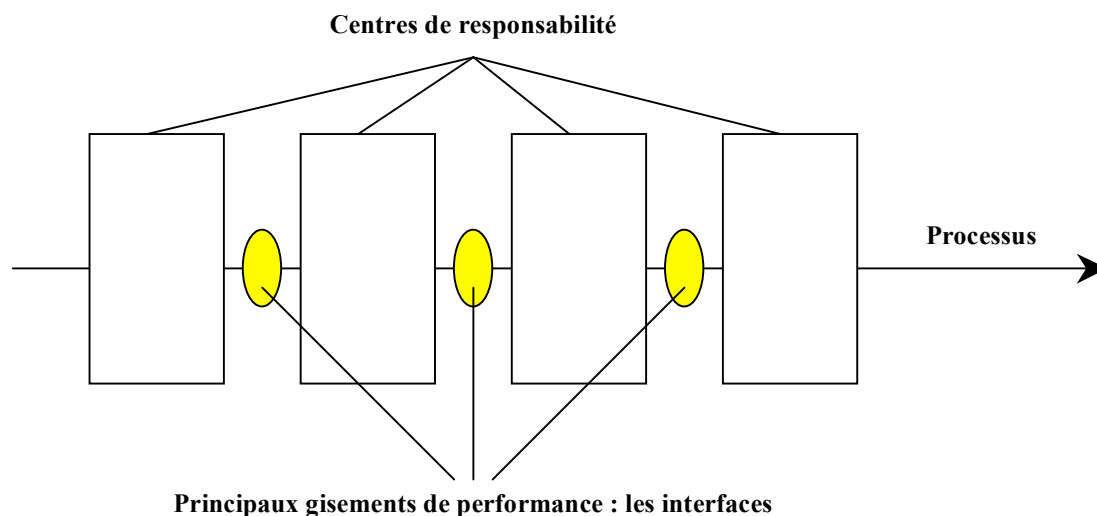
## Une modélisation plus « objective » de l'organisation et ses métiers

A partir de cette brique élémentaire d'information qu'est l'activité, l'analyse de la performance peut continuer à se faire par responsabilité, mais il est surtout possible de modéliser le parcours des produits et services au sein de l'organisation et d'ainsi repérer les dysfonctionnements liés à la coordination interpérimètres de responsabilité. Selon Lorino (1995) « *Après des décennies de gestion et d'amélioration de performance dans le cadre des centres de responsabilité (services, ateliers), des gisements importants de progrès se situent aux interfaces, dans les modes de communication de coopération et de coordination* » (figure 1.7 page suivante). Pour l'auteur, la gestion « traditionnelle », axée sur le contrôle des ressources (gestion budgétaire, par exemple) et fondée sur le découpage en centres de responsabilité, le sens du territoire et du résultat individuel tend à engendrer de l'opacité et un manque de coopération. Le système de pouvoir devient une fin en soi et prend le pas sur la pertinence des procédures et des actions. Dans une approche fondée sur les processus et les activités, le centre de l'attention se déplace vers les modes opératoires, leur efficacité et leur pertinence au regard des demandes des clients.

En outre, une fois le modèle ABC construit, il est possible de s'interroger sur la contribution de chaque activité à la création de la valeur et de distinguer les activités créatrices de valeur ajoutée de celles qui n'en créent pas. Les activités créatrices de valeur peuvent être définies comme des activités dont la réalisation augmente la valeur du produit perçue par le client (une opération de finition peut ainsi augmenter la valeur du produit par l'amélioration de son esthétique) ou des activités indispensables au fonctionnement de l'organisation (le suivi de la comptabilité par exemple). À l'inverse, les activités non créatrices de valeur sont celles n'apportant au client aucun attrait supplémentaire pour le produit (les opérations de manutention, de stockage au sein de l'unité de production par exemple). L'analyse des activités consiste alors à identifier les activités dénuées de valeur ajoutée et à chercher à les supprimer, car elles sont généralement le signe d'une organisation inefficace (manutentions inutiles, retouches...). Ces suppressions se font dans un cadre plus large de réflexion sur l'organisation qui conduit à reconsidérer la façon d'exercer les activités qui composent les processus, et à réorganiser les liens entre ces activités et leur coordination (Boisvert, 1994). Ou encore, la suppression



FIG. 1.7 – Centres de responsabilité et processus



*Source : Lorino (1995)*

des retouches suppose une production sans défauts. Dans l'activité assemblage par exemple, on peut chercher à réduire le nombre de soudures, mais il est encore plus efficace de concevoir un produit dont l'assemblage ne nécessite plus de soudure (Baranger et Mouton, 1997, p. 184). Parallèlement, il faut améliorer les activités porteuses de valeur ajoutée pour chercher à éliminer tous les gaspillages ou inefficiences qu'elles peuvent contenir. La méthode ABC permet également de comparer la valeur ajoutée au produit par l'activité et le coût de celle-ci. Mévellec (2000a) recommande d'effectuer cette comparaison au niveau du processus plutôt qu'au niveau de l'activité, car c'est bien le processus qui est perçu par le client, et non pas l'activité. Le processus regroupe différentes activités concourant toutes à la délivrance d'un attribut porteur de valeur pour un client.

La méthode ABC renouvelle ainsi le contrôle de gestion traditionnel en déplaçant la focalisation mise sur la connaissance de meilleurs coûts de revient vers le management des coûts. Avec l'ABC, on passe du contrôle de gestion « sanction » versus un contrôle de gestion « partenaire managérial ».

Enfin, grâce à cette maille de dimension universelle qu'est l'activité, la méthode ABC offre également une véritable interface pour beaucoup des pratiques modernes de management, comme le *target costing*, le juste-à-temps, l'analyse de la valeur, le *reengineering*. Ardouin (1994), propose ainsi l'utilisation des informations fournies par la méthode ABC pour le *benchmarking* : les activités étant indépendantes de la structure hiérarchique de l'organisation, l'entreprise peut se comparer à une entreprise du même secteur ou d'un tout autre domaine, du moment que l'activité

comparée est la même. On pourra ainsi mener une réflexion profonde sur chacune des activités de l'entreprise et remettre à plat l'organisation dans le but d'une meilleure efficacité.

Ainsi, la mise en œuvre de la méthode ABC propose une nouvelle modélisation de l'organisation, modélisation qui s'efforce de dépasser les configurations conjoncturelles de l'entreprise pour s'attacher à révéler ses fondamentaux : ses métiers, ses savoirs-faire et leurs déterminants. Par ce changement de perspective, l'ABC apporte une représentation particulière de l'entreprise, axée sur les éléments qui la justifient plus que sur les éléments qui la dirigent, ce qui va dans le sens de l'explication de la pérennité de l'organisation.

## L'ABC : une représentation de l'entreprise

Mévellec (1996a) affirme que, puisque le coût de revient exact est une notion illusoire, l'intérêt de la méthode ABC se trouve dans la modélisation de représentation de l'entreprise qu'elle permet. L'auteur conçoit même la méthode ABC comme « une carte cognitive de l'organisation ». Lebas (1994) pense que l'apport fondamental réside dans les logiques d'ingénierie organisationnelle et de pilotage que sous-tend cette représentation de l'entreprise en tant que réseau d'activités.

La représentation de l'organisation proposée par la méthode ABC est, en effet, intéressante, car elle est à la fois axée sur les aspects internes et externes du fonctionnement de l'organisation. Interne par l'analyse des activités, des processus, des projets, des domaines de responsabilité de l'organisation, par l'analyse des « objets de coûts » qu'elle permet. Externe par l'analyse des « objets de marge », produits, clients et tous leurs « avatars » (Lorino, 1996, p. 76), mais également par les comparaisons qu'elle permet aussi bien dans le cadre du *benchmarking* que dans l'analyse de l'opportunité du développement de partenariats avec des sous-traitants par exemple.

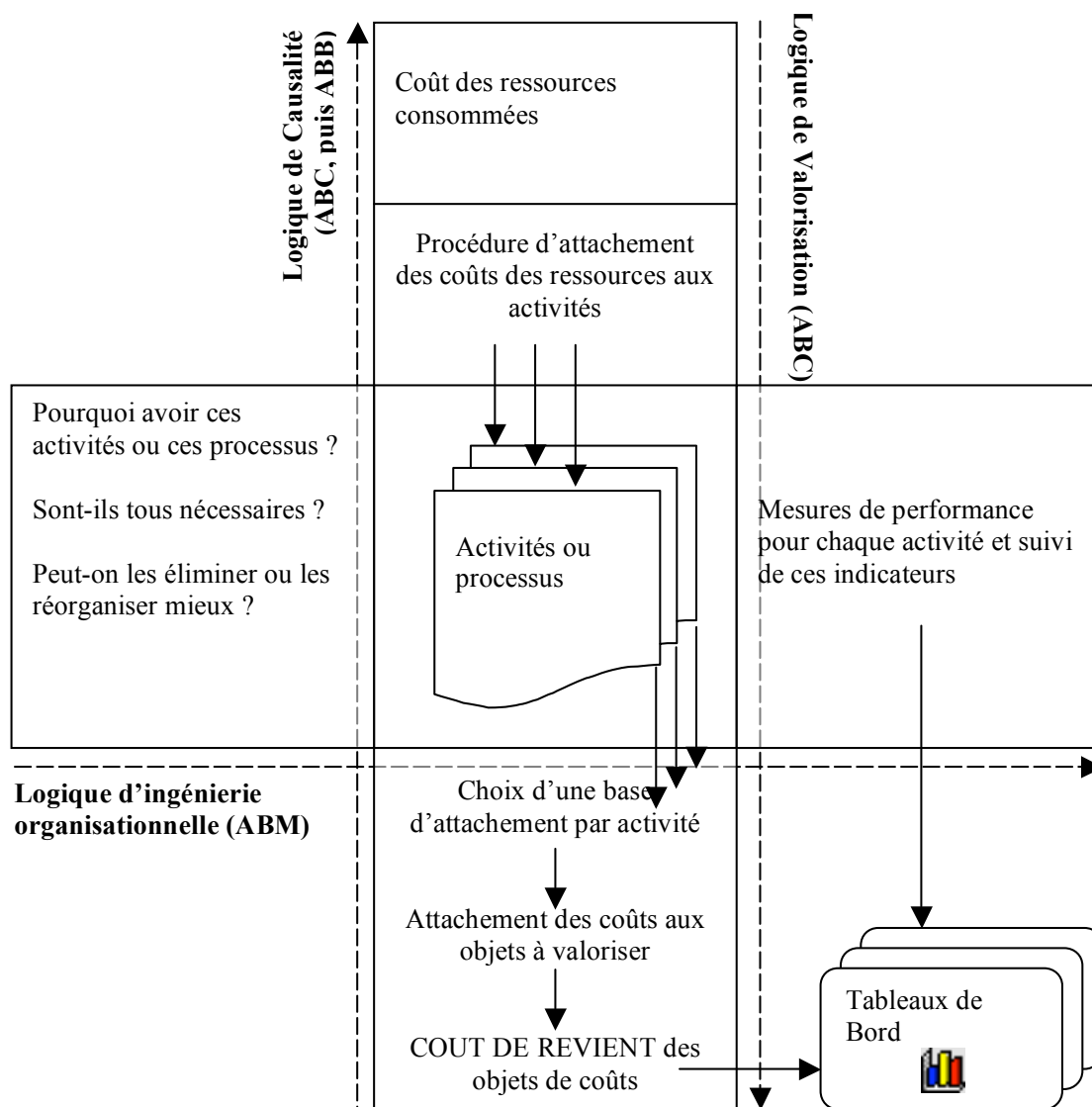
La démarche de l'ABM (*Activity Based Management*), est définie par le CAM-I de la façon suivante<sup>15</sup> (figure 1.8 page suivante) :

- une approche orientée vers la gestion des activités dans le but d'améliorer la valeur reçue par les consommateurs et le profit réalisé en produisant cette valeur ;
- cette approche inclut l'analyse des inducteurs de coûts, l'analyse d'activités et l'analyse de performances.

---

<sup>15</sup>The Computer Aided Manufacturing-International Glossary of Activity Based Management, 1990.

FIG. 1.8 – Les logiques de l'ABC/ABM



Source : CAM-I et Lebas (1992)

L'ABM puise dans l'ABC sa source principale d'informations. C'est principalement dans une démarche ABM menée collectivement au sein de l'organisation que repose ainsi l'apport fondamental de la méthode ABC. Cependant, cette méthode présente de nombreuses difficultés et limites.

### 1.1.5.2 Limites et difficultés de la méthode ABC

Il est étonnant de constater que bon nombre d'entreprises sont toujours gérées avec des outils dont le modèle de causalité des consommations est purement volumique. Cela tient probablement à un double effet :

- premièrement, le management, ainsi que l'a montré Mintzberg (1990), n'a pas (ou ne prend pas) nécessairement le temps de réfléchir à de nouveaux modèles explicatifs du fonctionnement de l'entreprise. De plus, il estime en connaître une partie intuitivement, ce qui se vérifie souvent mais ne permet pas nécessairement d'utiliser ces perceptions dans le cadre d'une modélisation ou d'une simulation complexe ;
- deuxièmement, le contrôleur de gestion a lui-même de moins en moins le temps de réfléchir à la pertinence des outils qu'il utilise. En effet, il est souvent le point névralgique de la circulation de l'information dans son service, et croule sous les demandes et les retraitements d'informations les plus variées, ces demandes se multipliant avec le développement des organisations matricielles, les projets transversaux, et les mouvements de concentration que l'on observe dans de nombreux secteurs. En outre, la turbulence de l'économie et la prédominance des logiques boursières poussent les entreprises à multiplier les « re-prévisions », confinant de plus en plus souvent le contrôleur de gestion à un rôle de « manutentionnaire de chiffres ». Les ERP (*Enterprise Resource Planning*), censés prendre à leur charge ce rôle de traitement et de cohérence de l'information pour laisser le temps au contrôleur de gestion de réfléchir sur la gestion de l'organisation, sont trop souvent, par leur lourdeur et leur rigidité, une source supplémentaire de retraitement de chiffres.

Ce sont sans doute les raisons premières de la non-adhésion à un nouveau système de calcul de coûts comme l'ABC. Il faut probablement que la distorsion entre le système de calcul de coûts et la réalité soit trop flagrante, voire dangereuse, pour que les entreprises mettent en œuvre de nouveaux outils. Toutefois, d'autres limites de la méthode expliquent également que, malgré les avancées, cet outil ne soit pas davantage utilisé.

## La difficulté à prendre en compte l'incertitude de l'information

La difficulté à prendre en compte l'incertitude des paramètres se manifeste de deux façons. La première est liée au fait que l'information devra généralement être recherchée au plus profond de l'organisation, ce qui peut créer diverses tensions et difficultés. La seconde est l'impossibilité d'obtenir certaines informations de façon précise.

La méthode ABC peut devenir rapidement ingérable si le système est trop complexe et demande de nombreux efforts de la part du personnel de l'entreprise. Il est d'ailleurs illusoire de croire que les outils informatiques résoudront tous ces problèmes.

Ainsi, Humphreys et Shaw-Taylor (1992)<sup>16</sup> donnent les exemples suivants pour illustrer la complexité de la méthode :

- Est-ce que le service achats fait des fiches horaires hebdomadaires et les remplit en déclarant le temps passé à se procurer les composants de chaque produit ?
- Quel est le coût des capacités économisées pris en compte ou à la limite est-ce que chaque ressource doit être enregistrée ?
- Si une société fabrique les produits A, B, C et D et décide de cesser B et D, peut-on réduire le service financier à la part prévue pour A et C ?
- Si le service de conception des produits consacre la moitié de son temps à des produits qui ne sont pas encore en phase de production, dont la moitié ne seront jamais lancés, à quoi les frais correspondants seront-ils attribués ?

Besson (1994)<sup>17</sup> constate qu'on oublie trop souvent le caractère peu malléable de l'information : les données de base ne sont pas disponibles, l'incertitude sur les chiffres ne permet pas de trancher une question, les mesures arrivent trop tard pour alimenter le processus de décision, les acteurs rechignent à donner les mesures d'activité nécessaires... La faisabilité technique et sociale de la mesure et donc de l'outil de gestion manque souvent aux concepteurs d'outils de gestion.

Prenons l'un des trois opérateurs de téléphonie mobile français comme exemple d'illustration de ce propos : cette entreprise étant du secteur de la haute technologie, il semble évident que toute l'information existe sous forme de base de données. C'est d'ailleurs le cas, puisque chaque client (plusieurs millions) est identifié en permanence par le réseau, ainsi que son profil, son statut actuel, ses consommations, etc. Si le client appelle les responsables commerciaux, ils sont à même de lui

---

<sup>16</sup>Cités par Lacombe (1997).

<sup>17</sup>Cité par Lacombe (1997).

donner en temps réel toutes les informations le concernant (dernières communications passées, état actuel de la facture...) et de modifier les attributs de sa ligne en temps quasi réel. En revanche, étant donné le volume d'informations et sa criticité dans le fonctionnement du système, l'accès à des agrégats est déjà beaucoup plus compliqué. C'est-à-dire que l'information unitaire et parcellaire existe, mais que l'accès à des données plus synthétiques est difficile. Afin de ne pas ralentir ce système, des transferts de données sont organisés tous les mois à destination du système intégré de gestion (*Enterprise Resource Planning*). Cependant, étant donné la masse d'information, tout le détail ne peut y être entré. Ainsi vont être transférés dans l'ERP des totaux correspondant à différents types d'abonnements. Le contrôle de gestion ne pourra donc pas faire d'analyses très poussées sur la base des chiffres qu'il aura dans son système (impossibilité d'effectuer des traitements par type de client, ou par client par exemple). Nous voyons donc là une illustration allant au-delà de la première remarque de Besson : les informations de base existent, mais ne sont *techniquement pas disponibles*.

Un deuxième exemple significatif peut être cité pour illustrer ce problème. Il se situe chez le même opérateur de téléphonie mobile. L'entreprise vend des forfaits assortis d'une promotion particulière : le client bénéficie pendant 3 mois d'un forfait téléphonique de 4h et de 3 options, avant de se décider pour le type de forfait et les options qu'il choisit. Les intermédiaires ayant vendu ces produits reçoivent forfaitairement une avance sur commission sur la base de leur nombre de ventes, puis trois mois plus tard, un ajustement est apporté selon le forfait et les options choisies par le client à terme. Le coût d'acquisition du client est ainsi différent selon sa qualité, puisque l'apport d'un bon client sera mieux rémunéré à l'intermédiaire que celui d'un client à faibles revenus. Le problème qui se pose dans ce cas au contrôleur de gestion est de prévoir combien de forfaits de chaque type l'entreprise a pu vendre. En sachant que l'entreprise active 25 % de ses lignes annuelles en décembre, que la clôture comptable est effectuée le 31 décembre, que ces prévisions vont servir à calculer les charges de l'année en cours, mais aussi les revenus prévisionnels de plusieurs années suivantes, quel crédit accorder aux calculs de rentabilité par produit effectués par le contrôle de gestion ? Nous sommes ici dans un cas de figure où, bien que l'activité soit déjà du domaine du passé (les lignes sont déjà vendues), l'entreprise reste en situation d'incertitude quant à ses coûts et à ses revenus.

Nous voyons donc que le surcroît d'informations demandé par la méthode ABC se heurte au caractère souvent imparfait de l'information de gestion. Ce surcroît d'information nécessité par la méthode pose également une autre difficulté : celle de l'arbitrage entre un modèle en quête de précision, et un modèle en quête de pertinence.

### ***Les coûts exacts n'existent pas***

Le modèle en quête de précision est relativement utopique, ne serait-ce que parce que les coûts exacts n'existent pas :

*« [...] Respectant la relation de cause à effet lors de chacune des étapes, on en déduit que le coût des objets est exact. Cette proposition est acceptable dans son principe, mais sa mise en œuvre montre que l'on se heurte rapidement à des difficultés insurmontables dès lors que l'on se focalise sur le produit comme objet de coût. Or la quasi-totalité de la littérature et des projets est concentrée sur cette notion de coût de produit, la nouvelle architecture de calcul des coûts est censée fournir des coûts de produits exacts ou plus exacts. Au simple plan de la logique formelle, soulignons que pour affirmer que l'on obtient des coûts plus exacts il faudrait disposer d'un point de comparaison qui en l'occurrence ne pourrait être que le coût exact lui-même<sup>18</sup> ! Lequel par définition est inconnu, sinon on ne chercherait pas de coût « plus exact » ! »*

MÉVELLEC (1996A)

Mévellec montre qu'en dehors de la matière et des composants (et éventuellement la main-d'œuvre directe) les autres consommations doivent faire l'objet d'une analyse au sein des briques de base du modèle que sont les activités.

En outre, les coûts continuent d'être perçus comme des indicateurs de performance alors qu'ils ne sont que des indicateurs d'efficience lesquels peuvent être totalement déconnectés de l'efficacité. Un coût d'heure-machine faible est un signe d'efficience dans l'utilisation du moyen, mais peut très bien ne pas correspondre à un fonctionnement efficace si une bonne partie de la production est stockée (Mévellec, 1996b). Mévellec (1996a) pense que l'ensemble de ces difficultés tient

---

<sup>18</sup>A. Deteuf écrivait déjà en 1937 qu' « il est absolument impossible de calculer sérieusement un coût de revient unitaire. » Il illustre son propos par le cas suivant : « je vais au marché, j'achète 5 kilos de choux pour 10 francs et 5 kilos de carottes pour 20 francs. Mais je dépense, à l'aller et au retour, 3 francs d'autobus. Quel est le prix de revient de mes carottes ; quel est celui de mes choux ? Dois-je répartir mes frais de transport à raison de 1/3 aux choux et 2/3 aux carottes ? C'est raisonnable, puisque après tout mon prix global de 30 francs a été augmenté de 3 francs, c'est-à-dire que mes frais totaux ont été accrus de 10 %.. Dois-je les appliquer à égalité aux choux et aux carottes ? C'est raisonnable aussi, puisque j'ai acheté le même poids des uns et des autres et qu'ainsi ils ont exigé le même transport. Mais si la seule chose que j'avais le désir d'acheter était un lot de choux, et si j'ai acheté les carottes en plus parce qu'elles m'ont paru une occasion avantageuse, ne dois-je pas attribuer aux choux le total de mes dépenses d'autobus ? Après tout, c'est bien sûr ce prix total que j'avais compté, au moment où je partais au marché avec la seule intention d'acheter des choux. Voilà trois façons également raisonnables de répartir mes frais généraux. Selon la méthode que j'adopterai, mes choux me reviendront 2F20 ou 2F30 ou 2F60 le kilo et les carottes 4F40 ou 4F30 ou seulement 4 francs. Quel est le prix réel de chaque légume ? Je peux choisir » (Cité par Bouquin (1995a)).

à une insuffisante réflexion sur la nature du système, qui est d'abord et principalement « *une modélisation du fonctionnement de l'organisation avant d'être un support possible pour le calcul de coût d'objets, parmi lesquels le produit n'est qu'un exemple* » .

Nous voyons donc que non seulement le coût exact n'existe pas, mais en outre le calcul exact d'un coût n'aurait pas forcément un grand intérêt. L'intérêt résiderait plus dans la modélisation de l'organisation fournie par l'ABC.

### ***La difficulté d'arbitrer entre une modélisation de type mécaniste ou constructiviste***

La distinction entre mécanistes et constructivistes (Burlaud, 1997), représente la dichotomie observée entre les partisans du coût exact et les tenants de la transversalité de l'entreprise. Deux façons d'envisager la méthode ABC coexistent donc, la première, pointilleuse, nécessitant l'emprise de la méthode sur toute l'organisation, la seconde cherchant plus à dégager des tendances stratégiques au travers du management des activités et des processus. La question du type de modélisation à adopter est très discutée dans la littérature, mais le débat semble pencher en faveur des constructivistes. À l'inverse, dans la pratique, l'ABC des mécaniciens est sans doute l'interprétation la plus courante.

Dès 1992, Johnson fait remarquer que le système de coûts ABC ne résout pas les problèmes, puisqu'il continue à prôner le cloisonnement, chacun allant chercher à améliorer sa performance locale au détriment de la performance globale. Il pense qu'il faut cesser de superviser les individus d'en haut grâce à une information comptable centralisée, et permettre à chaque catégorie d'acteur de contrôler les processus de gestion qui la concernent, dans le cadre d'une ouverture de l'entreprise aux exigences et besoins des clients. Selon lui, la gestion commune de la valeur des processus passe par le décroisonnement des unités et l'assouplissement de la ligne hiérarchique. Il faut noter que cette remarque date de l'époque où le paradigme dominant de l'ABC est l'amélioration du calcul des coûts (notamment chez les Américains dont les systèmes traditionnels de calcul des coûts créaient le plus de distorsions).

Bouquin (1997, p. 306), toujours au sujet de cette dichotomie, constate que « *[l]e CAM-I préconise, comme bien d'autres, des organisations centrées sur le client, ce qui revient à mettre en évidence les processus et à décroisonner. Mais les obstacles restent nombreux et peu d'entreprises, même au sein du CAM-I où l'on est conscient de l'enjeu, ont revu leur structure. Avant de prescrire, il serait urgent d'observer les méthodes employées par les rares entreprises qui se sont risquées à rénover leur logique organisationnelle. D'autre part, les contradictions relevées [...]*



*entre les rôles possibles des budgets subsistent. Elles sont en partie indépendantes de la configuration structurelle, elles tiennent spécialement à un conflit entre la rationalité des managers locaux, pris dans un système de motivation où les budgets jouent un rôle clé, et celle de la hiérarchie. Les propositions nouvelles n'abordent jamais cette question, sauf en procédant par affirmation, comme s'il était acquis que les acteurs rationnels adhèreraient immanquablement à ce qui est rationnellement construit. Cette attitude, implicite chez la plupart des partisans anglo-saxons de l'ABC-ABM, pour naïve qu'elle soit, n'est pas nouvelle. Ils ont oublié que, s'il faut faire appel à la sociologie pour comprendre la décadence des outils budgétaires classiques, on ne pourra pas non plus s'en passer pour enclencher d'autres dynamiques. Ils sont, en cela, les dignes héritiers du taylorisme. »*

Keys et Lefevre (1995) proposent une solution « à mi-chemin » entre les deux positions avec le DABM (*Departmental Activity-Based Management*) en lieu et place de l'ABM. La différence est que dans le DABM, on maintient la phase 1 des méthodes traditionnelles, c'est-à-dire que l'on affecte les coûts aux départements et non aux activités. En revanche, on se servira des inducteurs de coûts à base de cause, comme dans l'ABC, pour rattacher les coûts des départements aux objets de coûts (clients ou produits par exemple). L'intérêt de cette méthode est qu'elle répondrait aux inefficiences des méthodes traditionnelles en utilisant un autre inducteur de coûts que la main d'œuvre directe et elle introduirait la causalité dans le rattachement des coûts. Elle serait également mieux acceptée par le personnel, car elle serait proche des méthodes traditionnelles. Il serait, en outre, plus facile de repérer les responsabilités par rapport aux coûts dans l'entreprise : il serait plus aisé de donner des objectifs à des responsables de départements qu'à des managers d'activités (qui, par définition, sont transversales).

*« Ces auteurs américains, croyant proposer une méthode nouvelle qui ne posséderait pas les limites de l'ABC ou des méthodes traditionnelles, ne font en réalité que proposer une bonne application de la méthode des sections homogènes »* (Lacombe, 1997, p. 78).

Au-delà du simple débat sur l'intérêt, à l'aide de la méthode ABC, de calculer des coûts les plus « exacts » ou de réfléchir sur la stratégie de l'entreprise, se cache certainement un problème d'ordre pratique : quelle place pour l'ABC dans le système d'information de l'organisation ? Car il faut effectivement qu'un système continue à calculer certains coûts qui pourraient sembler très « terre-à-terre », mais qui constituent néanmoins des obligations légales (la valorisation des stocks, par exemple). Et la taille et la lourdeur d'un système à destination légale (avec toutes les contraintes de conformité que cela comporte : commissariat aux comptes) risquent bien d'étouffer toute vision stratégique qui ne soit pas à court terme.

Nous pensons ainsi à l'exemple d'une société de la région lyonnaise que nous

avons contacté dans le cadre d'une recherche en vue d'étudier les avantages de l'utilisation de l'ABC. Le service financier de cette entreprise industrielle a passé une année, assisté d'un cabinet de conseil, pour mettre en place un prototype de système d'information ABC. Au bout d'une année, les résultats ont été présentés à la direction, qui a mis un terme au projet, estimant que cela ne lui apprenait rien. Le directeur financier nous a confié que le dirigeant de cette moyenne entreprise était quelqu'un de très charismatique, qui savait drainer la motivation de ses collaborateurs, et qui était un adepte du management par projet. Cette personne avait jugé le projet inintéressant, car elle estimait qu'au niveau des coûts, même si son système de comptabilité industrielle (très développé) n'était pas parfait, elle en connaissait de toute façon intuitivement les biais, et estimait donc le coût de la mise en œuvre de l'ABC injustifié. Quelles conjectures pouvons-nous émettre à partir de cet exemple ? Nous pensons que le désintérêt pour la méthode, venant d'une personnalité telle que celle de ce dirigeant, vient certainement du fait que lui a été présenté un ABC des mécaniciens. Une modélisation très simple, sur un tableau, mais donnant une lecture stratégique des activités de son entreprise n'aurait sans doute pas déplu à ce dirigeant.

Par rapport à la nécessité de calculer les coûts précisément, Mévellec (1993) fait remarquer que « *[l]e facteur déterminant de la perte de cohérence d'un système de coûts n'est [...] pas le poids de la main-d'œuvre directe dans ce coût, mais sa cohérence par rapport au discours de l'entreprise qu'est la stratégie.* »

Lorino (1996, p. 25), dans son principe du pilotage n° 6, précise le statut des outils de gestion : ce sont « *non pas des images fidèles, mais des supports imparfaits pour apprendre* » .

Ainsi, faudrait-il abandonner la recherche de l'exactitude pour se tourner vers plus de pertinence stratégique de l'outil ?

A propos de l'approche constructiviste, Bouquin (1997, p. 35) remarque que « *[l]'approche de l'entreprise à partir de ses processus conduit d'ailleurs à transformer la démarche classique du contrôle de gestion. En effet, dès lors que l'on ne fonde pas l'analyse sur les frontières juridiques de l'entreprise et son organigramme, on est amené à décrire un produit comme le résultat de processus directement ou indirectement consommés par lui. Certains sont organisés par l'entreprise (on parle de chaîne de valeur interne). D'autres lui échappent, mais influencent son fonctionnement, sa performance, et se trouvent en amont et en aval (chaîne de valeur externe). Parmi ceux qu'organise l'entreprise, certains sont effectués par elle-même et d'autres sont confiés à l'extérieur (ex : faire assurer sa distribution par un réseau de franchisés). Une distinction fondamentale apparaît donc entre les processus que l'entreprise organise et ceux qu'elle subit, plutôt qu'entre les pro-*

*cessus qu'elle effectue, ses frontières juridiques et ceux qui sont mis en œuvre à l'extérieur. La stratégie consiste, entre autres choses, à choisir les processus que l'on organise, les actions qui en renforceront le contrôle (partenariat par exemple), le périmètre juridique qui les intègre en partie ou en totalité. Pour le contrôle, de gestion en particulier, la logique de référence est avant tout celle des processus organisés par l'entreprise, pour lesquels les managers doivent disposer des conditions de la maîtrise recherchée. »*

Mévellec à la table ronde organisée par l'association Dauphine Compta 124 (1997) estime que les déterminants des systèmes de comptabilité analytique de demain sont à la fois d'ordre interne : ils vont se déduire de la stratégie de l'entreprise, des avantages concurrentiels de l'entreprise sur lesquels elle veut construire son avenir ; et d'ordre externe : ils doivent se construire en tenant compte de la définition de la performance par l'environnement c'est-à-dire en particulier par la façon dont l'environnement secrète la notion de valeur parce que sans valeur, il n'y a pas de performance. L'auteur anticipe que les coûts de revient nouveaux seront considérés comme des signaux adressés à travers l'entreprise, signaux qui seront en nombre extrêmement restreint. Il imagine ainsi des systèmes de coût très simples, très agrégés, donc forcément inexacts, mais véhiculant des signaux fortement articulés sur la stratégie et déclinés sous la forme de mesures de performance dans les différents systèmes.

Besson <sup>19</sup> résume la difficulté de l'arbitrage entre conception mécaniste et conception constructiviste par cette remarque : *« Ce qui pose problème aujourd'hui, c'est cette conception monolithique du système de mesure des coûts de revient. C'est la raison pour laquelle je pense que l'avenir est à un système modulaire et réticulaire de mesure, permettant de satisfaire des besoins de connaissance des coûts de plus en plus diversifiés, allant de l'analyse stratégique à la gestion courante. »*

Pour conclure, nous retiendrons qu'il y a deux façons d'envisager la méthode ABC, qui *a priori* sont exclusives l'une de l'autre :

- la première est de la concevoir comme un puissant outil de calcul de coûts, ce qui implique sa substitution à tous les systèmes d'information locaux ou globaux déjà en vigueur dans l'entreprise ;
- la seconde est d'utiliser la méthode ABC dans une perspective macroscopique, afin de décrire et de valoriser le fonctionnement de l'organisation.

Cependant, nous objecterons que même en postulant que la meilleure approche à l'aide de la méthode ABC est celle des « constructivistes », nous ne voyons pas

---

<sup>19</sup>Besson P., Responsable ABC du groupe Bull, Table ronde « Où va la comptabilité d'activité ? », Association Dauphine Compta 124, 1997.

comment il serait possible d'utiliser en toute confiance avec approximation un outil qui, par essence, demande pour fonctionner à être alimenté par une quantité accrue d'information. Il y a là, en effet, un paradoxe de taille, qui pourrait bien expliquer le relatif échec de la méthode ABC, ainsi que son interprétation généralement « mécaniste » dans la pratique. Même si Cooper et Kaplan (1988, p.112) estiment que « *les managers peuvent prendre de bonnes décisions sur la base de coûts approximatifs (plus ou moins 10 %)* », la difficulté ne provient pas de l'acceptation de l'approximation – finalement relativement courante dans les données gestionnaires – *mais plutôt de sa « traçabilité » dans cette modélisation complexe qu'est l'ABC.*

## La difficulté à traiter la notion de valeur

Une autre difficulté de l'application de l'ABC, même si son intérêt pour la lecture stratégique de l'organisation est clair, réside dans la mise en application de certaines recommandations. Ainsi, si pratiquement tous les auteurs s'accordent à penser que ce n'est plus l'information prix qu'il faut confronter à l'information-coût, mais qu'il faut lui substituer la notion de valeur, la procédure pour traiter cette information « valeur » reste pour le moins « vague » !

En effet, s'il est facilement concevable que l'entreprise décide d'un prix auquel elle pourra commercialiser un produit, et qu'en fonction de ce prix, elle en déduise les processus de fabrication et les attributs (*target costing*), il est plus difficile de comprendre comment elle pourra traiter l'information « valeur » du produit. Un échantillon de personnes interrogées sur la valeur de tel ou tel attribut à leurs yeux aura à coup sûr des perceptions relativement divergentes sur le sujet. Comment faudra-t-il dès lors traiter cette information ? En prenant la moyenne, la médiane des réponses ? En outre la valeur est une notion particulièrement fugace, qui peut évoluer très rapidement en fonction des produits et services offerts sur le marché – dont certains sont parfois le fait de concurrents très éloignés des activités traditionnelles de l'entreprise – et il peut-être dangereux d'établir toutes ses stratégies vis-à-vis d'une représentation trop précise de celle-ci.

Au niveau de la « localisation » de cette analyse coût / valeur, Mévellec (1996a) précise qu'elle doit se faire au sein des processus, qui matérialisent l'attribut perçu par le client, et que descendre au niveau de l'activité n'aurait pas de sens, puisque l'activité ne correspond pas à quelque chose de palpable pour le client : « [...] *la valeur est coproduite lors de l'échange de la production avec un tiers externe, elle doit, de ce fait, être analysée non au sein de telle ou telle activité, mais dans un ensemble plus vaste, un processus, délivrant un attribut porteur de valeur.* »

## Un outil plus réactif que proactif

La dernière limite de la méthode ABC est la vision réactive de ses analyses si l'on se place dans le cas de ruptures dans le fonctionnement « usuel » de l'organisation. Allen (1989, p. 21) a été particulièrement virulent envers l'orientation « passéiste » de nombreuses analyses ABC. Une analyse appropriée devrait prendre en compte les évolutions internes ou externes à l'entreprise et la valeur-temps de l'argent (Piper et Walley, 1991, p. 42). La méthode ABC utilise plutôt un petit échantillon d'informations historiques et les extrapole simplement sur le long terme. C'est une sérieuse déficience de la méthode ABC, surtout dans des situations où l'environnement évolue rapidement.

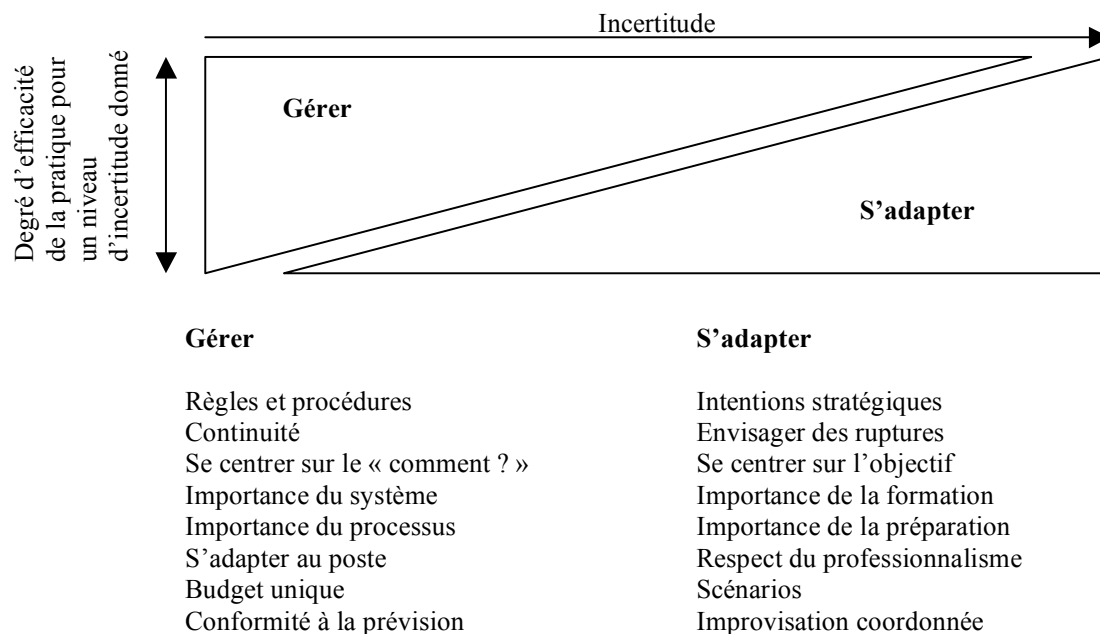
Ardouin (1994) souligne que les outils de contrôle de gestion actuels apparaissent comme un frein au changement et à la souplesse nécessaire plutôt que comme une aide à la gestion des entreprises :

- ils sont plutôt orientés vers la continuité que vers le changement en donnant une priorité au business existant et aux résultats à court terme ;
- ils sont centrés sur des mesures économiques des résultats et non pas sur les processus qui permettent de créer la performance ;
- ils demandent une séparation des responsabilités et non pas un travail d'équipe pour maîtriser les processus qui permettent de satisfaire les besoins des clients.

Ardouin (1994) remarque ainsi que le contrôle de gestion sert surtout à aider la direction générale et les responsables opérationnels à maîtriser la gestion à court terme. Il constate qu'il faudrait perfectionner les outils de programmation et de mesure de performance pour suivre à la fois la gestion des activités courantes et la mise en œuvre du changement quant à la mobilisation des moyens en hommes, les délais de mise en œuvre et les résultats. Dans des circonstances économiques de forte incertitude, l'approche classique de contrôle de gestion n'est pas forcément pertinente. La question n'est plus de gérer, mais de s'adapter rapidement au changement. Gérer au sens classique suppose des décisions « programmées » sur la base de règles et procédures et une relative continuité de l'environnement. Plus l'environnement, la commercialisation ou la technologie deviennent incertains, difficiles à prévoir, plus cette approche très formalisée devient inefficace (voir figure 1.9 page suivante).

La démarche d'adaptation s'appuie plutôt sur une « improvisation coordonnée ». Les formes détaillées et bureaucratiques de contrôle de gestion deviennent un handicap et ne permettent pas d'assurer une communication efficace. Il faut laisser une grande autonomie au « terrain ». Dans ce cas, l'étude et la préparation

FIG. 1.9 – Les outils pour faire face à l'incertitude changent avec le degré de celle-ci



*Source : Ardouin (1994)*

de scénarios sont plus importantes que le respect du budget avec explication détaillée des écarts mensuels. Le contrôle de gestion doit alors se focaliser sur d'autres aspects que la préparation budgétaire et le reporting centrés sur les résultats monétaires. Il doit s'axer sur la clarté des objectifs, la motivation des hommes, la qualité de la communication, la gestion prévisionnelle des risques et la gestion des incidents.

La méthode ABC, comme les outils de comptabilité de gestion antérieurs, est donc plus tournée vers la constatation du passé que vers l'anticipation du futur. Pour qu'un futur soit envisageable par cette méthode, il faut qu'elle soit dans la droite continuation du passé, ce qui l'handicape dans l'environnement actuel.

Ainsi, les outils de comptabilité de gestion sont apparus durant la première industrialisation, afin de rendre aux managers une information perdue : celle du prix auquel la production nouvellement rationalisée devait être vendue. Ces outils se sont ensuite développés – outils de supervision ou de décentralisation – mais toujours ancrés dans un modèle économique simple – dans lequel l'offre guide la demande – et focalisés sur l'optimisation de la production dans un environnement stable et peu complexe.

La conception mécaniste de l'organisation sur laquelle reposent les outils de comptabilité de gestion n'est devenue une cause de distorsion que lorsque l'environnement des entreprises a progressivement évolué. En effet, durant la seconde moitié du  $XX^E$  siècle, le renversement entre l'offre et la demande, la concurrence mondiale et l'évolution des habitudes des consommateurs ont rendu l'environnement des entreprises plus incertain, et ont eu tendance à « tertiariser » l'économie ainsi que l'organisation des services de l'entreprise.

Les outils de comptabilité de gestion ont eu du mal à s'adapter à cette complexité croissante, et se sont peu à peu retrouvés en porte à faux, jusqu'à ce qu'un collectif de professionnels, de consultants et de chercheurs travaille au renouvellement de ces outils.

Cette réflexion collective a donné naissance à la méthode ABC. Celle-ci permet un calcul des coûts moins biaisé et surtout une représentation plus fidèle des véritables déterminants de la pérennité et de la performance de l'organisation. Par le renouvellement de la représentation de l'organisation qu'elle permet, elle constitue certainement un très bon outil de coordination et de mise en tension de celle-ci (ABM).

Cependant, malgré des résultats et applications théoriques très prometteurs, l'ABC possède plusieurs limites, ce qui peut expliquer la non-utilisation massive de la méthode, malgré les solutions qu'elle apporte. De cette réflexion, nous tirons les conclusions suivantes :

- l'augmentation du nombre de données à entrer dans une modélisation ABC rencontre comme principale difficulté le caractère souvent imparfait des informations de gestion ;
- il existe deux façons exclusives l'une de l'autre de concevoir la modélisation de l'organisation au travers de l'ABC : la première donne la primauté à la précision, il s'agit de l'ABC des mécaniciens, la seconde préfère la pertinence stratégique, c'est l'ABC des constructivistes. Cependant, l'adoption de la seconde conception semble difficile du fait qu'elle abandonne la précision, précision réclamée par les nombreux inducteurs de la méthode ;
- le suivi de la valeur, prôné par tous, et permis en théorie par la méthode ABC par le biais des processus, est difficile à inclure en pratique dans le modèle, car la valeur est en effet une variable dépendante de la perception et de la subjectivité humaine, et elle ne constitue donc certainement pas un chiffre unique ;
- la méthode ABC est un outil passéiste, elle ne peut qu'effectuer des constatations et ses simulations se font sur la base des performances passées, ce qui constitue un handicap dans un environnement turbulent.

Si l'ABC semble avoir résolu le problème d'une modélisation du fonctionnement de l'entreprise plus cohérente pour le manager, grâce au découpage des consommations selon leurs causes et grâce à l'explicitation de la transversalité des processus, elle bute cependant – ainsi que le montrent les limites évoquées – comme ses ancêtres, sur la problématique de l'incertitude inhérente aux données de gestion, incertitude renforcée par la turbulence croissante, perçue ou réelle, de l'environnement.

## **1.2 Limites persistantes des outils de contrôle de gestion face à l'incertitude de l'environnement et aux caractéristiques de ses utilisateurs**

Les outils traditionnels du contrôle de gestion reposent, pour des raisons historiques, sur une modélisation mécaniste du fonctionnement de l'organisation. L'histoire explique vraisemblablement également le fait qu'ils n'aient pas été conçus pour gérer l'incertitude. Malgré le décalage ressenti entre l'information donnée par ces outils et la réalité de l'environnement et du fonctionnement de l'organisation, le renouvellement majeur des outils – proposé par la méthode ABC – n'a pas pris en compte cette problématique de l'incertitude. Au contraire, la multiplication des indicateurs demandés par la méthode ABC n'a fait que renforcer ce problème, et sans doute ajouté à la perte de confiance des managers dans les outils du contrôle.

La distorsion perçue entre les informations véhiculées par les systèmes de contrôle et la réalité des phénomènes gestionnaires vient en fait d'une double déconnexion des outils avec leur raison d'être.

Premièrement, ils ne savent pas gérer tout ce qui est du domaine de l'incertain et du non-quantifiable, ce qui les rend relativement « subjectifs » et « parcellaires » par rapport aux problématiques auxquelles sont confrontés quotidiennement les managers. Il y a donc une première limite liée à l'interfaçage *input* des outils, avec les données qu'ils sont censés représenter.

Deuxièmement, les outils dans leur conception, ne tiennent pas compte des « particularités » liées au fonctionnement de leurs utilisateurs. La seconde limite se situe donc au niveau de l'interfaçage *output* des outils.



### 1.2.1 La difficulté à gérer l'incertain et le non-quantifiable

Guihéneuf (1967)<sup>20</sup> enseigne que la conception traditionnelle du contrôle de gestion repose en grande partie sur les hypothèses de la théorie classique des organisations :

- les agents sont rationnels,
- la motivation essentielle est la maximisation du profit (ou de l'argent) pour un minimum d'effort (ou de risque),
- l'incertitude est faible et les données sont fiables (hypothèse de transparence),
- l'environnement (y compris la concurrence) est stable et ne provoque pas d'effets majeurs à l'intérieur de l'organisation (hypothèse d'atomicité).

Lauzel et Teller (1997, p. 295)<sup>21</sup> constatent que le contrôle de gestion classique est généralement conçu sous un double aspect :

- l'aspect statique qui met l'accent sur la vérification du système,
- l'aspect dynamique qui insiste sur la maîtrise du système et sur son adaptation permanente.

Dans le premier cas, le contrôle de gestion consiste dans la mise au point d'un processus d'accumulation d'informations visant à établir des responsabilités. Dans le second cas, il s'agit d'un système d'adaptation aux variations de l'environnement en tenant compte des effets de « feed-back » par des actions correctives.

Ces deux conceptions ont deux caractéristiques communes essentielles :

- la prévision commerciale est déterminante ; le programme d'activités est conçu à partir du budget des ventes et les autres budgets sont induits par *l'objectif initial* ;
- l'élaboration des budgets se fait à partir d'une seule hypothèse : *la plus probable*.

La critique essentielle que Lauzel et Teller formulent est la suivante :

- on ne peut pas *calculer le risque associé aux différents objectifs* ;
- on ne sait pas dans quelle mesure les *écarts constatés entre prévisions et réalisations sont significatifs* ;
- les variables critiques qui font l'objet de la prévision sont *implicitement supposées indépendantes*. Si l'on veut intégrer ces différents aspects dans les techniques de contrôle de gestion, il convient, dès le départ, d'opérer une distinction quant au degré de dépendance entre les variables qui font l'objet

---

<sup>20</sup>Cité par Lauzel et Teller (1997, p. 50).

<sup>21</sup>Nous reproduisons ici leur propos.

d'une prévision.

Si l'élaboration des budgets se fait à partir de la valeur la plus probable, il semble communément admis qu'il est logique de compléter un budget qui serait basé sur des hypothèses « moyennes » par deux autres budgets, le premier basé sur des hypothèses basses et le second sur des hypothèses hautes – une telle pratique dépendant bien sûr du temps réservé à la réflexion budgétaire<sup>22</sup> et de sa complexité. Lauzel et Teller proposent d'ailleurs cette solution, mais avec l'adjonction d'une probabilité pour chaque scénario (p. 300).

Dans la pratique, une telle conception se heurte cependant à deux écueils :

- la procédure budgétaire est souvent lourde, et bien souvent gérée « manuellement »<sup>23</sup>, ceci soit parce que le système ne permet pas, ou n'est pas configuré de manière à consolider les budgets, ou encore parce que les objectifs de l'année à venir prévoient de nouvelles activités / branches, de nouveaux indicateurs (ratios) ou encore une réorganisation des services de l'organisation que l'architecture du système de contrôle budgétaire en place ne reflète pas encore.
- l'établissement du budget étant classiquement dans l'organisation un moment de redéfinition des périmètres de pouvoir de chacun et des objectifs à venir :
  - le choix de la valeur la « plus probable »<sup>24</sup> est déjà généralement un long débat qui dépasse souvent la date butoir prévue pour la fin des budgets ;
  - face à l'importance stratégique de la valeur la « plus probable », il y a peu de chances que le responsable accepte de livrer ses hypothèses basses et hautes en toute transparence.

Webb (2002) constate d'ailleurs que les budgets traduisent fidèlement le *slack* organisationnel au travers d'un *slack* budgétaire, c'est-à-dire un biaisement intentionnel des objectifs budgétaires de performance sous leurs niveaux réellement espérés : les recettes seront sous-estimées et les coûts surestimés.

Ces phénomènes cantonnent l'usage de trois budgets (moyen, bas et haut) à des cas :

- de simulation stratégique sur quelques variables clé, simulation faite au plus haut niveau de l'organisation ou par un porteur de projet seul ;

---

<sup>22</sup>Ce genre d'approche est souvent nommé dans les tableaux « scénarios », et il convient alors de ne pas confondre ces simulations successives sur des variables *a priori* continues avec la « méthode des scénarios » telle que pratiquée par Godet (2001), pour laquelle chaque scénario représente une « rupture » par rapport à un cours des choses moyen.

<sup>23</sup>Nous entendons par là par le biais de tableur et consolidations successives, gérés directement par les contrôleurs de gestion.

<sup>24</sup>En général, il s'agit *a priori* de la valeur qui maximise les revenus du responsable du périmètre de ladite variable compensée de l'arbitrage fait par la hiérarchie.

- d’organisation dans laquelle les jeux des acteurs accepteraient de laisser place à un intérêt plus général qui serait celui de la personne morale qui les accueille ;
- éventuellement dans des cas d’organisation où l’intéressement des managers ne serait pas indexé à la performance de leur périmètre, mais selon des indicateurs prenant plus en compte l’intérêt de la personne morale qui les emploie.

Au sujet de l’aspect « politique » des outils du contrôle de gestion, nous pouvons noter que même au niveau de l’ABC, réputé pour son calcul plus « fidèle » des coûts, Lorino (1996, p. 167-171) apporte une précision sur les unités d’œuvre. Il remarque que si, en général, on cherchera à les définir les plus réalistes possible, « miroir du processus » (« choisir l’output normal de l’activité, ce que l’on attend d’elle »), certains préféreront définir des unités d’œuvre « *vecteur d’influence* » et les structurer en fonction des effets comportementaux désirés. Le coût n’est alors plus vu comme une « mesure objective », mais comme signal, une pratique dont les Japonais usent couramment.

Malgré les propositions d’adaptation et de contextualisation telles que celles de Lauzel et Teller, un nombre croissant d’articles (Hope et Fraser, 1997, 1999 ; Wallander, 1999 ; Ekholm et Wallin, 2000 ; Berland, 1999, 2002, 2004) relatent la remise en cause voire l’abandon de pratiques aussi ancrées que le Contrôle Budgétaire.

### 1.2.1.1 La remise en cause du Contrôle Budgétaire

Nous allons à présent plus particulièrement axer notre discours sur le budget pour deux raisons :

- par sa vocation de prévision et de description de l’avenir souhaité, il est l’outil qui se rapproche le plus de la stratégie et de la « vision » que l’organisation peut avoir de son avenir ;
- c’est lors de l’établissement d’un budget – ou plus encore lors de l’établissement d’un plan d’affaires – que la distorsion entre l’imperfection de l’information disponible et la nécessaire perfection de l’information entrée dans le modèle se fait sentir, même si cette distorsion peut parfaitement être ressentie sur des chiffres portant sur le présent <sup>25</sup>.

Le contrôle de gestion traditionnels et donc le budget correspondent à une quantification « mesurable » de l’entreprise et ne permettent pas de gérer la valeur, par exemple. Or la valorisation boursière de certaines entreprises, même fortement industrialisées, est constituée pour plus de 80 % de capital humain et intellectuel,

---

<sup>25</sup>La valeur d’une marque ou d’une provision, par exemple.

comme le remarquent Hope et Fraser (1997). L'entreprise moderne, en gérant des actifs immatériels de plus en plus importants, se trouve avec une partie croissante de sa valeur qui reste invisible de la comptabilité et des budgets. Hope et Fraser citent le cas de *Coca-Cola*, qui avec une part de son actif immatériel représentant 96 % de sa valeur, ne voit que 4 % de sa valeur surveillée et pilotée par le système de contrôle de gestion.

Pour Berland (2002), la période budgétaire d'un an ne correspond plus au rythme de changement des conditions de l'environnement. Il faut donc pour garder le repère réviser les budgets trimestriellement, voire mensuellement, ce qui est impossible étant donné la lourdeur et le coût des budgets traditionnels.

Pour contrer la péremption rapide du budget et sa non-prise en compte des actifs immatériels, les tenants de la suppression des budgets proposent comme outils substitutifs l'utilisation de *rolling forecasts*. Il s'agit de plans révisables préparés par les gestionnaires (souvent trimestriellement) et utilisés pour la prévision de la trésorerie et non pas des coûts. Ces *rolling forecasts* permettent d'organiser les ressources financières à venir, mais ne constituent pas des engagements de la part des responsables, ce qui permet d'éviter toute la procédure bureaucratique liée aux budgets et permet donc gain de temps et légèreté (Hope et Fraser, 1997; Wallander, 1999).

En parallèle de ces outils financiers, les auteurs proposent de suivre l'évolution de facteurs qualitatifs non financiers, car ce sont eux qui conditionnent le changement des indicateurs financiers et qui sont les vrais inducteurs de valeur et de motivation (Hope et Fraser, 1999; Wallander, 1999), et d'effectuer des comparaisons de ceux-ci – ainsi que quelques indicateurs financiers tels que le ROI – inter-entreprises d'un même secteur, intersecteur, ou même intersuccursale d'une même entreprise, plutôt que de les rapprocher d'une prévision budgétaire périmée (Wallander, 1999). Mintzberg (1990, p. 108) affirme lui-aussi que lorsque l'environnement est instable ou que l'organisation a besoin de stratégies innovatrices, alors la planification stratégique n'est pas la meilleure approche pour l'élaboration de la stratégie. Ekholm et Wallin (2000) remarquent que le rôle du budget annuel est maintenant surtout de communiquer des informations aux actionnaires et aux autres parties externes intéressées. Ils montrent que son rôle en tant que mécanisme de gestion est largement dépassé. Le budget est un bon moyen d'obtenir une « efficacité interne », mais il est peu adapté à l'optimisation de l'« efficacité externe », nécessaire en environnement incertain concluent Ekholm et Wallin (2000). Berland (2000) qualifie sur la base de cet argument, le budget d'« outil de gestion daté ».

Nous voyons donc qu'une série de critiques fortes s'oppose au contrôle budgétaire, qui est accusé « cristalliser » les objectifs de l'organisation alors que celle-ci doit être capable de « naviguer à vue » et de s'adapter rapidement plutôt que d'essayer de se replacer sur une trajectoire définie à l'avance et obsolète par rapport aux nouvelles données de l'environnement (Wallander, 1999).

Gervais et Thenet (1998, p. 85) tempèrent ces critiques en constatant que « [...] la planification et la gestion budgétaire restent des outils indispensables au bon fonctionnement des organisations, à condition de ne pas en faire des stéréotypes, mais des instruments en phase avec le contexte du moment. En période d'instabilité, leur finalité est moins d'allouer les ressources pour optimiser le fonctionnement de l'entreprise par rapport à un plan prédéfini, que de retrouver du sens à la situation en observant, en analysant, en expérimentant et en donnant aux décideurs la possibilité de réorienter rapidement en cas d'erreur. »

On peut, en outre, constater que – même si c'est l'acception traditionnelle du budget qui est critiquée, avec sa durée d'un an et son processus bureaucratique coûteux – les entreprises censées avoir arrêté la budgétisation continuent cependant à faire des prévisions. Simplement, ces prévisions cherchent peut-être plus à aller dans le sens de la compréhension du fonctionnement des affaires qu'à figer les actions de l'année à venir.

Ainsi, Wallander (1999, p.416) conclut qu'avoir un modèle pour la décision est important, mais que celui-ci ne doit pas être compliqué (il doit tenir au dos d'une enveloppe, dit-il) et ceci afin « d'avoir une image vivante de la machine en tête ». Wallander conseille, en outre, de prendre sa décision le plus tard possible, ce qui ne correspond pas au principe budgétaire et à l'affectation des ressources financières aux investissements *a priori*.

### 1.2.1.2 Le statut particulier des plans d'affaires

Quant aux plans d'affaires, Marion et coll. (2003, p. 57) estiment que « le risque d'écart est grand entre prévision et réalisation : chacune des actions définies et « programmées » a priori dans un délai donné selon cette logique « mathématico-déductive » est très largement soumise à des aléas déstabilisant la belle rigueur de l'édifice envisagé. En effet, une telle démarche résulte fondamentalement, de notre point de vue, d'une conception mécaniste, programmatique, voire linéaire, du processus de démarrage d'une activité nouvelle peu en phase avec une réalité où l'aléatoire, l'inattendu, l'incertitude, ont une place non négligeable. » Le décalage existant entre la démarche souhaitable et celle généralement retenue pour

l'élaboration de nombreux plans d'affaires – constatent-ils – tient probablement en grande partie au fait qu'elle se base sur un double postulat :

- le projet, dans son essence, sa conception, et l'entreprise nouvelle sur laquelle il doit déboucher, ne posent pas de problème et sont échafaudés *sur des données considérées comme fiables* ;
- le porteur de projet est *supposé réunir les caractéristiques requises et les compétences minimums* pour passer quasi instantanément à l'état de créateur/manager de l'entreprise nouvelle.

Le plan d'affaires est donc un puissant réducteur d'incertitude ou plutôt des risques perçus comme le remarque Bruyat (1993, p. 274). Le banquier pourra, en cas de difficultés ultérieures de l'entreprise créée, se justifier auprès de ses supérieurs en indiquant qu'il y avait un plan d'affaires sérieux, une étude de marché, des prévisions financières... et qu'il s'était donc comporté en « bon père de famille ». Le plan d'affaires pourrait également être considéré comme un *rite initiatique* qui permet au futur chef d'entreprise de prouver ses capacités et son appartenance à son nouveau groupe social (Bruyat, 1993), rite d'intégration dans des communautés nouvelles, celles des banquiers, des investisseurs ou des subventionneurs publics (Colas, 2004).

Cependant, s'il réduit les risques perçus par le banquier, le plan d'affaires est aussi de nature à conforter le porteur de projet dans une représentation trompeuse, généralement trop optimiste, de son projet. Ce qui entraîne des lendemains douloureux, comme l'illustrent par exemple les statistiques de la couveuse d'entreprises de l'Université de Caen : deux tiers des créateurs ont tendance à surestimer le chiffre d'affaires prévisionnel dans le *business plan*, ce qui a des conséquences plus pénalisantes en termes de mortalité d'entreprise qu'une mauvaise analyse du positionnement du produit par exemple (Sinquin, 2004, p. 37). On s'aperçoit, en outre, que ceux qui ont tendance à la surestimation sont justement ceux qui ne connaissent pas le secteur auquel ils s'attaquent. Les créateurs qui connaissaient bien l'environnement de leur projet (généralement anciens salariés du secteur) sont ceux qui ont monté les *business plans* les plus réalistes (p. 40).

### 1.2.1.3 La gêne causée par l'incertitude

Cyert et March (1963) remarquent que l'entreprise cherche d'abord les informations puis les alternatives *dans les domaines les plus faciles à atteindre*. Ainsi, pour ce qui est de l'incertitude, l'organisation cherche à en éliminer toute trace, soit en évitant de faire des anticipations à long terme, soit en négociant avec l'environnement.

Si l'organisation cherche en effet à éliminer l'incertitude, Berland (2000) démontre que les entreprises n'ont généralement développé un contrôle budgétaire que lorsqu'elles ont pu réaliser des prévisions fiables. On peut donc s'interroger sur la pertinence de cet outil en situation d'incertitude. Zebda (1991) affirme d'ailleurs que la plupart des variables utilisées dans des problématiques comptables sont en fait imprécises, que ce soient les bénéfices escomptés dans les modèles coûts-bénéfices, les bénéfices des projets d'investissement<sup>26</sup> (Anthony et coll., 1984, p. 403), mais également la mesure précise de la performance (passée) de certains domaines d'activités comme la recherche et développement, la comptabilité sociale ou les organisations à but non lucratif. Kaplan (1982, p. 437-439), remarque que dans de tels cas, même si l'existence de budgets et de dépenses dans ces centres peut donner une illusion de précision, ces informations ne donnent aucune indication sur l'efficacité ou l'efficience de leur fonctionnement. Zebda (1991, p. 122) indique également, que contrairement à ce qui est souvent supposé dans les systèmes de décision comptables, l'exactitude et la précision des informations ne sont pas homogènes, certaines étant plus « solides » que d'autres, par exemple les matières premières ou les coûts de main d'œuvre par rapport aux dotations aux provisions.

Simon (2004, p. 261-263) remarque que « *les données sur le futur, les prédictions, constituent habituellement les points faibles de notre cuirasse de faits* ». Les bonnes prédictions ont deux exigences qui sont souvent difficiles à satisfaire :

- elles demandent soit une compréhension théorique des phénomènes à prédire, base du modèle de prédiction, soit une régularité suffisante de ces phénomènes pour qu'ils puissent être extrapolés simplement. Comme cette dernière condition est rarement satisfaite par les *données concernant les affaires humaines*, la qualité de nos prédictions sera généralement celle de nos théories ;
- elles exigent une *disponibilité de données fiables relatives aux conditions initiales* : le point de départ à partir duquel l'extrapolation sera faite. Les systèmes varient en fonction de la sensibilité de leur trajectoire à de faibles modifications de leurs conditions initiales.

Simon (2004, p. 264) remarque, en outre, que « *la conception de futurs très éloignés serait tout à fait impossible si les événements éloignés devaient être envisagés en détail. Ce qui rend une telle conception pourtant concevable tient à ce que nous avons besoin de connaître ou d'imaginer le futur juste assez pour guider les engagements que nous devons prendre aujourd'hui* » .

---

<sup>26</sup> Auxquels on pourrait même ajouter les coûts, compte tenu du dérapage budgétaire de certains projets.

### 1.2.1.4 La « myopie » des outils du contrôle en situation d'incertitude

Il n'est pas nécessaire de se projeter loin dans le futur pour se trouver rapidement en présence d'informations dont le manque de précision empêche la prise en compte dans les modélisations. Outre l'absence de valorisation du capital immatériel, Mintzberg (1990, p. 591) illustre très bien le problème de la non prise en compte de l'information dans les systèmes « comptables et financiers » avec le cas du concept de l'efficience. Dans la pratique, l'efficience ne signifie pas le plus grand bénéfice pour un coût donné, constate-t-il ; elle signifie le *plus grand bénéfice mesurable pour un coût donné mesurable*. Mintzberg (1990, p. 613) rappelle qu'il faut garder présent à l'esprit que « rationaliser » signifie presque inévitablement *couper, réduire, éliminer* et pratiquement jamais *intégrer, croître ou créer*. Quelle que soit la forme qu'elle adopte, – licenciements d'ouvriers, réductions budgétaires, restructuration, etc. – la rationalisation est devenue pour la bureaucratie mécaniste une solution à tous ses problèmes. L'intégration, la croissance et la créativité dépendent en grande partie de l'autre processus de pensée, l'intuitif – en considérant les choses sous un aspect holistique, à partir d'une perspective de synthèse, par des processus qui semblent être au-delà des possibilités de la bureaucratie mécaniste conclut Mintzberg.

Face à ces perturbations créées dans les outils de contrôle de gestion par l'imperfection de l'information, les solutions avancées pour adapter les outils portent généralement sur une accélération et sur une contextualisation des variables et modèles constitutifs du contrôle.

Touchais (2001, p. 220) constate que la redéfinition du rôle du contrôle de gestion en situation d'incertitude exige quelques aménagements des outils, notamment au niveau du système budgétaire. De Longeaux (1977, p. 15) conseille de construire les budgets sur une période plus courte : le trimestre ou le semestre selon le délai de relative certitude. Pour le reste de l'exercice, l'entreprise se limite à des estimations ne présentant pas un niveau d'analyse aussi détaillé, estimations qui sont réajustées au cours de la saison au vu de l'évolution de la conjoncture.

Touchais (2001, p. 235) dans son analyse du fonctionnement du sport-spectacle et de la gestion de l'aléa caractérisé par une rencontre sportive, a dégagé plusieurs solutions complémentaires permettant une meilleure contrôlabilité :

- adopter une *démarche proactive* par la définition d'objectifs volontaristes permettant à l'organisation d'anticiper et de façonner son avenir plutôt que de se contenter d'une approche prospective privilégiant le risque zéro sous prétexte que l'on n'est jamais sûr de rien en situation d'incertitude ;
- isoler l'aléatoire en *distinguant les activités selon le niveau d'incertitude* ;



- privilégier une forte réactivité en *mettant l'accent sur les éléments plus aléatoires*, avec un suivi rigoureux et une remontée à la direction des indicateurs opérationnels permettant de prendre rapidement la mesure de la situation.

Lauzel et Teller (1997, p. 5) insistent sur le fait que le plan et la prévision ne sont pas inconciliables avec la réactivité à court terme. En effet, il s'agit de concevoir une stratégie d'évolution qui vise à réduire l'incertitude grâce à une meilleure prévision et à une amélioration de la réactivité globale de l'entreprise en développant des capacités d'adaptation des hommes et des structures. D'après les auteurs (p. 91 et 316), « l'argument selon lequel l'accroissement général des facteurs d'incertitude entraîne la non-réalisation des objectifs et donc réduit l'intérêt du système de contrôle de gestion ne paraît pas décisif. Il renforce, au contraire, l'intérêt du système et la nécessité de son amélioration » pour mieux gérer les risques qui en découlent.

Touchais (2001, p. 218-219) constate qu'en effet, différentes recherches portant sur la contingence du contrôle de gestion montrent qu'un environnement incertain s'accompagne d'un accroissement de la fréquence et de la vitesse du *reporting* (Chendall et Morris, 1986) pour une plus grande réactivité, et du souhait de disposer d'informations supplémentaires (externes, non financières et *ex ante*) (Gordon et Narayanan, 1984 ; Chendall et Morris, 1986) pour une meilleure analyse et prévision de l'environnement.

#### 1.2.1.5 Accepter l'incertitude plutôt que de la contourner ?

L'incertitude perturbe fortement les outils budgétaires et de contrôle de gestion, et la solution trouvée pour y remédier – malgré les appels à la cohérence – est généralement l'accélération du processus budgétaire, quand ce n'est pas l'abandon pur et simple. L'accélération des processus, même si elle est rendue possible par l'informatisation croissante des organisations, a cependant ses contreparties : les systèmes ERP<sup>27</sup> relativement répandus sont généralement assez lourds à reparamétrer à chaque réorganisation des services de l'entreprise. Les approches de contrôle de gestion telles que l'ABC ont également multiplié le nombre d'indicateurs nécessaires au calcul. L'accélération des processus que l'informatisation permet risque d'être entièrement absorbée par les besoins de ces nouveaux outils.

Mais se pose également une autre question, celle de l'intérêt de ces recalculs permanents pour les salariés, du temps laissé aux contrôleurs de gestion pour « analyser » la gestion de l'organisation s'ils sont amenés à recompiler les chiffres de façon permanente, et de la pertinence de l'analyse qu'ils pourraient produire – s'ils

---

<sup>27</sup>Enterprise Resources Planning.

en avaient le temps – puisque la compilation suivante la rendra aussitôt caduque. Se pose également la question du rapport coût-bénéfice de tels systèmes de contrôle, question que les tenants de la non-budgétisation semblent avoir tranchée.

Si les informations traitées par les systèmes de contrôle de gestion sont entachées d'incertitude et ont tendance à changer souvent à cause de la turbulence de l'environnement, il existe également toute une catégorie d'informations qui ne sont pas intégrées au système de contrôle de gestion parce que très difficilement mesurables, de nature plus qualitative que quantitative.

Or, l'incertitude – même si elle gêne considérablement les outils du contrôle – n'est pas nécessairement un frein pour l'organisation. La notion de « spécification critique minimale » de Morgan (1989) apporte en effet à l'incertitude une connotation plus positive. Morgan souligne que pour qu'une organisation puisse fonctionner comme un cerveau humain (de manière holographique), il n'est pas souhaitable que tout soit parfaitement bien spécifié, notamment dans l'attribution des tâches. Pour ne pas sombrer dans le chaos, une organisation doit spécifier un certain nombre de tâches, mais garder suffisamment de souplesse pour préserver ses capacités d'auto-organisation et d'apprentissage.

Nachtmann et LaScola Needy (2003, p. 259) constatent que puisque l'information utilisée par la méthode ABC est souvent basée sur des estimés dont la vraie valeur ne sera sans doute jamais connue, il est important que l'incertitude soit supportée par les systèmes ABC.

Zebda (1991, p.124) remarque que l'ambiguïté et le flou ont plusieurs avantages fonctionnels dans un environnement souvent politique. Dans certains cas, les problèmes sont décrits de façon ambiguë pour des questions pratiques : certains problèmes dépendent de variables et de relations qui échappent à toute mesure précise. L'ambiguïté et le flou permettent au décideur de se prémunir de certaines erreurs, comme l'illustrent ces quelques citations :

- « *mieux vaut être approximativement juste que précisément faux* » (Keynes, 1942) ;
- « *Il vaut mieux être pertinent que précis* » (Zadeh, 1965) ;
- « *La clarté est en soi une valeur, l'exactitude et la précision ne le sont pas : il est vain de chercher à être plus précis que ce qu'exige notre problème.* » (Popper, 1974, p. 17).

En outre, Zebda constate que les énoncés vagues permettent au décideur de conserver une nécessaire flexibilité, « *qui lui permet de rester indépendant dans un environnement politique changeant* » (Eilon, 1982, p. 342).

Enfin, Zebda note que ces avantages fonctionnels suggèrent que l'ambiguïté,

ainsi que remarqué par March (1976, p. 598), représente « une forme d'intelligence » qui ne devrait pas être ignorée par les modèles de décision.

Moriceau (2003), dans le même ordre d'idée, estime que la qualité du manager, plus que l'optimisation sous contrainte, est la capacité à imaginer les possibles.

Zebda (1991) fait ainsi un véritable plaidoyer pour la prise en compte de l'incertitude dans les outils comptables. En effet :

- la recherche de la précision peut faire perdre toute pertinence aux modèles de décision comptables en écartant les variables entachées d'imprécision ;
- le besoin de précision réclamé par plusieurs modèles de décision comptables les rend inexploitable ( Zebda cite par exemple le cas des « *cost variance investigation models* » , qui n'ont jamais servi en pratique) ;
- la précision obligatoire (requis) des modèles comptables les rend non crédibles aux yeux de leurs utilisateurs potentiels ;
- le présumé de précision fixe de l'information peut jeter un doute sur les agrégats de variables dont l'estimation est plus ou moins exacte ;
- accepter l'incertitude peut améliorer le pouvoir descriptif et prédictif des modèles de décision comptables, le but n'étant pas d'être imprécis, mais bien d'augmenter la pertinence et la richesse au détriment de la précision ;
- et surtout, la précision n'est pas nécessaire, car l'humain – contrairement à l'ordinateur – comprend bien l'imprécision et sait agir en sa présence (Zadeh, 1973, p.29).

En fait, comme le constatent Anthony et coll. (1984, p. 233)<sup>28</sup>, la plupart des décisions du monde réel sont prises sur la base d'informations imprécises.

L'incertain et le non-quantifiable ne sont donc pas gérés par les outils de contrôle de gestion, ABC ou pas. Cela provoque plusieurs niveaux de réaction de la part des utilisateurs – selon l'importance de la gêne occasionnée – de l'accélération du contrôle budgétaire à son rejet, pour un réarbitrage vers une prévision plus stratégique que budgétaire. Ou encore l'utilisation de l'outil non plus à des fins d'aide à la décision, mais en tant que procédure rituelle d'intégration à une communauté. La myopie chronique des outils du contrôle dans les situations d'incertitude les empêche d'accepter celle-ci comme une donnée stratégique importante, parfois délibérément créée par certains compétiteurs (Koenig, 1996). En ne véhiculant pas les informations propres à cette caractéristique de l'environnement, les outils du contrôle abandonnent leur mission première, l'aide à la décision du manager. Cette limite des outils de contrôle est encore renforcée par une prise en compte insuffisante du « mode de fonctionnement » des utilisateurs.

---

<sup>28</sup>Cités par Zebda (1991, p. 124)

### 1.2.2 Les difficultés « d'interfaçage » avec le mode de fonctionnement de ses utilisateurs

Simon (1982) a remis en cause le modèle classique de la rationalité où le sujet est conçu comme un être omniscient capable d'atteindre un résultat optimal sous les seules contraintes et conditions de l'environnement externe. Il cite trois limites à la rationalité parfaite : l'incertitude concernant les conséquences de chacune des alternatives, l'incomplétude de l'information relative à l'ensemble des alternatives et la complexité empêchant l'élaboration des computations nécessaires.

Dans ce cadre se pose la question de la capacité des utilisateurs à alimenter et à assimiler les informations demandées et données par des systèmes basés sur une rationalité parfaite.

Les outils du contrôle de gestion ont des difficultés à gérer les informations incertaines, les solutions selon les cas étant soit d'accélérer le processus de prévision, soit d'en abandonner une partie et de chercher à piloter de façon plus contingente, en fonction de l'activité, du lieu et de la conjoncture.

Cependant, une autre difficulté guette les outils du contrôle, celle de leur « interfaçage » avec les utilisateurs. Le décideur auquel les outils de gestion s'adressent est généralement considéré comme une « boîte noire », c'est-à-dire que la question de savoir comment et pourquoi il est supposé porter attention et réagir à un outil n'est pas abordée (Bourguignon et Jenkins, 2004, p. 35).

Ce problème de la pertinence de l'outil pour le décideur est bien illustré par le cas d'Eden (1988). Eden, après avoir été, pendant plusieurs années, un spécialiste de la recherche opérationnelle, admet que non seulement ses modèles ont rarement été considérés par ses clients comme jouant un rôle important dans leurs décisions, mais que les simulations par ordinateur qu'il avait pu produire n'ont jamais eu d'impact substantiel sur la vie des organisations simulées. En outre, tous les projets ayant été des succès ont été ceux dont les simulations étaient les plus basiques, constate-t-il. Eden interprète ceci par le fait que les modèles simples et donc compréhensibles, semblent avoir aidé les clients à organiser leur pensée au lieu de suggérer une ligne de conduite. Ainsi, les modèles ont marché, dit-il, non pas grâce à l'analyse produite, mais parce qu'ils incitaient le consultant à poser les questions les plus sensibles. Eden remarque que les managers pensent et travaillent la plupart de leur temps avec le langage et des idées et non pas avec des nombres ou des symboles mathématiques, et qu'il faut que les modèles produits puissent participer à la façon dont les managers travaillent avec les idées. Si les modèles veulent avoir un réel impact sur les décisions des managers, ils doivent doucement décaler la vision que le gestionnaire a de son univers décisionnel : *« si les hommes définissent des*

*situations comme vraies, elles seront vraies dans leurs conséquences* » (Thomas et Thomas, 1928).

Les recherches de Mintzberg (1990, p. 33-47) révèlent que l'action quotidienne des managers correspond assez peu à l'image que l'on se fait de la décision rationnelle :

- les managers apprécient l'information « informelle », plus particulièrement les potins, rumeurs et autres spéculations ;
- l'information acquise verbalement est stockée dans leurs cerveaux et n'est que rarement explicitée sur des supports partageables tels que dossiers ou système informatique ;
- les managers dirigeants supervisent couramment des portefeuilles d'une cinquantaine de projets ;
- une des astuces des managers pour gagner du temps est de choisir parmi les collaborateurs qui présentent un projet plutôt que le projet lui-même, c'est-à-dire qu'ils privilégient un projet qui leur est présenté par une personne de confiance.

Il est difficile d'imaginer le rôle que tiennent les outils du contrôle pour le manager dans cette *action quotidienne*.

Selon Eden (1988), l'homme essaye continuellement de comprendre son monde, et une personne contrôle continuellement le sens qu'il fait de son monde en employant cette interprétation pour prévoir et atteindre l'avenir souhaité (Postulat de Kelly, 1955). Il est donc important que l'outil permette à l'homme une meilleure interprétation par sa manière de décrire le monde et ceci afin de mieux guider ses actions. Gervais et Thenet (1998, p. 58) constatent que les individus ne perçoivent en effet la réalité qu'à travers leurs représentations qui, par nature, déforment et simplifient, du fait de l'incapacité de notre cerveau à appréhender une situation complexe dans sa totalité. Les décisions sont donc prises au vu d'une « perception caricaturante du réel ».

Les ressources cognitives dont dispose en fait l'humain pour alimenter son processus de décision sont composées de processus et de produits (Rogalski et Marquié, 2004, p. 160-161) :

- les processus sont les ressources permettant à un individu de percevoir, sélectionner, stocker et rappeler les informations pertinentes, et concevoir des réponses adaptées dans les situations nouvelles. Il s'agit des processus élémentaires de réception et de traitement de l'information, ou processus cognitifs de base, c'est-à-dire la « machinerie cognitive » qui est la partie de la cognition la plus étroitement dépendante de l'état fonctionnel du système nerveux central ;

- les produits sont l'ensemble des connaissances générales et professionnelles acquises tout au long de l'existence (les connaissances épisodiques, sémantiques et procédurales). Les connaissances sont le produit du fonctionnement de la machinerie cognitive et constituent, elles aussi, une part importante des ressources servant à résoudre les problèmes de la vie quotidienne.

Ces ressources cognitives sont affectées par de nombreux « biais cognitifs ».

### 1.2.2.1 Les biais cognitifs

Les biais cognitifs sont des distorsions dans la manière dont nous percevons la réalité. Nous avons ici retenu les distorsions qui sont de nature à particulièrement affecter le décideur ou l'entrepreneur.

Selon Simon et coll. (1999), les entrepreneurs peuvent particulièrement être sujets à des biais (Busenitz et Barney, 1997 ; Shaver et Scott, 1991) parce qu'ils simplifient inconsciemment leur traitement d'information afin de diminuer le stress et l'ambiguïté associés à la décision de créer une entreprise (Duhaime et Schwenk, 1985 ; Hansen et Allen, 1992). Les stratèges et planificateurs partagent une part importante de ces biais avec les entrepreneurs (Barnes, 1984).

Parmi les biais recensés qui affectent les ressources cognitives des décideurs, certains ont lieu pendant l'acquisition de l'information, d'autres pendant son traitement et enfin d'autres au moment de l'action.

## Biais apparaissant pendant l'acquisition de l'information

**Biais de disponibilité** (Tversky et Kahneman, 1973) Ce biais est un biais heuristique<sup>29</sup> qui apparaît lorsqu'une personne estime la probabilité d'un événement sur la base de la facilité avec laquelle cet événement est imaginable. Ainsi, les possibilités décrites avec vivacité, chargées émotionnellement seront perçues comme plus probables que celles plus difficiles à se représenter ou plus difficiles à comprendre. Par exemple, la plupart des gens pensent que mourir mordu par un requin<sup>30</sup> est beaucoup plus probable que de mourir de blessures dues à des chutes de pièces d'avions, alors que c'est l'inverse qui est vrai dans une proportion de 30.

---

<sup>29</sup>Les heuristiques sont des modes de pensée bien ancrés, tirés de l'expérience ou d'analogies, plutôt que d'une analyse scientifique trop complexe, qui permettent d'accélérer les décisions, mais peuvent conduire à un jugement personnel irrationnel.

<sup>30</sup>L'exemple est américain, les résultats de la même expérience ne seraient probablement pas aussi marqués sous nos latitudes.

Cela est sans doute dû au fait que les attaques de requins reçoivent une couverture médiatique supérieure.

Un corollaire de cette heuristique est qu'une personne à qui on demande d'imaginer une situation voit immédiatement cette situation comme plus probable.

**Biais de perception sélective** Ce biais apparaît par les manifestations suivantes (Yates, 1990) :

- la personne structure les problèmes sur la base de sa propre expérience (le même problème sera perçu comme un problème de marketing par le directeur marketing, comme un problème financier par le directeur financier, etc.) ;
- les anticipations de ce que l'on s'attend à voir biaisent ce que l'on voit ;
- les personnes recherchent l'information correspondant à leurs propres vues ou hypothèses. Par exemple, un embaucheur cherchera des informations sur les candidats conformes à ses premières impressions plutôt que de chercher des informations à même de réfuter ces premières impressions ;
- les individus minimisent ou négligent les indications antagonistes : dans la structuration de leurs impressions, ils sous-pondèrent l'information qui ne se rattache pas à une ébauche uniforme ;
- l'information concrète – basée sur l'expérience, sur des événements – domine l'information abstraite (par exemple l'information résumée, les données statistiques, etc.) ;
- la présentation de l'information : le mélange de différents types d'information, par exemple qualitative et quantitative, peut amener à une concentration sur les informations quantitatives et exclure les informations qualitatives ou vice-versa.

## Biais ayant lieu durant le traitement de l'information

**Biais de Conservatisme/ Ancrage** Le conservatisme est une incapacité à réviser son opinion à la réception de nouvelles informations. L'ancrage est une tendance à se fier trop fortement, ou à « s'ancrer », à une caractéristique ou à une bribe de l'information disponible lors d'une décision. Au moment de la prise de décision, les individus *s'ancrent* – se fondent excessivement – sur une information ou une valeur spécifique et *ajustent* ensuite cette valeur pour prendre en compte d'autres éléments de la circonstance. Généralement, une fois le point d'ancrage fixé, il y a une polarisation envers cette information ou valeur. Par exemple, une personne souhaitant acheter une voiture d'occasion pourra ancrer sa prise de décision sur le kilométrage et l'âge du véhicule pour en évaluer la valeur sans tenir compte de l'état mécaniste et du bon entretien du véhicule (Yates, 1990).

**Biais de meilleure spéculation**<sup>31</sup> / **d'aversion au risque** Dans des conditions impliquant plusieurs sources d'incertitude, ignorer certaines incertitudes et baser le jugement sur l'hypothèse perçue comme « la plus susceptible d'avoir lieu » permet la simplification (Lichtenstein et Slovic, 1971, 1973). Les gens simplifient donc en ignorant l'incertitude. Dans un sens plus général, le biais de meilleure spéculation est une tendance à réduire l'incertitude, à ignorer le fait que les sources d'information ne sont pas fiables. Le biais d'aversion au risque apparaît au travers de la préférence d'un individu pour un gain certain à un gain incertain, mais à l'espérance supérieure à ce gain certain (Kahneman et Tversky, 1979).

**La loi des petits nombres** Les caractéristiques des petits échantillons sont considérées comme représentatives des populations desquelles elles sont tirées. La croyance dans la loi des petits nombres est évidente quand un individu emploie un nombre limité des entrées informationnelles (un petit échantillon d'informations) pour en tirer des conclusions fermes (Hogarth, 1980 ; Tversky et Kahneman, 1974). Par exemple, un entrepreneur peut être encouragé à l'excès par le retour limité de deux clients potentiels qui déclarent qu'ils achèteraient le nouveau produit proposé par l'entreprise. Par conséquent, les individus qui supposent qu'un petit échantillon d'informations représente la population entière peuvent ne pas percevoir convenablement la possibilité de pertes ou la gamme complète des résultats possibles. Par exemple, les chercheurs constatent que les individus sont susceptibles d'utiliser des quantités limitées d'informations positives pour faire des prévisions excessivement optimistes (Barnes, 1984 ; Kahneman et Lovall, 1993). En outre, Schwenk (1986) argue du fait que les managers peuvent induire la croyance dans la loi des petits nombres chez leurs partisans pour obtenir leur soutien lors d'actions risquées (Simon et coll., 1999, p. 119).

**Biais de surconfiance** Oskamp (1965) a décrit le biais de surconfiance. Ce biais intègre plusieurs biais que nous venons de décrire. Il a trait au manque de conscience qu'a l'individu des limites de sa connaissance (Russo et Schoemaker, 1992) et tend à être omniprésent, surgissant à travers beaucoup de différents domaines du traitement de l'information (Barnes, 1984 ; Fischhoff, 1982). La surconfiance peut se produire parce que les individus ne mettent pas à jour suffisamment leurs évaluations initiales après réception de nouvelles données (biais d'ancrage-ajustage). Ils ne réalisent donc pas à quel point leurs évaluations peuvent être incorrectes (Tversky et Kahneman, 1974). Les individus peuvent également se trouver en situation de surconfiance parce qu'ils basent leur certitude sur la facilité avec laquelle ils peuvent se rappeler des raisons d'être confiant (biais de disponibilité) (Russo et Schoemaker, 1992). Cependant, un raisonnement aisément remémoré peut ne pas augmenter l'exactitude de l'information (Schwenk,

---

<sup>31</sup>Nous avons traduit ainsi le biais connu sous le nom de « Best guess strategy » en anglais.



1986).

## Biais de sortie Output biases

**Illusion de contrôle** Ce biais se produit quand un individu surestime la capacité de sa compétence à augmenter sa performance dans des situations où la chance détient une grande part du résultat et où la compétence n'est pas nécessairement le facteur décisif (Langer, 1975). Alors que la surconfiance concerne une surestimation de la certitude d'un individu face à des faits présents (c'est-à-dire l'information), l'illusion de contrôle se rapporte à une surestimation de ses compétences et par conséquent de sa capacité à faire face et à prévoir les événements futurs (Simon et coll., 1999, p. 118).

Kahneman et Lovallo (1993, p.24) montrent en outre qu'il y a une *forte distorsion* entre le niveau de risque que les individus et les organisations s'imposent dans leurs prévisions, et leur acceptation de ces risques dès qu'ils appartiennent au domaine du réel. Les outils du contrôle peuvent ainsi, par leur action, augmenter le biais d'aversion au risque chez les managers (Swalm, 1966).

Tous ces biais ne sont pas pris en compte dans les outils de contrôle de gestion pour aider le décideur à améliorer sa décision. Ces outils auraient même plutôt tendance – par construction – à renforcer les biais de disponibilité, perception sélective, conservatisme, meilleure spéculation et surconfiance parce qu'ils exigent que ne leur soit fournie qu'une seule valeur d'entrée pour chaque variable. Ils créent donc en quelque sorte un « biais supplémentaire » qui va venir ajouter à la distorsion des représentations mentales des décideurs.

### 1.2.2.2 Les représentations mentales

La prise de décision se fait normalement en deux grandes phases, une phase de représentation suivie d'une phase de combinaison (Yates, 1990, p. 332). Comme son nom le suggère, dans la phase de représentation, le décideur construit sa caractérisation de la situation actuelle.

Les représentations sont généralement (Yates, 1990, p. 351) :

1. limitées dans leur portée ;
2. dominées par le concret, l'information présentée explicitement ;
3. leurs éléments tendent à être bruts et souvent affectifs, pas simplement cognitifs ;

4. ces éléments sont typiquement richement interconnectés entre eux, de plusieurs façons.

La *représentation* résultante est susceptible d'incorporer plusieurs considérations différentes. Il est rare que chacune d'entre elles favorise la même décision. Dans pratiquement chaque problème de décision qui surgit, les diverses considérations contenues dans la représentation doivent être combinées d'une façon ou d'une autre afin de produire une décision finale. C'est ce qui se produit pendant la *phase de combinaison*.

*Par conséquent, la fiabilité de la pensée humaine dépend particulièrement de la pertinence de ses représentations.*

La vision de l'entrepreneur, par exemple, est ainsi faite de beaucoup de représentations, et l'une des capacités principales de l'entrepreneur est de dessiner une projection de sa nouvelle organisation dans plusieurs situations à différentes échéances, tout en assurant toujours la gestion quotidienne (Bird, 1988).

Le *business model* prend ainsi forme au travers des schèmes cognitifs des individus. Sur la base du concept de l'énaction (Weick, 1979), l'entrepreneur peut être considéré comme quelqu'un qui s'engage dans une « représentation d'affaires possibles » en fonction des ressources disponibles. Mais il modifie également cette représentation pendant sa mise en œuvre selon les réponses de son environnement et selon la structure à laquelle il appartient (lien entre la connaissance, l'action et la structure) (Benavent et Verstraete, 2000, p. 98).

La conception de l'activité comme créativité, ou énaction, est issue du paradigme constructiviste de la cognition. Ce modèle de l'analyse considère l'acteur dans son « couplage structurel » avec la situation, qu'il crée autant qu'elle le contraint. Les problèmes ne sont pas simplement posés par la situation, puis résolus par l'opérateur, mais ce dernier pose lui-même des questions pertinentes au contexte, au fur et à mesure qu'il progresse dans son inter-action avec lui (de Montmollin, 1996, p. 54). Par conséquent, la représentation agit comme un processus-produit-processeur (Sallaberry, 1996) : processus quand le sujet élabore et modifie ses représentations, produit parce que le langage permet sa description et processeur parce qu'il permet de transformer des intentions en actions. En effet, quand l'entrepreneur lance son projet, il crée ses propres représentations et il progresse en accord avec elles.

Les représentations mentales du décideur se confrontent donc aux représentations que sont les différents outils qu'il a à sa portée pour l'aider dans son processus de décision. Au sujet de ces artefacts, Simon (2004, p. 235) note que, si l'intérêt de la question des représentations est aujourd'hui généralement reconnu, il n'existe

pas encore de théorie complète de la représentation en conception – en particulier une théorie qui dirait comment construire effectivement des représentations de problèmes. S’il est connu que ce sont les représentations qui font les différences dans la difficulté de la résolution des problèmes, ajoute l’auteur, il manque néanmoins une taxinomie des représentations. La connaissance des différents moyens par lesquels les problèmes peuvent être représentés est incomplète et elle est bien plus pauvre encore au niveau de l’interprétation de ces différences.

Il n’empêche que le rôle des objets informationnels comme médiateurs entre le monde et l’activité mentale est central (Darses et coll., 2004, p. 224). Cette idée se retrouve d’ailleurs dans les travaux de Piaget avec la notion de schème d’action, ou la notion de « système cognitif conjoint » (*joint cognitive systems*) proposée par Hollnagel et Woods (1983).

### 1.2.2.3 Les représentations-artefacts

Une des spécificités du processus de conception – et ce, quel que soit le domaine de conception concerné – est l’utilisation intensive de différents types de représentations externes – dessins, graphiques, documents, notes, maquettes ou prototypes – qui sont associées aux différentes étapes du processus.

Pour Rogalski (1993), les artefacts, objets externes au sujet, qui résultent d’un processus d’élaboration à caractère social et qui intègrent des connaissances, sont des outils cognitifs. Des artefacts tels que tables de données numériques, abaquages, calembres, outils logiciels, mais aussi méthodes de résolution de problèmes constituent des outils cognitifs. Norman (1992) appelle « *cognitive artefact* » un dispositif artificiel conçu pour conserver, présenter de l’information ou la traiter afin d’assurer une fonction représentative. Rogalski et Samurçay (1993) insistent particulièrement sur le caractère opératif, ou opérant des outils cognitifs qui prennent en charge une partie de l’activité cognitive des utilisateurs et contribuent ainsi à la réalisation de la tâche. On retrouve là une idée importante bien que fort ancienne : tout instrument, outil, machine, effectue un travail, opère au profit de celui qui le met en œuvre. Cette prise en charge d’une partie de l’activité cognitive implique souvent une transformation des représentations initiales des sujets relatives aux objets de leur activité. Ainsi dans les exemples cités par les auteurs, le contrôle des feux de forêts et la gestion de hauts fourneaux, l’usage des outils cognitifs nécessite la construction de représentations mentales nouvelles du processus, cohérentes avec celles sous-jacentes constitutives de l’instrument (Rabardel, 1995, p. 85).

La fonction cognitive et les propriétés informationnelles des représentations externes qui composent l’environnement d’une tâche sont puissantes au point que

certain auteurs n'hésitent pas, à la suite d' Hutchins (1994), à considérer qu'on doit conférer à tous les objets intermédiaires le statut d'*agents cognitifs*. Selon cette approche, l'unité d'analyse d'une situation de conception devient alors le « système cognitif distribué » entre les représentations externes et le concepteur (Visser et coll., 2004, p. 109-110).

Cela suppose, non seulement comme pour Rogalski et Samurcay, que les instruments accomplissent une partie du travail cognitif, mais qu'ils soient « ouverts », c'est-à-dire qu'ils ne rendent pas le travail invisible afin de permettre, à la fois sa réalisation collective et l'acquisition et le transfert de compétences. Selon Hutchins, les outils cognitifs constituent de bonnes aides opérationnelles lorsqu'ils *transforment la tâche du sujet pour en donner une formulation ou une représentation plus facile à traiter par celui-ci*. La capacité cognitive d'un système homme/machine intelligente ne serait donc pas principalement dépendante des capacités de traitement de la machine, mais plutôt du rapport entre les ressources propres du sujet et les modalités d'aides offertes par la machine (Rabardel, 1995, p. 85).

À l'inverse, le paradigme de conception des systèmes-experts comme prothèses, très répandu, vise à produire des systèmes destinés à pallier les déficiences humaines. L'opérateur est ici réduit au rôle de fournisseur de données à la machine. Celle-ci dirige le processus de résolution de problème, définit les observations et les actions que l'utilisateur doit réaliser. Dans ce type d'interaction homme-machine, c'est la machine qui dispose du contrôle ; l'utilisateur a un rôle passif. Roth et coll. (1987) ont mis en évidence que plus les utilisateurs se conforment à ce rôle passif de fournisseur de données, plus la performance globale du système homme-machine se dégrade. Les outils cognitifs *doivent être conçus comme des instruments à la disposition du sujet qui résout un problème*, préconisent les auteurs. L'outil cognitif joue alors le rôle d'un consultant, source d'informations pour le sujet qui, lui, dirige le processus de résolution de problème. Le rôle de l'homme est de veiller à la performance d'ensemble de la coopération homme-machine en gérant les diverses ressources cognitives à sa disposition, c'est lui qui dispose du contrôle. Tous ces auteurs mettent donc l'accent sur *le primat de l'activité du sujet, de l'opérateur*. C'est cette activité propre qui doit rester rectrice dans l'interaction avec l'outil cognitif, ce qui suppose que le sujet en ait le contrôle. Cette position est fondatrice du paradigme instrumental alternatif au paradigme de la prothèse. Ainsi, la nécessité d'un point de vue instrumental sur les artefacts apparaît, même lorsque ces artefacts sont fondés sur les technologies les plus contemporaines comme l'intelligence artificielle (Rabardel, 1995, p. 87).

Nous pouvons ajouter que si en gestion le système expert a un sens dans les décisions de niveau tactique, les décisions de niveau stratégique restent bien l'apanage du décideur. Le contrôle de gestion, source d'informations stratégiques à l'usage

du décideur répond donc bien de cette conceptualisation instrumentale des outils cognitifs et c'est donc dans ce sens qu'il faut le développer. Cette distinction illustre également la façon novatrice dont Lesage (1999) a utilisé la logique floue dans l'analyse des coûts. La logique floue étant classiquement utilisée dans des applications autonomes (ABS, autofocus, etc.), l'utilisation que nous allons en faire sera différente (nous reparlerons de ceci dans la section 2.3 page 121, « Passage du paradigme de la mesure au paradigme de l'ergonomie cognitive »).

Rabardel (1995, p. 159) remarque également que l'usage d'outils cognitifs nouveaux implique la construction de représentations nouvelles du processus dont ils permettent d'anticiper l'évolution, représentations cohérentes avec celles constitutives de l'outil. Ainsi, un outil d'aide à la gestion des feux de forêts implique un double changement de niveau pour passer d'un traitement et d'une vision en termes de « flammes au bout de la lance », à la notion de « feu possible », tandis qu'un logiciel d'aide au réglage thermique des hauts fourneaux implique la construction de représentations internes liées au modèle mathématique du processus sur lequel est basé le logiciel (Rogalski et Samurcay, 1993).

Mais les acteurs n'ont pas que des représentations concernant l'action en elle-même, il ont également des représentations des moyens et ressources mis en œuvre – les artefacts – mais aussi les ressources du sujet lui-même (Rabardel, 1995, p. 159). Ainsi, Norman (1983) souligne que les utilisateurs ont très souvent une représentation des limites de leurs capacités et développent des comportements tendant à rendre leurs actions plus « sûres », moins porteuses d'erreurs. De même, Valot et coll. (1993) analysent les métaconnaissances que constituent les représentations que se font les sujets (des pilotes de chasse) de leurs propres compétences. Les pilotes s'appuient sur ces représentations d'eux-mêmes pour se gérer, comme ressource de leur propre activité, au même titre que les autres ressources dont ils disposent, notamment technologiques, et dont, bien entendu, ils ont également une représentation.

Un autre phénomène réside en ce que les représentations, qui ont un caractère fonctionnel pour l'action du sujet, sont, comme toute représentation pour l'action, laconiques, schématiques, partielles. L'interprétation classique de cette incomplétude des représentations pour l'action est que celles-ci ne retiennent, pour des raisons d'économie, que les informations pertinentes pour le sujet en fonction de la classe de situations à laquelle elles correspondent. Pour Rabardel (1993), ces caractéristiques tiennent aussi à ce que les représentations, en tant que modèles mentaux, ne peuvent pas, et même ne doivent pas, refléter toutes les propriétés susceptibles d'être pertinentes pour l'action. L'incomplétude de la représentation ne serait pas seulement une conséquence d'une élaboration « économique » de la fonctionnalité et de l'opérativité des représentations. Elle serait également une

condition de l'*adaptation fine de l'action à la singularité des situations*. La représentation en quelque sorte devrait être incomplète, floue, incertaine pour laisser la place, le « jeu » nécessaire à la mise en œuvre des mécanismes de gestion de la singularité et de l'incertitude. Il s'agit donc d'une incomplétude construite, recherchée, gérée et maintenue, en tant que telle, par un sujet compétent, voire expert, en tant que moyen de gestion de la complexité des situations, et non pas une incomplétude due à la méconnaissance du débutant.

Un bon exemple en est la gestion de l'incertitude en conception architecturale. Lebahar (1983) a montré que les concepteurs expérimentés maintiennent intentionnellement l'incertitude à un certain niveau en cours de conception. Lorsque, par exemple, le concepteur est en train de définir les relations topologiques à l'intérieur d'un bâtiment (par exemple la salle d'eau est en communication avec les W.-C.), il évite soigneusement de prendre simultanément des décisions métriques qui auraient pour conséquence de limiter les marges de manœuvre pour les décisions topologiques. En maintenant l'incertitude au plan métrique, il conserve le jeu nécessaire à son activité au plan topologique.

Cette nécessité de jeu « cognitif » pour le concepteur est en quelque sorte le pendant du jeu organisationnel nécessaire évoqué par Morgan (cf. page 71).

Ainsi, il est particulièrement important que les outils du contrôle acceptent l'imperfection de l'information, et ceci à deux titres. Premièrement, cela est nécessaire pour permettre une modélisation *pertinente* des phénomènes représentés, car il est particulièrement gênant d'essayer de visualiser des phénomènes macroscopiques à l'aide d'un microscope. En outre, un jeu organisationnel est nécessaire pour le bon fonctionnement de l'organisation de même qu'un jeu représentationnel est nécessaire pour le bon fonctionnement de la décision individuelle. Il est dès lors dommageable de ne pas pouvoir modéliser ce jeu organisationnel, que celui-ci soit délibéré ou subi.

Deuxièmement les décideurs dans leur appréhension du monde qui les entoure, sont sujets à des biais heuristiques, qui participent à la création de leurs représentations mentales. Le rôle des outils du contrôle – artefacts cognitifs – est d'aider les managers à se représenter ce monde afin de mieux y guider l'organisation. Or l'illusion de perfection et de certitude véhiculée par les outils du contrôle existant est de nature à renforcer les biais cognitifs des individus et donc à accroître la distorsion de l'image qu'ils ont des problématiques qui les entourent.

## Conclusion du Chapitre 1

Nous avons présenté, dans ce premier chapitre, l'évolution du contrôle de gestion de sa naissance jusqu'à sa récente remise en cause. Il est né pour répondre à un problème de pilotage de l'entreprise : la détermination du prix. Du fait du paradigme économique dominant à l'époque, il était alors focalisé sur les activités de production. Il s'est ensuite adapté à la taille croissante des entreprises et à leur besoin de décentralisation en devenant un outil de contrôle permettant à la direction de grandes entreprises, la gestion prévisionnelle par le biais de budgets, et une délégation au quotidien grâce à la gestion par l'exception.

Depuis l'ère tayloriste, l'environnement des entreprises a subi de nombreuses mutations :

- la substitution progressive d'une économie tirée par l'offre à celle tirée par la demande ;
- les produits de plus en plus complexes et personnalisés, au cycle de vie court, dont la valeur est de plus en plus déconnectée du coût de production ;
- une économie et des entreprises qui se tertiarisent ;
- des entreprises aux frontières de plus en plus floues et mobiles ;
- une concurrence mondiale dans un environnement turbulent.

Dans ce nouveau contexte, les outils traditionnels de comptabilité de gestion souffrent de leur interprétation mécaniste du fonctionnement de l'entreprise, ce qui se traduit par :

- une vision parcellaire focalisée sur le coût de chaque étape d'élaboration du produit ;
- un suivi des coûts qui s'effectue selon des périmètres de responsabilités au lieu de suivre la transversalité des processus de l'entreprise ;
- le faible pouvoir explicatif des chiffres annoncés et donc un faible intérêt pour le pilotage stratégique de l'entreprise ;
- des erreurs de calcul importantes principalement dues à la focalisation sur les charges directes et sur l'activité de production de l'entreprise.

Le renouvellement des outils du contrôle de gestion, au travers de la méthode ABC, a cherché à résoudre ces limites dues à une vision mécaniste. Mais l'aspect mécaniste des outils masquait la part des difficultés liée à la complexité de l'environnement, son incertitude, et partant, deux limites fondamentales des outils de contrôle liées à leur interfaçage avec ce qu'ils modélisent, et avec ceux pour qui ils modélisent.

*« La qualité de la conception dépend vraisemblablement fortement de la qualité des données disponibles. Le problème n'est pas de concevoir sans données, mais d'introduire des évaluations de la qualité des données, ou de leur manque de qualité, dans le processus de conception lui-même. »*

SIMON (2004, P. 261)

Introduire des évaluations du manque de qualité des données, cela revient à se ménager une représentation du champ des possibles dans les outils du contrôle. Moriceau (2003, p. 135-136) argue que l'une des plus importantes qualités attendues d'un manager, en fait sa responsabilité, serait moins la capacité à réaliser des plans d'action préétablis ou à optimiser sous contrainte que l'aptitude à comprendre la « problématique » de la situation et imaginer des façons possibles d'y faire face.

Les défis écologiques, économiques et sociaux auxquels les managers doivent faire face dans ce nouveau millénaire demandent que soit développée la recherche des possibles.

Se ménager le champ des possibles, c'est probablement procéder autrement vis-à-vis du processus de pensée de l'utilisateur. C'est peut-être abandonner partiellement l'ensemble de processus de pensée – linéaire, séquentiel, analytique – pour favoriser un autre ensemble – simultané, relationnel, holistique – sur lequel Mintzberg constate que nous savons vraiment bien peu de choses. C'est peut-être essayer de relier la planification formelle et le management informel, qui tient beaucoup de la différence entre les deux hémisphères du cerveau humain (Mintzberg, 1990, p. 94-103).

C'est également abandonner partiellement le schéma de Simon, à la base de toute démarche d'analyse et d'action qui se veut rationnelle<sup>32</sup> (Solé, 1996, p. 582) et se ménager une alternative supplémentaire, celle de ne pas décider (Jarrosso, 1994, p. 181-193). C'est peut-être aller dans le sens d'un processus d'analyse redonnant une part à l'intuition, comme le réclame Mintzberg (1990, p. 128), mais c'est certainement abandonner un contrôle de gestion qui se limite « à n'être qu'un outil de management par les chiffres » (Bouquin, 2005, p. 417).

C'est abandonner l'« illusion de croire qu'un manager peut résoudre définitivement un problème et laisser cette croyance affecter sa capacité de penser » (Follet,

---

<sup>32</sup>Qu'y a-t-il, *a priori*, de plus logique, face à une situation réclamant une décision, que de commencer par se demander « quel est le problème ? », puis d'envisager et de comparer différentes « solutions » ? N'est-ce pas le réflexe de tout expert, de tout scientifique, de tout être rationnel, ou, tout au moins, la conception que l'on se fait traditionnellement de leur démarche ? remarque Solé.



1926)<sup>33</sup> pour lui fournir l'information qui lui permette d'aller à la rencontre des problèmes, les cerner et y faire face.

C'est donc abandonner le contrôle sanction-réactif pour aborder le contrôle « pour penser », proactif.

Dans le chapitre suivant, nous proposons d'amender les outils de contrôle de gestion pour atteindre un tel objectif.

---

<sup>33</sup>Citée par Fiol (2004).

## Chapitre 2

# Propositions d'amendements au contrôle de gestion

Si nous acceptons le fait qu'il manque un élément particulièrement important aux outils de contrôle – la gestion de l'information imparfaite – pour leur rendre leur place de « conseillers du décideur », il faut alors se pencher sur les théories mathématiques permettant de gérer cette information particulière. Nous avons vu dans la section 1.1.3 que la théorie des probabilités ne permettait de prendre en compte qu'un seul type d'information, celle qui est précise, incertaine et quantifiable. Nous allons par conséquent nous intéresser à une autre théorie mathématique prévue pour gérer l'information imparfaite, la théorie des sous-ensembles flous.

La logique floue est apparue il y a une vingtaine d'années, sous l'impulsion des recherches de Zadeh (1965, 1978). L'innovation qu'elle présente est de pouvoir traiter des notions imprécises (qui sont très facilement manipulées et comprises par les humains : par exemple « Untel est grand »), dans le cadre de modélisations mathématiques. Si cette discipline a donné de nombreuses applications dans l'informatique (dans les systèmes à base de connaissances, en particulier), leur utilisation dans les sciences de gestion est plus rare et s'étend essentiellement au marketing et à la stratégie. Dans la plupart des applications, la logique floue est utilisée pour arriver à traiter l'information malgré son imperfection, mais, en bout de traitement, elle est « parfaitisée » pour aboutir à une prescription unique de gestion (procéder à une décision). La logique floue est assez peu développée en France, contrairement à d'autres pays occidentaux ou au Japon. Sa faible utilisation peut provenir de deux causes : tout d'abord, la difficulté de mise en œuvre, car les calculs portant sur l'information imparfaite sont plus compliqués que les

calculs arithmétiques élémentaires. Ensuite, parce que « *les mathématiques de la logique floue ne sont pas floues* » (Kosko, 1999), cependant, comme le remarque Lesage (1999), le terme de « flou » a entraîné quelques recherches dont le manque de rigueur ne relevait pas de la logique floue.

Les ensembles flous peuvent être utilisés pour décrire à la fois (Zebda, 1991, p.131) des concepts vagues (c'est-à-dire sans frontières précises) et des concepts ambigus (c'est-à-dire des concepts qui décrivent plusieurs sous-concepts distincts, voir section 1.1.3.1 page 27). L'absence de frontières précises dans la mesure d'une variable est indiquée par l'affectation d'un degré d'appartenance pour chaque valeur, plusieurs valeurs pouvant parfaitement avoir le degré d'appartenance maximum. Zadeh (1972, p.5)<sup>1</sup> précise que ces degrés d'appartenance sont subjectifs dans le sens que leur spécification est plus une question de définition qu'une question d'expérimentation ou d'analyse objective. Les estimations peuvent également prendre la forme de variables linguistiques, telles que « élevé », « moyen », « faible » (Zadeh, 1976)<sup>2</sup>. Dans son article « *The problem of ambiguity and vagueness in accounting and auditing* », Zebda (1991) conclut que la théorie des sous-ensembles flous peut être utile lorsque les problèmes posés comportent des états de la nature ambigus et des buts et des contraintes vagues, lorsque de hauts niveaux de précision ne sont pas accessibles, quand des classifications binaires sont irréalistes et enfin lorsque le niveau de précision des estimations nécessaires aux analyses n'est pas fixé. Zebda illustre sa conclusion par l'exemple suivant : imaginons un problème dans lequel nous devons choisir un système d'information. Le décideur doit choisir le meilleur système parmi l'ensemble des systèmes possibles. Le meilleur système est souvent défini comme étant celui qui répond à un certain nombre de contraintes et de critères dont l'énoncé est vague. Par exemple, il n'est pas inhabituel d'utiliser des contraintes et critères tels que « le système doit être bon marché, rapide, fiable, facile à réparer, facile à comprendre, très adaptable, peu coûteux à l'usage, et avec une grande capacité de stockage ». De plus, les pondérations et les compromis à effectuer entre les contraintes et les critères ne sont pas clairement définis. Des termes tels que « très important » ou « acceptable » sont généralement utilisés pour décrire l'importance du critère.

Après cette présentation de la logique floue et de son intérêt pour le domaine de la comptabilité-contrôle, nous allons exposer dans une première section, la part des mathématiques floues susceptible de nous intéresser dans le cadre du contrôle de gestion. Nous chercherons ensuite à clairement différencier le cadre de la logique floue de celui des probabilités. Nous verrons, dans une troisième section, comment Lesage (1999) a proposé, sur la base de la logique floue, de passer du paradigme

---

<sup>1</sup> cité par Zebda (1991, p.132)

<sup>2</sup> cité par Zebda (1991, p.133)

classique du calcul de coûts qu'est le paradigme de la mesure, au paradigme cognitif. Nous concluons sur les avantages qui logiquement devraient découler d'une application floue des outils de contrôle de gestion.

## 2.1 Présentation de l'application des mathématiques floues au domaine de la comptabilité – contrôle de gestion

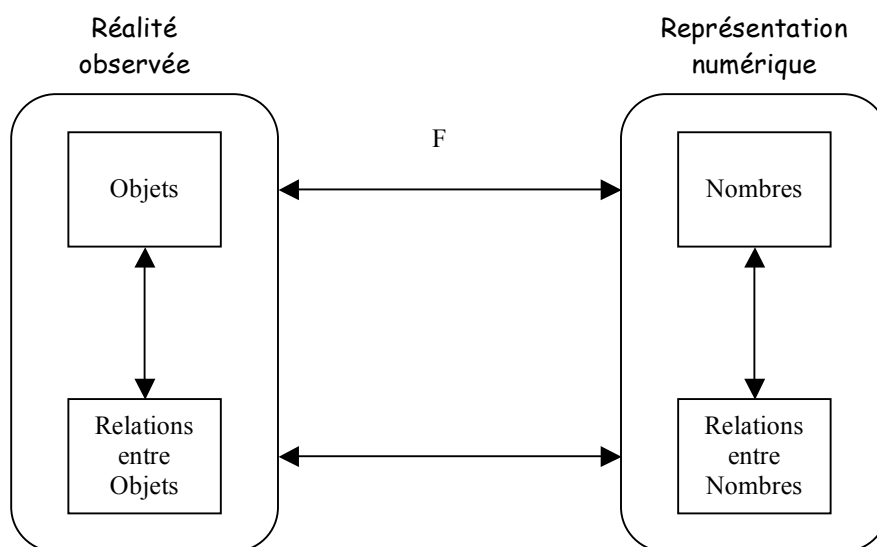
Nous allons d'abord nous intéresser à la théorie de la mesure et au calcul de coûts dans ce cadre. Nous verrons, ensuite, les limites que comporte l'arithmétique élémentaire utilisée par la comptabilité de gestion, et définirons les notions d'imprécision et d'incertitude. Enfin, nous découvrirons les concepts de la logique floue et du nombre flou et étudierons rapidement les principes de calcul avec les nombres flous. Nous reprenons principalement dans cette présentation de la logique floue appliquée au contrôle de gestion les propos de Lesage (1999).

### 2.1.1 Théorie de la mesure et calcul de coûts

La théorie de la mesure, au sens mathématique, a trait au problème de représentation de la structure d'un espace correspondant à la « réalité observée », supposée empiriquement accessible, dans un espace de « représentation numérique » (cf. figure 2.1 page suivante). L'exigence de la définition d'une mesure est donc élevée, puisqu'elle impose que la fonction  $F$  qui transforme la réalité observée en la représentation numérique conserve la structure d'ordre existant dans la réalité observée. Par conséquent, la mesure par  $F$  impose que  $F$  constitue un isomorphisme entre les deux espaces.

Lesage (1999) montre que la modélisation du coût par la théorie de la mesure nécessite et renforce dans le même temps l'hypothèse d'information parfaite. Cette information parfaite constitue la clef de voûte du modèle classique, renforçant considérablement sa cohérence. L'illustration en est faite dans diverses caractéristiques du modèle classique. La structure d'ordre total, par exemple, est cohérente avec l'utilisation faite des outils de gestion pour le pilotage de l'entreprise dans son environnement : elle permet effectivement le calcul des écarts puisque l'on peut toujours déterminer un ordre entre les éléments et en quantifier la différence. Cette logique correspond bien à la conception taylorienne de l'entreprise, avec un état optimal et des écarts à mesurer pour entreprendre des actions.

FIG. 2.1 – Le processus de la mesure



Source : Casta (1994)

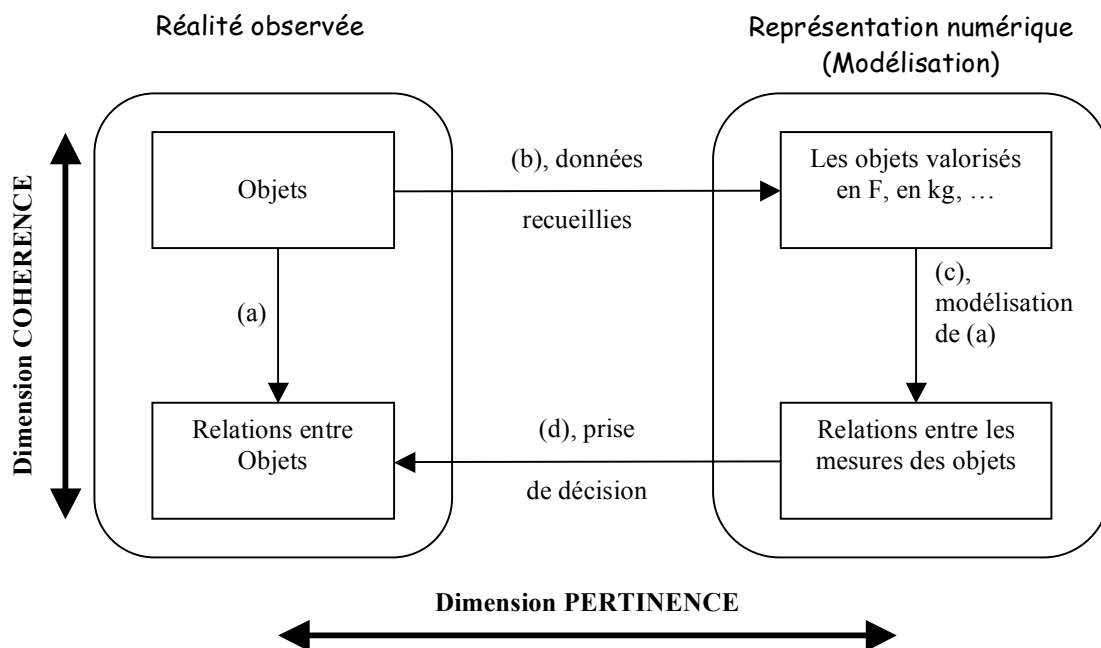
« Le concept de mesure intervient [...] dans le modèle classique à la fois comme une conséquence de son hypothèse paradigmatique d'information parfaite, et comme une véritable clé de voûte permettant de maintenir une très forte cohérence. Sous cette forme, le coût est un objet de connaissance objective, parfaitement inscrit dans un cadre positiviste. [...] La force du système classique d'analyse des coûts provient de cette cohérence. Douter d'un seul de ses éléments impose une remise en cause globale.<sup>3</sup> »

Lesage (1999) constate que les notions de pertinence et de cohérence sont liées dans le cadre mathématique de la théorie de la mesure (cf. figure 2.2 page ci-contre). La question de savoir si l'on peut utiliser une modélisation classique qui exige théoriquement un contexte informationnel parfait, dans un contexte réel caractérisé par une information disponible imparfaite, ou si on doit impérativement retrouver la cohérence entre les hypothèses de la modélisation et les conditions de la modélisation peut être étudiée au travers de ces notions de pertinence et de cohérence.

C'est bien parce que la relation réelle (a) est correctement modélisée par la relation (c) (domaine de la cohérence) que les données recueillies par les mesures (b) permettent de prendre des décisions (d) dans la sphère de représentation numérique (modélisation) applicables dans la sphère de la réalité (domaine de la pertinence).

<sup>3</sup> Lesage (1999, pp. 37-38)

FIG. 2.2 – Mesure et Pertinence / Cohérence



Source : Lesage (1999, p. 49)

Lesage identifie ainsi deux raisons au découplage de (b) et de (d), c'est-à-dire à la perte de pertinence :

- Une perte de pertinence de première espèce due à une modélisation (c) insuffisante. Cette *perte de cohérence* génère une perte de pertinence dès lors que les défauts de la modélisation conduisent à prendre des décisions erronées, ou inversement, à ne pas prendre les décisions cruciales.
- Une perte de pertinence de seconde espèce due à l'insuffisance des mesures (b). La *perte de pertinence* provient de l'impossibilité de calculer un coût suffisamment réaliste pour une action pertinente dans la sphère de la réalité.

Ainsi, la méthode ABC par exemple, tend à améliorer la modélisation de la consommation de ressources (c) par deux moyens :

- Un découpage plus fin de l'entreprise que ne le proposaient les outils traditionnels, avec un nombre plus élevé de variables élémentaires (meilleure modélisation), et une grande spécialisation de ces variables (meilleure mesure) ;
- L'utilisation des variables reflétant mieux le processus de création de valeur, en retenant les causes des coûts, et non les coûts eux-mêmes.

Cependant, l'ABC présente la caractéristique de demeurer inscrit dans le cadre de la théorie de la mesure. La méthode repose donc sur l'hypothèse d'information parfaite, alors que beaucoup d'informations disponibles dans la réalité ne sont pas parfaites. Nous sommes donc bien toujours dans la situation exposée précédemment (Lesage, 1999, p. 55).

Lesage constate, en outre, que la cohérence est une condition nécessaire à la pertinence (il paraît en effet impossible de prendre une décision correcte sur la base d'un chiffre faux, à moins de compter sur la chance !). Elle n'est cependant pas suffisante puisque la correcte modélisation d'un phénomène n'implique pas forcément que le résultat est utile pour la décision ou le contrôle, puisque la pertinence est toujours relative à un but. *La cohérence est une condition nécessaire, mais non suffisante à la pertinence.*

L'auteur remarque également que les notions de cohérence et de précision sont différentes : ne pas être précis ne signifie pas que le modèle n'est pas cohérent, donc fiable. Inversement, sortir un chiffre précis ne signifie pas forcément que le modèle soit cohérent : il peut y avoir des erreurs dans l'agrégation des données de base. Ces deux notions sont néanmoins en relation :

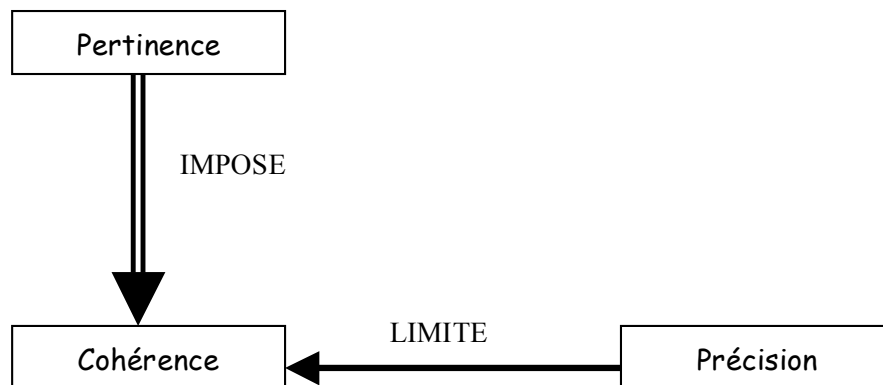
- La précision influe sur la cohérence : une plus grande exigence de précision exige forcément une meilleure connaissance du problème et / ou une meilleure saisie des données de base ;
- La cohérence peut influencer sur la précision : une meilleure modélisation peut permettre d'exiger une meilleure précision du calcul du coût, si les variables d'entrée sont plus précises et leurs relations sont mieux prises en compte. Lesage rappelle cependant que l'on se situe dans un monde où l'information est imparfaite. Il suffit notamment qu'une des variables soit imprécise (une grandeur soit difficilement mesurable, soit arbitraire) pour que le coût calculé possède au minimum la même imprécision.

Ainsi, ce devrait être le niveau de la cohérence obtenue qui fixe le niveau de précision effectivement atteint. « *Dans les faits, la précision est toujours recherchée, faisant ainsi peser sur la cohérence une très forte contrainte, puisqu'elle doit assurer la relation entre monde réel et modélisation au niveau de précision alors exigé* » (LESAGE, 1999, p. 68).

Lesage retient donc que la notion centrale est la cohérence. Il montre ainsi le vrai visage du triangle du coût, *Pertinence-Cohérence-Fiabilité* qu'affectionne la littérature en comptabilité de gestion<sup>4</sup>. La pertinence d'une information coût impose la cohérence de sa modélisation, laquelle est inversement liée au niveau de précision recherché (figure 2.3 page suivante).

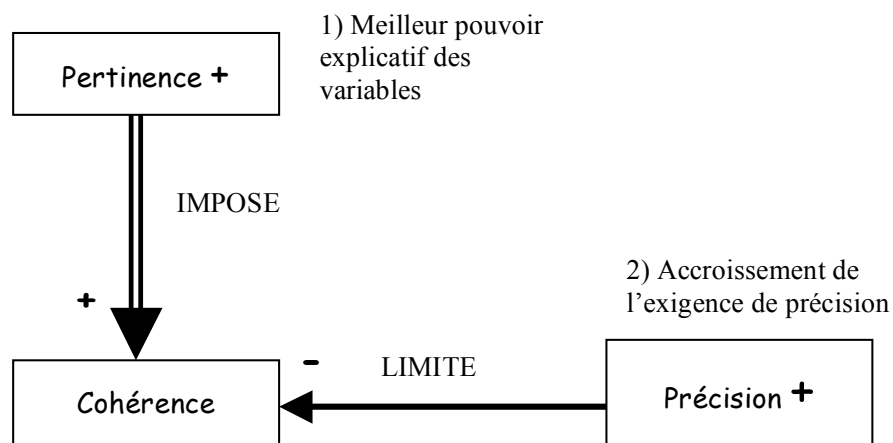
<sup>4</sup> Lesage cite en exemple Johnson, Kaplan, Cooper, Apotheloz, Noreen, Bouquin (p. 63).

FIG. 2.3 – Le triangle du coût modifié



Source : Lesage (1999, p. 69)

FIG. 2.4 – Le triangle du coût modifié appliqué à l'ABC



Source : Lesage (1999, p. 71)

En appliquant ce triangle à la méthode ABC, on constate les relations suivantes :

- La recherche d'une plus grande pertinence est atteinte en améliorant la cohérence grâce à une meilleure qualité de la modélisation, comme nous l'avons vu plus haut ;
- Le recours à l'ABC a pour conséquence l'augmentation du nombre de variables, ce qui accroît l'exigence de précision, tant au niveau de leur évaluation qu'au niveau de leur interrelation. Cette recherche de la précision a un effet négatif sur la cohérence.

Cela mène à la situation contrastée de la figure 2.4.



*« Peut-être retrouve-t-on là les vifs débats occasionnés par le développement de la méthode ABC. Ses partisans se focalisent sur la chaîne 1), et ses détracteurs s'appuient sur 2) pour affirmer que rien n'avait changé par rapport à la méthode des coûts complets. À noter que l'ABM, qui semble obtenir l'accord de tous, abandonne délibérément la chaîne 2), pour se concentrer sur la 1). De ce fait, la méthode ABC abandonne ses prétentions à modéliser précisément le coût, de manière identique à la méthode des coûts complets. »*

LESAGE (1999, P. 71)

Sans doute y voit-on aussi tout l'antagonisme qui existe entre l'ABC des mécaniciens et l'ABC des constructivistes.

Partant du constat que le nœud gordien est dans la relation Cohérence-Précision, et dans le carcan qu'impose la précision à la cohérence, Lesage propose face à cette impasse d'abandonner la précision.

### 2.1.2 Les limites de l'arithmétique élémentaire

*« Le constat relève de l'évidence : la plupart des concepts traités par la comptabilité sont de pures abstractions « construites » par l'homme, qui n'ont pas, le plus souvent, d'équivalents dans le monde physique. De plus, pratiques professionnelles et instances de normalisation créent continuellement des symboles définis comme des objets linguistiques, c'est-à-dire dotés d'une imprécision irréductible, voire d'ambiguïté : Frais de recherche-développement, Marques commerciales, Quasi-fonds propres, ... »*

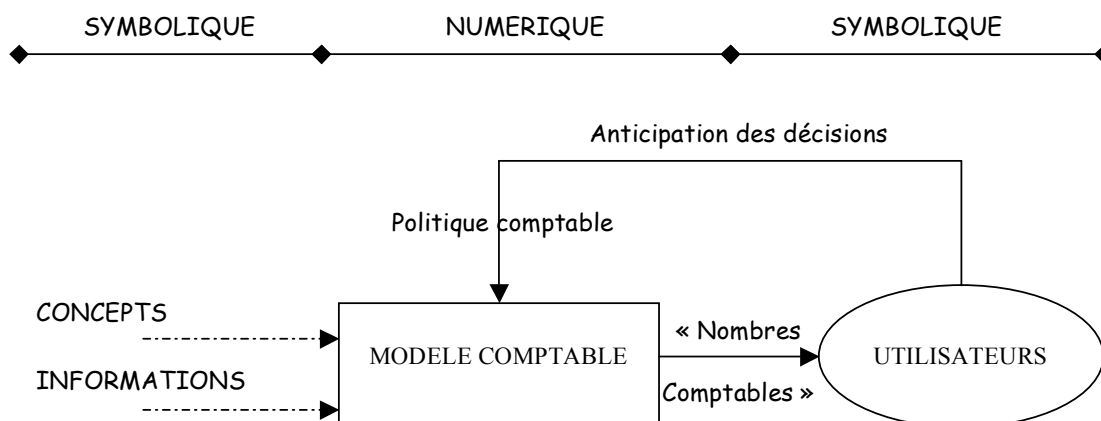
CASTA (1994)

Ainsi, les informations à l'entrée du modèle comptable se présentent sous une forme pseudosymbolique, à la fois à cause de l'incertitude attachée aux données de gestion, et à cause de l'imprécision des évaluations comptables.

Le modèle comptable, sur lequel est fondée l'intégralité des systèmes de contrôle de gestion, ABC ou pas, s'appuie sur une structure calculatoire directement issue de l'arithmétique élémentaire. Il n'est donc pas capable de traiter tous les problèmes engendrés par l'imperfection de l'information :

*« Fondé sur une approche strictement quantitative, [le modèle comptable] renonce par construction à appréhender et à conserver au cours des traitements l'ambiguïté sur les concepts ainsi que l'incertitude sur les données : il les numérise de façon discrétionnaire et fait ensuite*

FIG. 2.5 – Équilibre informationnel du modèle comptable



Source : Casta (1994)

*subir à leur expression numérique des traitements arithmétiques qui sont à l'origine du « syndrome de l'exactitude » maintes fois relevé<sup>5</sup>. La réduction ainsi opérée se traduit par une conversion, souvent implicite, de concepts imprécis et / ou incertains, en une représentation strictement numérique, seule finalement accessible à l'utilisateur. »*

CASTA (2000)

Certains dysfonctionnements qui affectent les états financiers sont la conséquence de cette conception restrictive (cf. figure 2.5) :

- L'effet de seuil, lié à l'illusion de la précision, se traduit par de brusques discontinuités dans le comportement des utilisateurs de « nombres comptables » lorsque ces mesures passent de valeurs admissibles à des valeurs non acceptables, pourtant proches ; par exemple, les clauses contractuelles portant sur des ratios d'endettement ;
- L'effet de réduction prématurée de l'entropie résulte des décisions prises par les comptables ou les contrôleurs de gestion en vue de numériser une information initialement imprécise, vague et / ou incertaine. *Ce mécanisme empêche, de façon occulte, sur le processus de prise de décision de l'utilisateur et conduit à lui présenter des états financiers perçus comme une valorisation d'éléments dénuée d'incertitude.*

<sup>5</sup>Voir, par exemple Morgenstern (1950, 1972), Casta (1994), Casta et Bry (1995), cités par Casta (2000).

### 2.1.3 Imprécision et incertitude

Nous avons déjà évoqué l'existence des deux concepts distincts que sont l'imprécision et l'incertitude à la section 1.1.3.1 page 27. Nous allons en préciser la définition avant d'aller plus avant dans notre raisonnement.

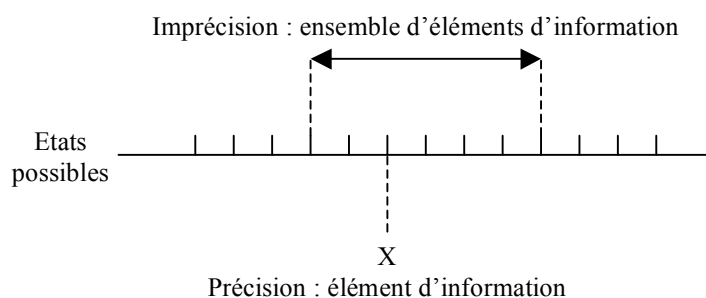
L'imprécision provient de difficultés dans l'énoncé de la connaissance issues de

:

- Connaissances numériques mal connues ;
- Descriptions vagues<sup>6</sup>.

Le concept de précision peut être représenté par un ensemble de points dans l'espace des états possibles, le point représentant l'élément d'information de base. Plus cet ensemble tend vers le singleton, plus l'information est précise. L'*imprécision* survient quand l'information souhaitée est du niveau de l'*élément*, alors que l'information disponible est du niveau d'un *ensemble contenant l'élément* que l'on cherche à connaître (cf. figure 2.6).

FIG. 2.6 – L'imprécision



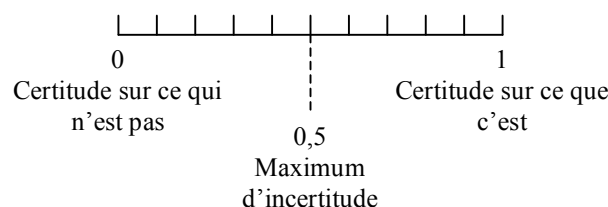
Source : Lesage (1999, p. 72)

La *certitude* est une notion plus délicate à représenter. Elle constitue une appréciation sur la véracité de l'information obtenue : il s'agit donc bien d'une notion différente de la précision. Généralement, le doute est évalué par un niveau sur une échelle de 0 à 1, le niveau 0,5 représentant le maximum d'incertitude (cf. figure 2.7 page ci-contre).

Un exemple est fourni par le coefficient de corrélation statistique  $\rho$ , exprimant le degré de corrélation entre deux variables : lorsqu'il vaut 1, on sait que les deux variables sont corrélées, lorsqu'il vaut 0, on sait qu'elles ne sont pas corrélées, lorsqu'il vaut 0,5, on ne peut pas se prononcer.

<sup>6</sup> Bouchon-Meunier (1995, p. 3)

FIG. 2.7 – L'incertitude



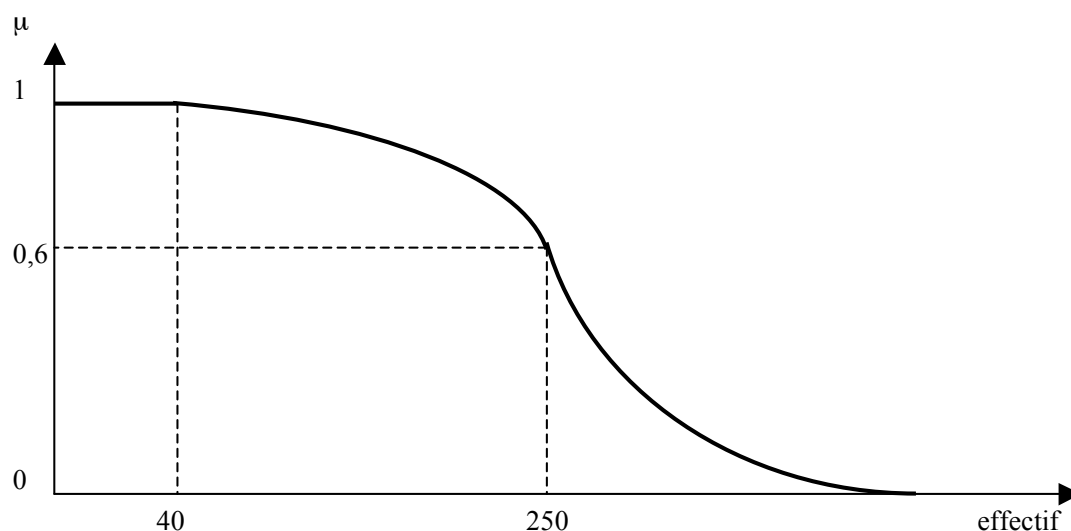
Source : Lesage (1999, p. 73)

### 2.1.4 La logique floue

De nombreux auteurs ont cherché à combler la déficience des mathématiques classiques par l'usage des probabilités dans les outils de gestion. Lesage (1999) montre que celles-ci ne permettent cependant pas de résoudre le problème d'incohérence des outils de gestion, car la théorie des probabilités, même subjective, ne peut traiter qu'une forme particulière de l'imperfection : la précision et l'incertain mesurable (ou quantifiable, ou probabilisable, selon les différents termes employés). La théorie des probabilités a besoin de dénombrer des états de la nature mutuellement exclusifs (le nombre de boules rouges et de boules blanches dans la boîte) et de leur attribuer une probabilité d'occurrence, ce qui est impossible à réaliser dans le cadre de l'activité économique. La forme de l'imperfection des informations généralement disponibles échappe au domaine probabiliste (voir également *Différences entre les apports de la logique floue et ceux des probabilités* (page 109)).

Zadeh fait paraître en 1965 le premier article sur la *théorie des sous-ensembles flous*, qui a pour objectif le traitement des formes générales de l'imprécision. En 1978, il effectue la liaison entre le traitement de l'incertitude et celui de l'imprécision, en partant du constat que « raisonner à partir de connaissances imprécises nécessite de pouvoir traiter des incertitudes de nature non probabiliste ». Zadeh introduit alors la théorie des possibilités, qui a pour objet le traitement de l'incertitude non probabiliste. Dès lors, le traitement des informations imparfaites peut être effectué dans le cadre conjoint de la théorie des possibilités et de la théorie des sous-ensembles flous, cadre qui constitue la logique floue.

La notion d'ensemble flou provient du constat, établi par Zadeh en 1965, que très souvent, les classes d'objets rencontrés dans le monde physique ne possèdent pas de critères d'appartenance bien définis. Ce constat ne fait que souligner le fossé qui sépare les représentations mentales de la réalité et les modèles mathématiques usuels (à base de logique binaire, de nombre réels, d'équations différentielles, etc.).

FIG. 2.8 – Fonction d'appartenance  $\mu_{pme}$ 

Source : Casta (1994, p. 94)

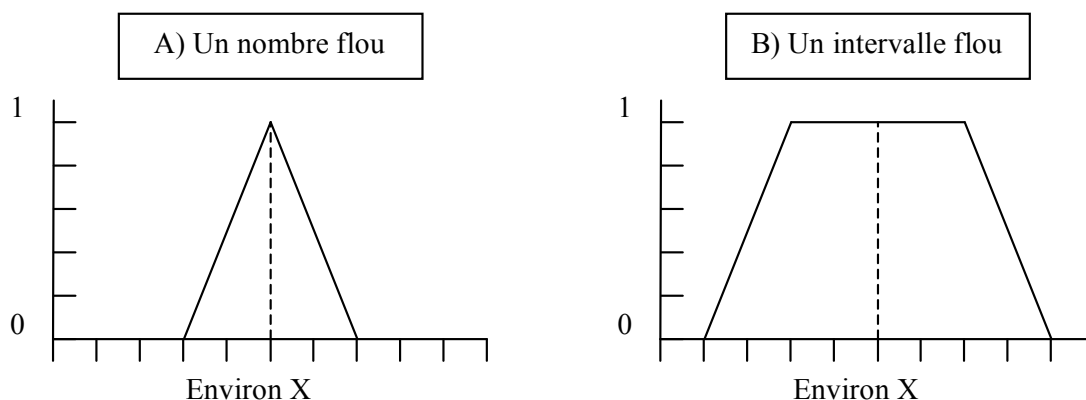
Les classes d'objets auxquelles Zadeh fait allusion n'existent qu'au travers de ces représentations mentales, et correspondent à des termes vagues du langage naturel, tels que « température élevée », « homme jeune », etc.

L'idée de Zadeh a été de suggérer qu'au lieu de chercher à tout prix un seuil unique de décision pour l'appartenance à l'ensemble des âges « jeunes » dans un contexte donné, il semblait plus réaliste de considérer deux seuils  $s_1 < s_2$ , tels que le terme « jeune » s'applique parfaitement aux âges plus petits que  $s_1$  (par exemple 20 ans), et ne s'applique plus du tout au dessus de  $s_2$  (par exemple 40 ans). Les âges plus petits que  $s_1$  auront le degré d'appartenance maximal (en général supposé égal à 1) et les âges plus grands que  $s_2$  auront un degré d'appartenance minimal (en général égal à 0). Entre  $s_1$  et  $s_2$ , les degrés d'appartenance seront intermédiaires, par convention entre 0 et 1. Ainsi, la logique floue admet que l'appartenance puisse être graduelle et qu'elle *comporte une phase de transition allant de l'appartenance à la non-appartenance*.

À titre d'illustration, nous pouvons considérer le concept vague de « PME » tel qu'il est défini par la connaissance de l'effectif salarié. Dans une telle situation, si l'ensemble  $M$  est celui des effectifs (c'est-à-dire l'ensemble des entiers naturels), le sous-ensemble flou PME est totalement défini par sa fonction d'appartenance  $\mu_{pme}$  qui peut, par exemple, être représentée graphiquement (cf. figure 2.8).

L'effectif « 40 salariés » appartient avec un degré  $\mu_{pme}(40) = 1$  à l'ensemble flou PME. Au contraire, l'effectif « 250 salariés » n'appartient à cet ensemble flou

FIG. 2.9 – Nombre Flou et Intervalle Flou



*D'après Lesage (1999, p.106-108)*

qu'avec un degré de 0,60.

Nous voyons donc que la théorie des sous-ensembles flous offre une robustesse des modèles, une extension à des applications impossibles en algèbre classique et une facilité de compréhension, et d'actualisation du fait de l'usage du langage naturel. Notre propos n'est pas de développer ici l'intégralité de la logique floue, nous allons donc rapidement voir les principales applications de la logique floue que nous allons utiliser dans le cadre du contrôle de gestion.

### 2.1.5 Le nombre flou

Nous appellerons par souci de simplification nombre flou aussi bien les *nombres flous* que les *intervalles flous* (cf. figure 2.9). Dans cet exemple, nous voyons que le cas B) présente une *plus grande imperfection* que le cas A).

La représentation du nombre flou doit donc se comprendre comme l'explicite la figure 2.10 page suivante.

Plus l'aire située sous la courbe est grande, plus le nombre est imparfait et donc plus son entropie est élevée. Un intervalle flou s'écrit normalement comme un ensemble de paires de coordonnées (valeur ; appartenance), suivant des intervalles choisis pour la numérisation de l'intervalle. Ainsi, le nombre flou « environ 2 » de la figure 2.11 page suivante s'écrirait-il, avec un intervalle de 0,5 :

« environ 2 » = (0, 5; 0); (1; 0, 5); (1, 5; 1); (2; 1); (2, 5; 1); (3; 0, 5); (3, 5; 0)

De tels nombres flous ne sont pas très faciles à manipuler, ni à utiliser dans des calculs. Dubois et Prade (1987) ont montré que la forme exacte de la fonction

FIG. 2.10 – Signification de la représentation du nombre flou

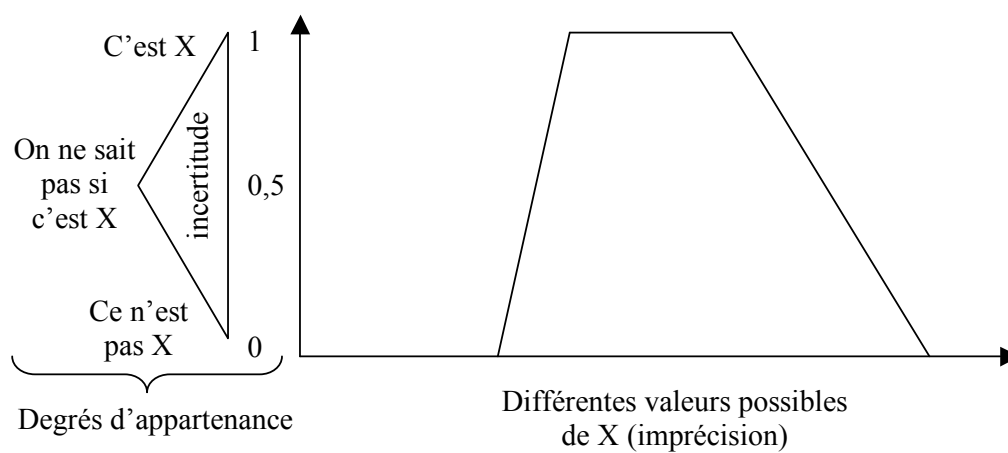
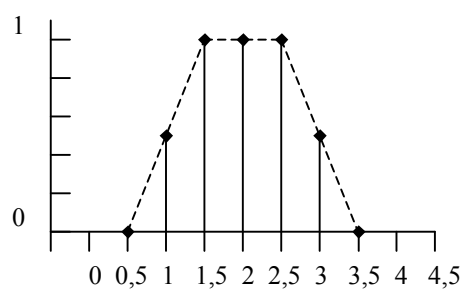
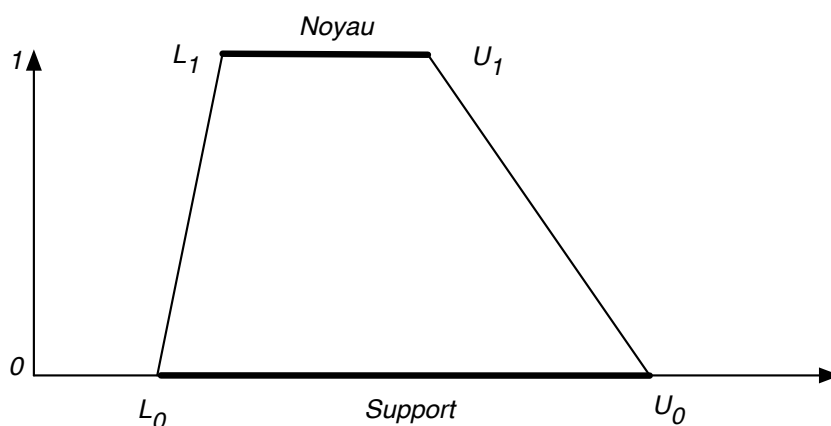


FIG. 2.11 – Représentation du sous-ensemble flou « environ 2 »



*D'après Lesage (1999, p.106-108)*

FIG. 2.12 – Définition des attributs du NFT



n'a que peu d'importance, et que l'on peut l'approximer par un trapèze, et n'en traiter que les quatre coordonnées, sans affecter gravement le résultat des calculs. Nous nous limiterons donc à ces nombres flous trapézoïdaux (NFT), ainsi qu'à leur cas particulier, le nombre flou triangulaire, dans la suite de notre exposé (remarquons au passage qu'un nombre réel correspond pour un NFT au cas particulier où les quatre coordonnées ont la même valeur). Nous allons tout d'abord définir les différents attributs du NFT (cf. figure 2.12).

Nous appellerons donc les quatre coordonnées du NFT  $L_0, L_1, U_1, U_0$ . L'intervalle compris entre  $L_1$  et  $U_1$  ayant un degré d'appartenance maximal s'appellera le *noyau*. Quant à l'intervalle représentant l'amplitude maximale du NFT, comprise entre  $L_0$  et  $U_0$ , nous l'appellerons le *support*. Dans le cas particulier du nombre flou triangulaire, le noyau se limite bien sûr à une valeur. Le NFT représenté sur la figure 2.12 s'écrit :

$$X = [L_0; L_1; U_1; U_0]$$

### 2.1.6 Arithmétique floue

Nous allons à présent nous intéresser à l'application des quatre opérations mathématiques de base (les plus utilisées par le contrôle de gestion) sur les NFT. Nous verrons d'abord comment s'effectuent les calculs en absence d'information sur les éventuelles interactions pouvant exister entre les deux termes du calcul, puis une



seconde façon de calculer permettant de prendre en compte une relation entre les variables.

## Opérations de base

Le principe d'extension de Zadeh permet d'étendre les opérations arithmétiques classiques aux nombres flous de la manière suivante (Klir et Yuan, 1995, p. 106) :

Soit trois NFT,  $X, Y, Z$ ,

$$X = [L_0(X); L_1(X); U_1(X); U_0(X)]$$

$$Y = [L_0(Y); L_1(Y); U_1(Y); U_0(Y)]$$

$$Z = [L_0(Z); L_1(Z); U_1(Z); U_0(Z)]$$

et  $*$ , l'une des 4 opérations de base  $+$ ,  $-$ ,  $\times$ ,  $/$ .

$Z = X * Y$  est un NFT défini par ses quatre coordonnées :

$$L_0(Z) = \min(L_0(X) * L_0(Y), L_0(X) * U_0(Y), U_0(X) * L_0(Y), U_0(X) * U_0(Y))$$

$$L_1(Z) = \min(L_1(X) * L_1(Y), L_1(X) * U_1(Y), U_1(X) * L_1(Y), U_1(X) * U_1(Y))$$

$$U_1(Z) = \max(L_1(X) * L_1(Y), L_1(X) * U_1(Y), U_1(X) * L_1(Y), U_1(X) * U_1(Y))$$

$$U_0(Z) = \max(L_0(X) * L_0(Y), L_0(X) * U_0(Y), U_0(X) * L_0(Y), U_0(X) * U_0(Y))$$

L'utilisation des NFT pour l'arithmétique floue revient donc à effectuer des calculs d'intervalles (Klir et coll., 1997, p. 174).

S'il est important de pouvoir prendre en compte l'imperfection de l'information dans le calcul de coûts, un problème se pose cependant lors de l'utilisation de l'arithmétique floue, c'est l'hypothèse d'indépendance des variables. En arithmétique classique une telle hypothèse n'a pas de conséquences sur le résultat, puisque les calculs sont opérés sur des variables précises, le résultat sera lui aussi précis. En revanche, en arithmétique floue, cette hypothèse va générer une imperfection de l'information artificielle dans les résultats de calculs si les variables ne sont pas indépendantes.

Puisque l'arithmétique floue avec les NFT revient à des calculs d'intervalles, illustrons le problème à partir de ces calculs, plus simples à illustrer et visualiser :

Soit deux intervalles  $[a, b]$  et  $[c, d]$  :

Addition :  $[a, b] + [c, d] = [a + c, b + d]$

Soustraction :  $[a, b] - [c, d] = [a - d, b - c]$

Source : (Klir et coll., 1997, p. 175)

Ainsi, si nous additionnons  $[2, 5] + [1, 3] = [2 + 1, 5 + 3] = [3, 8]$ , mais si nous effectuons le calcul inverse :  $[3, 8] - [1, 3] = [3 - 3, 8 - 1] = [0, 7]$ , nous ne retrouvons pas le premier de nos deux intervalles.

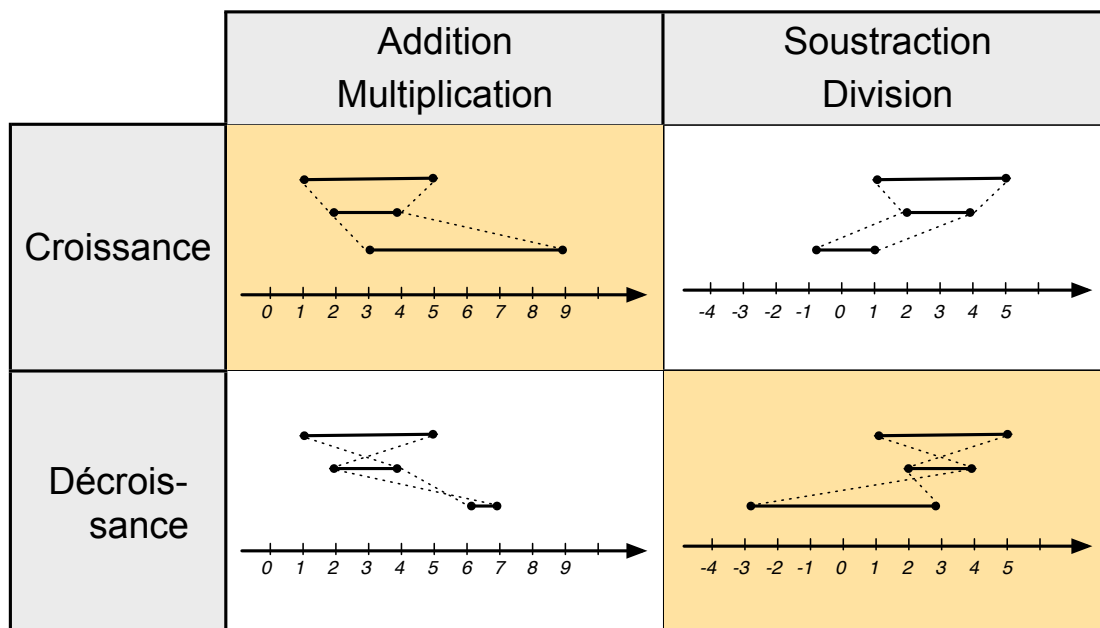
$[2, 5]$  fait cependant bien partie de l'intervalle  $[0, 7]$ , le résultat du calcul n'est donc pas faux, mais il est *plus imprécis* et nous voyons ici que ce calcul inverse a généré 4 unités d'entropie ( $7 - 5 + 2 - 0$ ) du fait de l'hypothèse d'indépendance des variables. Cette hypothèse revient dans les faits à conserver le calcul le plus imprécis entre un calcul avec une relation croissante et un calcul avec une relation décroissante entre les variables, il s'agit donc d'un « principe de prudence ».

La relation intervariables qui produit la plus grande entropie dans l'addition et la multiplication est la *croissance* alors que celle qui produit la plus grande entropie dans la soustraction et la division est la *décroissance* (figure 2.13 page suivante). En effet, additionner nos deux intervalles par l'équation  $[a, b] + [c, d] = [a + c, b + d]$  revient à considérer que lorsque la valeur de la première variable augmente, celle de la seconde aussi. En revanche, la soustraction  $[a, b] - [c, d] = [a - d, b - c]$  revient à considérer que lorsque la valeur de la variable décrite par le premier intervalle croît (de a vers b), la valeur de la variable décrite par le second intervalle décroît (de d vers c).

Si lorsque nous effectuons notre calcul inverse  $[3, 8] - [1, 3]$  nous considérons qu'il y a bien une relation croissante entre ces deux termes (de même qu'il y avait une relation croissante sous-entendue dans l'addition d'origine), le calcul se poserait alors  $[3-1, 8-3]$  et nous retrouverions bien notre intervalle initial de  $[2, 5]$ .

Les 4 unités d'entropie générées dans notre soustraction « avec variables indépendantes » ne sont pas sans importance pour le calcul de contrôle de gestion. En effet, la connaissance de relations entre les variables est légion (les coûts de production augmentent avec le chiffre d'affaires, l'achat de matières augmente avec le niveau de production, le prix diminue avec l'augmentation de la quantité, etc. ). Cette entropie ainsi artificiellement générée peut être particulièrement importante (4 unités d'entropie artificielle pour un calcul portant sur un intervalle de 3 unités dans notre exemple), et peut rapidement mener lors d'un calcul un peu compliqué

FIG. 2.13 – Opérations, relations entre variables et entropie



Les exemples illustrés portent sur des additions et soustractions. Les calculs retenus par défaut sont ceux qui se situent sur les cellules grisées, ce sont ceux qui conservent systématiquement le résultat le plus étendu.

à un résultat tellement vague qu'il signifierait « tout peut arriver », ce qui n'est pas de nature à faciliter la décision.

## Calculs avec relations de dépendances

Pour pallier à cet inconvénient, Lesage (1999, 2001b) a proposé l'« IFA », *Interactive Fuzzy Arithmetic* – soit l'arithmétique floue prenant en compte les relations intervariables – ainsi nommée par opposition à l'arithmétique floue par défaut, « BFA » pour *Basic Fuzzy Arithmetic*, que nous avons vu ci-dessus.

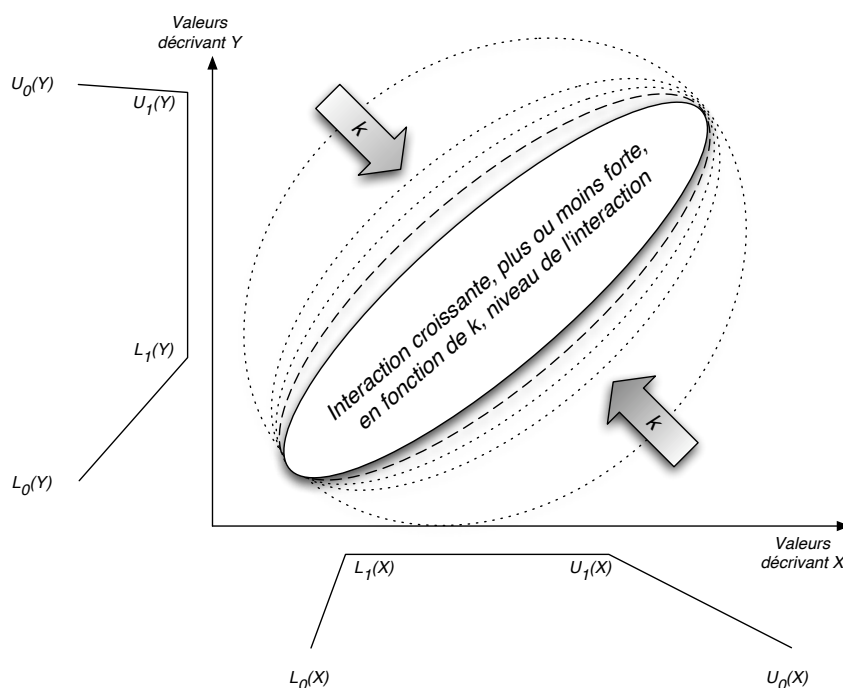
Dans les exemples que nous avons illustrés ci-dessus à l'aide du calcul d'intervalle, les relations croissantes et décroissantes s'entendaient au sens *strict*, c'est-à-dire qu'elles étaient linéaires. Cependant, il est très fréquent dans une problématique de gestion que l'on soit conscient d'une interaction entre variables, mais celle-ci n'est pas forcément de type linéaire, par exemple : « En tant que bons gestionnaires, nous tendrons à maîtriser les charges en fonction des produits ». Il s'agit là d'une relation<sup>7</sup> « globalement » croissante entre les deux variables, mais

<sup>7</sup> Lesage les nomme désormais interactions depuis sa dernière communication concernant

qui n'est pas linéaire.

Pour permettre de régler l'interaction entre les variables d'un niveau nul (pas d'interactions) à un niveau de linéarité, Lesage a proposé de calculer des coordonnées sur un continuum entre ces deux niveaux, en pondérant les coordonnées trouvées dans un calcul avec stricte interaction et un calcul sans interactions par un facteur de véracité de l'interaction (plus ou moins forte, voir figure 2.14 et figure 2.15 page suivante).

FIG. 2.14 – Profil d'interaction croissante entre deux NFT

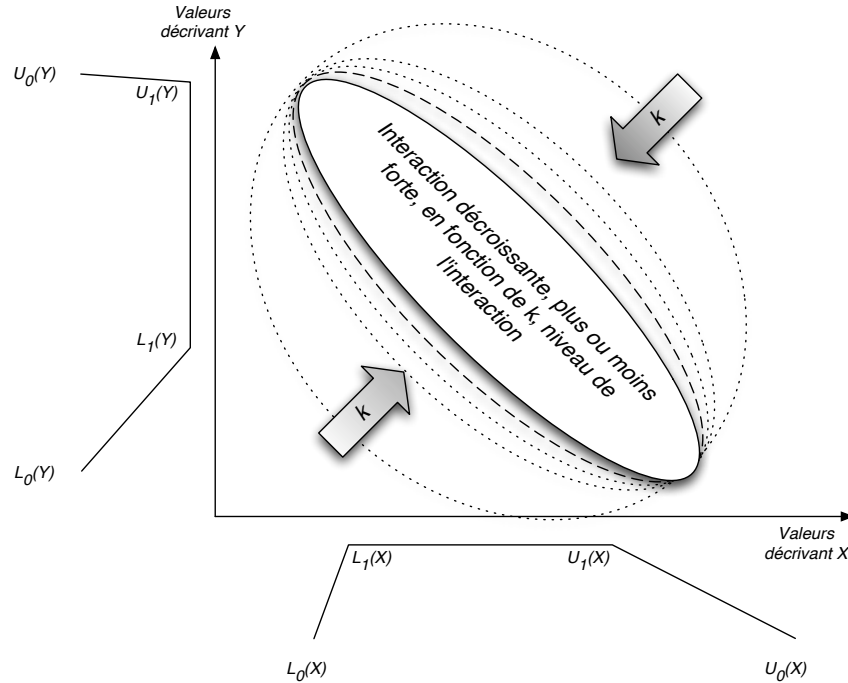


*D'après Lesage (2001b, p. 55)*

Dans sa première version (Lesage, 1999, 2001b), l'outil permettant de prendre en compte les relations de dépendances souffrait de complexité de mise en œuvre ainsi que de biais calculatoires qui rendaient son utilisation peu aisée (*voir* Frydender, 2003). La nouvelle version que nous allons exposer ici (Lesage, 2003) a effacé tous ces inconvénients, elle est donc à la fois facilement applicable et ne présente plus d'artefacts de calcul risquant de perturber son utilisation.

l'IFA. Nous les nommerons indifféremment relations ou interactions dans la suite du document.

FIG. 2.15 – Profil d'interaction décroissante entre deux NFT



*D'après Lesage (2001b, p. 55)*

L'auteur propose d'abord de calculer un « noyau incompressible » correspondant à une interaction linéaire entre les variables. Ce noyau correspondant au cas de figure où l'interaction est maximale, il n'est pas possible que le résultat du calcul puisse être un noyau de taille inférieure à celui-ci.

### **Calcul du noyau incompressible**

Soit  $(X *_b k Y)$  opération arithmétique interactive de niveau d'interaction  $k$  croissante  $\uparrow$  ou décroissante  $\downarrow$  (signalé par  $_b$  de façon générale).

Interaction croissante stricte :

$$L_1(X *_\uparrow k Y) = [L_1(X) * L_1(Y)]$$

$$U_1(X *_\uparrow k Y) = [U_1(X) * U_1(Y)]$$

Interaction décroissante stricte :

$$L_1(X *_k Y) = [L_1(X) * U_1(Y)]$$

$$U_1(X *_k Y) = [U_1(X) * L_1(Y)]$$

### **Construction du noyau**

Soit  $S$  le nombre de niveaux de dépendance que l'on veut pouvoir donner au curseur.

Les coordonnées du noyau de l'IFA correspondront à une combinaison linéaire de  $k$  niveaux sur  $S$  niveaux possibles entre les coordonnées du noyau BFA et les coordonnées du *noyau incompressible* :

$$L_1(X *_k Y) = \frac{S-k}{S} L_1(X *_0 Y) + \frac{k}{S} L_1(X *_S Y)$$

$$U_1(X *_k Y) = \frac{S-k}{S} U_1(X *_0 Y) + \frac{k}{S} U_1(X *_S Y)$$

### **Construction du support**

La construction du support suit la même logique : les coordonnées du support de l'IFA correspondront à une combinaison linéaire de  $k$  niveaux sur  $S$  niveaux possibles entre les coordonnées du support BFA et les coordonnées du *noyau incompressible*.

L'auteur a choisi d'effectuer cette combinaison linéaire par rapport au noyau incompressible plutôt que par rapport à un *support incompressible* afin de s'assurer que le support inclue nécessairement le noyau. En effet, le noyau ayant un niveau de possibilité maximum, il est *impossible* qu'une des coordonnées du support appartiennent au noyau ( $L_0 < L_1$  et  $U_0 > U_1$ ) car si l'on a pour une même valeur deux niveaux de possibilité, c'est le niveau le plus fort qui l'emporte.

$$L_0(X *_k Y) = \frac{S-k}{S} L_0(X *_0 Y) + \frac{k}{S} L_1(X *_S Y)$$

$$U_0(X *_k Y) = \frac{S-k}{S} U_0(X *_0 Y) + \frac{k}{S} U_1(X *_S Y)$$

À l'usage, nous avons modifié cette façon de calculer le noyau, nous expliquons pourquoi et comment dans « Fonctionnement de la macro « calculateur flou interactif » (IFA) » à la page 194.

## Calcul de l'« AireEntropie »

Étant donné que le résultat d'un calcul flou est un nombre flou, lors de l'établissement d'un modèle il est pratique de pouvoir définir quelles sont les variables d'entrée qui génèrent le plus d'entropie en sortie. Lesage (1999) propose à cet effet un outil de gestion<sup>8</sup> qu'il nomme « L'AireEntropie ». L'AireEntropie correspond à l'aire du NFT, dont la grandeur détermine le niveau de flou du nombre (plus l'aire du trapèze est grande, plus le nombre est flou). On peut ainsi calculer l'AireEntropie de chaque NFT *input*, puis en faisant varier de 10 % par exemple chacun de ces NFT *input* un à un, observer l'impact produit sur le NFT *output*. On obtient ainsi la sensibilité du NFT *output* à l'entropie de chacun des NFT *input*, et l'on peut alors agir sur la consolidation des hypothèses qui produisent le plus d'incertitude.

L'AireEntropie d'un NFT correspond donc à la formule de l'aire d'un trapèze de hauteur 1 :

$$AE(X) = 0.5 * ((U_1(X) - L_1(X)) + (U_0(X) - L_0(X)))$$

Et il y a donc moyen de calculer la sensibilité de l'AireEntropie du résultat *Res* à l'entropie de chaque variable :

$$S_{AE(Res/X_i)} = \frac{AE(X_i)}{AE(Res)} \times \frac{\Delta AE(Res)}{\Delta AE(X_i)}$$

*« Permettant ainsi d'engager des moyens de manière efficace en vue d'aider à des décisions de gestion, il semble que l'AireEntropie puisse constituer un vrai outil de gestion, émergeant avec le recours à la logique floue pour la modélisation de problèmes de gestion »*

LESAGE (1999, P. 121)

Après avoir présenté la logique floue et son intérêt pour le calcul de coût ainsi l'arithmétique nécessaire à ces « calculs de coûts flous », nous souhaitons dans la sous-section suivante expliciter les raisons principales pour lesquelles les apports de la logique floue au calcul de coûts ne sont pas ceux de la théorie des probabilités. Nous verrons ensuite l'aspect novateur des propositions de Lesage dans l'utilisation de la logique floue pour le calcul de coûts.

<sup>8</sup>Pour une description détaillée de la genèse et de l'intérêt de l'AireEntropie, voir Lesage (1999, p. 117-123).

## 2.2 Différences entre les apports de la logique floue et ceux des probabilités

La première remarque que l'on nous fait lorsque nous parlons d'incertitude et d'un « nouveau » moyen de la gérer mathématiquement est qu'il existe déjà la théorie des probabilités. Celle-ci est en effet souvent assimilée par habitude, et par usage sémantique à la gestion de l'incertitude. Nous avons déjà expliqué les différences qu'il existe différents types d'imperfection de l'information dans *Des informations incertaines* (page 25). Nous souhaitons ici illustrer plus concrètement les conséquences du choix des probabilités ou de la logique floue dans le calcul gestionnaire.

Zebda (1991, p.123) constate que les comptables ont en effet toujours proposé des modèles de décisions quantitatifs pour résoudre les problèmes comptables et d'audit. Il déplore qu'à quelques exceptions près, ces modèles ne tiennent jamais compte de l'ambiguïté que l'on peut trouver dans les variables comptables ou d'audit. Il note qu'au lieu de reconnaître l'existence de cette ambiguïté, les comptables soit l'ignorent, soit la considèrent comme une distribution de fréquences :

*« Le traitement de l'ambiguïté comme s'il s'agissait de hasard pouvant être supporté par des modèles probabilistes est difficile à comprendre parce que [...] la théorie des probabilités n'est pas équipée pour supporter l'ambiguïté »*

Choobineh et Behrens (1992, p. 917) constatent que la logique floue est fondamentalement différente et généralement beaucoup moins bien connue que l'approche standard de probabilité, cependant, elle est généralement plus adaptée à beaucoup de situations de modélisation économique, et cela, selon le niveau de l'information disponible. Cependant, comme le constatent Nachtmann et LaScola Needy (2003), la logique floue est de plus en plus souvent utilisée dans des problèmes de modélisation économique. Ainsi Chiu et Park (1994) l'ont appliquée à la sélection de projets, Wang et Liang (1995) à l'analyse coûts/bénéfices, Chiu et Park (1998) aux plans d'investissement, Gogus et Boucher (1998) à des critères d'investissements alternatifs, Hartman et Hercek (1999) à l'analyse du coût de remplacement et LaScola Needy et Nachtmann (2000) à la méthode ABC.

### 2.2.1 La théorie des probabilités ne sait pas gérer l'incertitude

La distinction opérée par Knight (1921) est bien toujours d'actualité (section 1.1.3.1 page 26). En effet, même si les tenants du paradigme probabiliste



ont tendance à les confondre, ou à les juger toutes deux comme traitables, il faut bien distinguer risque et incertitude. Si la théorie des probabilités est bien à même de gérer les notions de risque, elle perd de son sens en présence de véritable incertitude, c'est ce que nous allons illustrer à présent.

Kast (2002, p. 10) remarque que les théories du risque s'étendent à certaines situations où l'incertitude n'est pas probabilisée et où l'estimation des risques doit garder un caractère subjectif. C'est le cas de problèmes d'investissement dans une activité mal connue, de recherche de minerais dans une région non prospectée, et, d'une manière générale, de paris sur une variable aléatoire dont les différentes réalisations ne peuvent pas être observées (comme les paris sportifs, par opposition aux loteries).

## Deux types d'incertitude probabilisable

Kast (2002, p. 27-29) nous enseigne que la théorie de la décision distingue deux types d'incertitudes. Les jeux de hasard et l'évaluation des paris, qui ont servi d'abstraction pour l'étude des problèmes de décision, permettent de les distinguer par analogie :

- le premier type est caractérisé par des variables engendrées par des mécanismes : il correspond aux paris sur les loteries, roulettes, cartes, etc. ;
- le second par des variables engendrées par des expériences trop complexes pour être répétées dans des conditions identiques : il correspond aux paris sur des événements sportifs tels que les courses de chevaux, les matches de boxe ou de football, sur des événements sociaux comme des élections, ou sur des événements météorologiques, etc.

Ce qui caractérise le premier type d'incertitude est le côté mécanique de la génération des variables, qui fait qu'avant de s'engager sur un pari le décideur a la possibilité d'observer la fréquence d'apparition des événements qui lui semblent pertinents. Ainsi, nous savons par expérience qu'une pièce lancée tombe une fois sur deux sur pile, que l'as a une chance sur six d'apparaître dans le jet d'un dé, etc. Nous savons peut-être aussi que chaque numéro du Loto national a une chance sur quarante-neuf de sortir, mais en revanche nous n'avons pas pu observer la fréquence d'apparition de la suite 48, 03, 25, 39, 11, 05, 44, que nous voudrions jouer. La probabilité d'apparition de cet événement peut cependant être calculée grâce à la théorie des probabilités qui a été développée pour formaliser ce type d'incertitude.

Quel que soit son type, l'incertitude sera formalisée par :

- un ensemble de résultats possibles ;
- un ensemble d'événements qui affectent les conséquences des décisions (les taux d'intérêt sont inférieurs à 4 %). Un événement est caractérisé par les

résultats qui le vérifient (si le taux est de 2 %, l'événement précédent est vérifié) ;

- une pondération de ces événements. Les poids affectés à chaque événement peuvent provenir de la fréquence avec laquelle ils ont été observés. Plus généralement, ils correspondent à une évaluation *subjective* de la vraisemblance de leur apparition.

Kast (2002) précise que dans l'un comme dans l'autre cas, cette pondération pourra être formalisée par la notion de probabilité<sup>9</sup>. C'est à dire qu'après avoir procédé à une description des différents éléments pertinents d'un problème de décision grâce à des listes, des diagrammes et des arbres de décision, on s'attachera à en donner une formulation mathématique. Kast conclut que

*« les outils puissants que propose la théorie des probabilités, dont découlent la théorie statistique et la théorie des séries temporelles, ont amené les théoriciens de la décision à privilégier la formalisation de l'incertitude en des termes qui permettent d'utiliser ces théories mathématiques. »*

Les deux types d'incertitude probabilisables selon Kast sont donc :

- une incertitude dont les probabilités d'occurrence sont « mécaniquement » calculables ;
- une incertitude dont les probabilités d'occurrence sont « subjectivement appréciables ».

## L'avènement des probabilités subjectives

Kast (2002, p.13-14) concède que le fait qu'une théorie mathématique existe ne signifie pas que toutes les situations d'incertitude puissent s'exprimer selon le formalisme probabiliste. En outre, pour chaque problème de décision, restent les *difficultés d'interprétation du formalisme qui représente l'incertitude telle qu'elle est perçue par le décideur*.

*« C'est en concurrence avec l'élaboration de théories économiques qu'ont été posés de nombreux problèmes d'interprétation de l'incertitude dans les problèmes de décision. En particulier, John Keynes (1921) a favorisé une interprétation selon laquelle toutes les probabilités sont conditionnelles et définies par des relations ordinales entre les événements. Ramsey (1931), puis De Pinetti (1930) et Savage (1954),*

---

<sup>9</sup>Ce mot désigne la qualité d'un événement « probable », c'est-à-dire dont on peut prouver qu'il est pertinent précise l'auteur. Une distribution de probabilités est une mesure (elle associe un nombre à cette qualité).

*en critiquant le point de vue fréquentiste (les probabilités des événements sont les fréquences de leurs apparitions dans une expérience aléatoire répétée), ont considéré les lois de probabilités comme des représentations des jugements des décideurs sur la confiance qu'ils accordent à la réalisation des événements. Une telle interprétation conduit à une notion de probabilités subjectives qui ne sont définies que dans le contexte de problèmes de décisions individuels. Les deux notions, fréquentistes et subjectivistes, peuvent cependant être juxtaposées (Anscombe, Aumann (1963)) : les probabilités « objectives » des événements d'une expérience aléatoire (loterie) pouvant être utilisées pour étalonner les probabilités « subjectives » d'événements dont l'apparition ne peut, ou n'a pas pu, être observée. »*

(KAST, 2002, P.14)

Nous voyons donc que bien que conscients que l'incertitude peut revêtir deux principales formes, dont l'une n'est pas directement appréhendable, les tenants de la théorie des probabilités estiment pouvoir prendre en compte cette seconde forme par divers artifices, dont le principal est de chercher à estimer un phénomène complexe grâce à un autre phénomène plus simple, dont on aurait pu calculer des fréquences. Nous allons à présent défendre à divers niveaux (technique, cognitif et pratique) les raisons pour lesquelles nous écartons le cadre probabiliste du contrôle de gestion en incertitude, et plus particulièrement du type de contrôle de gestion qui nous intéresse, l'estimation budgétaire de nouveaux projets, domaine dans lequel le contrôle de gestion a sans doute l'opportunité d'apporter une grande valeur-ajoutée, mais d'où il est trop souvent absent comme l'ont illustré Berliner et Brimson (1988), voir section 1.1.4.2 page 38.

## Distinction entre probabilité et possibilité

Dans son premier article sur la théorie des possibilités, Zadeh (1978) différencie très nettement les probabilités de sa proposition par l'exemple suivant : imaginons l'assertion « Hans a mangé  $X$  œufs pour son petit-déjeuner », avec  $X$  pouvant prendre comme valeurs dans  $U = 1, 2, 3, 4, \dots$ . Nous pouvons associer une distribution de possibilités  $\pi_x(u)$  à  $X$  le degré de facilité avec lequel Hans peut arriver à manger  $u$  œufs. Nous pouvons également associer une distribution de probabilité  $P_x(u)$  la probabilité pour Hans de manger  $u$  œufs pour son petit-déjeuner. Imaginons que nous employons un critère explicite ou implicite pour définir le degré de facilité avec lequel Hans peut manger  $u$  œufs, les valeurs  $\pi_x(u)$  et  $P_x(u)$  pourraient ressembler à celles du tableau 2.1 page suivante.

TAB. 2.1 – Les distributions de possibilités et de probabilités associées à X

$u$	1	2	3	4	5	6	7	8
$\pi_x(u)$	1	1	1	1	0.8	0.6	0.4	0.2
$P_x(u)$	0.1	0.8	0.1	0	0	0	0	0

Source : Zadeh (1978, p.14)

Zadeh fait observer qu'alors que la possibilité que Hans mange 3 œufs au petit-déjeuner est de 1, la probabilité du même événement sera relativement faible, soit 0,1. Ainsi, un degré élevé de possibilité n'implique pas un degré élevé de probabilité, de même qu'un faible degré de probabilité n'implique pas un faible degré de possibilité. Cependant, si un événement est impossible il sera également improbable.

## Quitter le paradigme probabiliste pour prendre en compte le contexte de la gestion

Kuchta (2000) remarque que la théorie des sous-ensembles flous ne doit pas être envisagée d'un point de vue probabiliste. Alors que l'incertitude des expressions « il fera nuageux demain » et « lancer le dé et obtenir six » est de type occurrence probabilisable, l'incertitude inhérente aux expressions « jeune enfant » ou « très humide » ne trouve aucune clarification dans le passage du temps ou par essais-erreurs. Kuchta constate que la théorie des probabilités est moins flexible que la théorie des sous-ensembles flous car elle demande la satisfaction de plusieurs suppositions et une quantité d'information qu'il est difficile d'obtenir dans les analyses de coûts<sup>10</sup>.

Ting et coll. (1999) notent que l'utilisation des méthodes probabilistes pour manipuler l'incertitude est limitée aux cas où une base historique adéquate existe.

Lesage (2001a, p. 66) objecte que les modèles de décision quantitatifs traditionnellement proposés (voir par exemple section 2.2.1.2 page 115) – inscrits dans le cadre de la théorie de la décision – n'ont pas donné lieu à des développements ultérieurs, car ils supposent que l'on puisse identifier *a priori* tous les états de la nature, toutes les décisions possibles, ainsi que toutes leurs conséquences. En fait, l'incertitude provient uniquement de l'état de la nature qui surviendra réellement parmi tous ceux qui sont envisagés. Cette évaluation est effectuée de manière

<sup>10</sup> cité par Nachtmann et LaScola Needy (2003, p.265).

subjective, ce qui pose une forte contrainte sur la fiabilité de la mesure ainsi obtenue (Tversky et coll., 1984), le champ de pertinence de la théorie des probabilités subjectives étant extrêmement précis (Dubois et coll., 1994, p. 33). L'auteur remarque que les développements plus récents du cadre probabiliste, tels que les options réelles, supposent les mêmes limites d'utilisation. Finalement, le recours au cadre probabiliste suppose des hypothèses fortes, soit de connaissance de la situation de gestion (probabilité subjective), soit de reproductibilité (distribution de forme normale), pratiquement impossibles à obtenir dans un contexte normal de gestion.

Da Costa Pereira (1998) remarque également que très souvent, les données nécessaires dans les modèles statistiques les plus avancés sont absentes, peu fiables, voire impossibles à obtenir. L'approche par la théorie des possibilités consiste à exploiter le fait qu'il est plus facile et *plus naturel de décrire les actions en termes d'effets normaux (c'est-à-dire, non surprenants) et exceptionnels*.

### **2.2.1.1 En situation d'ambiguïté, les décideurs violent les axiomes de la théorie des probabilités**

Nous avons donc vu que la théorie des probabilités n'est pas à même de supporter l'incertitude, mais de plus des recherches empiriques ont montré que les décideurs violaient les axiomes de la théorie des probabilités lorsqu'ils sont en situation de décisions ambiguës (Zebda, 1991, p.119). Nous ne prétendons pas ici effectuer une revue de la littérature sur ce sujet, mais souhaitons juste évoquer quelques remarques et recherches soulevant ce problème.

Zebda (1991, p.127) remarque que l'existence de l'ambiguïté dans les situations de décision soulève la question du comportement humain lorsqu'il se trouve en situation d'ambiguïté. Cela soulève également la question de savoir si les modèles de décision largement recommandés dans le cadre de décision en situation d'incertitude, les approches statistiques des théories de l'utilité espérée (von Neumann et Morgenstern, 1944 ; Luce et Raiffa, 1957) et de la théorie de l'utilité attendue (Savage, 1954), représentent un cadre adéquat pour décider en présence d'ambiguïté.

Or Zebda rapporte qu'en 1954, Savage lui-même a remarqué que ni la théorie des probabilités subjectives, ni aucun autre dispositif qu'il ne connaissait à cette époque, n'aurait pu s'adapter au flou des jugements de probabilité (p. 57) et que « l'aura de l'imprécision [...] attachée à la plupart des jugements de probabilités subjectives » pourrait mener à une violation de ses axiomes (p. 169). Plus récemment, Einhorn et Hogarth (1985, p.458) remarquaient :

*« Bien que les loteries explicites [théorie des probabilités] aient été – et continuent à être – utiles pour étudier le risque, les ambiguïtés entourant des processus réels... accentuent la nature inachevée d'une telle représentation. »*

Tversky et Shafir (1992) ont ainsi montré que le principe de la chose certaine de Savage (1954, p.21), qui dit que si un sujet préfère une option  $x$  à une option  $y$  pour tout état du monde possible, alors il doit préférer  $x$  à  $y$  même quand il ignore l'état exact du monde, était régulièrement violé. Ainsi Tversky et Shafir rapportent entre autres que beaucoup d'étudiants qui choisiraient de se payer des vacances à Hawaii s'ils réussissaient leurs examens et feraient la même chose s'ils échouaient, décident de remettre à plus tard la décision d'acheter leur billet s'ils sont dans le cas disjonctif, c'est-à-dire s'ils ne connaissent pas le résultat. L'interprétation que les auteurs en font est que si les étudiants réussissent leur examen, il est probable qu'ils voient ces vacances comme une période de célébration couronnant un semestre de succès ; s'ils échouent, les mêmes vacances deviennent une consolation et le moyen de se remettre d'aplomb. Lorsqu'ils ignorent encore le résultat, l'hypothèse que font les auteurs est que la décision des étudiants de partir n'est plus fondée sur des motifs clairs et ils décident alors de la remettre à plus tard, après qu'ils aient pris connaissance de ce résultat, violant ainsi le principe de la chose certaine. Shafir et Tversky (1997) observent que des sujets placés devant des dilemmes du prisonnier ou des paradoxes de Newcomb ont des réactions de type « pensée quasi magique », c'est-à-dire qu'ils choisissent « comme si » ils croyaient que leurs actions pourraient influencer les états de la nature en cause (les actions de leurs adversaires) même s'ils n'entretiennent pas réellement cette croyance. Shafir et Tversky remarquent également que les sujets en situation de disjonction sont parfois à la recherche d'informations qui n'ont aucun impact sur leur décision. Dans le cas des étudiants et de leur voyage à Hawaii, les sujets étaient prêts à payer pour obtenir le résultat des examens, information qui en fait n'allait pas changer leur choix, mais allait seulement – c'est ainsi que les auteurs l'interprètent – clarifier les raisons qu'ils avaient de faire ce choix.

Après cette mise en perspective technique et cognitive des différences existant entre la logique floue et la théorie des probabilités, nous allons établir des différences ayant trait à un aspect plus « pratique »

### 2.2.1.2 Comparaisons calcul de coûts probabilistes et calculs de coûts flous

Nous allons dans un premier temps étudier la proposition de calcul de coûts « probabilisé » telle que proposée par Lauzel et Teller (1997) et systématiquement

la mettre en perspective avec un calcul de coûts « *possibilisé* ». Nous verrons ensuite d'autres recherches ayant testé plusieurs modèles de calculs de coûts avec la logique floue et des méthodes concurrentes.

### Contrôle de coûts probabiliste versus contrôle de coûts *possibiliste*

Nous proposons ici de citer les méthodes opératoires proposées par Lauzel et Teller pour mettre en œuvre un contrôle de coûts probabiliste, ainsi que leurs commentaires sur cette mise en œuvre et les comparer avec les implications qu'aurait un contrôle de coûts non pas probabiliste, mais utilisant la logique floue comme système mathématique.

*« Supposons que les fluctuations aléatoires des ventes attendues puissent être approchées par une loi normale ; la probabilisation du point-mort est possible dès que l'on connaît la moyenne des ventes attendues  $E(Q)$  et l'écart-type,  $\sigma(Q)$ . La moyenne  $E(Q)$  correspond aux ventes attendues considérées comme les plus probables par le service commercial. L'écart-type  $\sigma(Q)$  donne une indication sur la précision de l'estimation du service commercial. »*

LAUZEL ET TELLER (1997, p. 298)

Nous pouvons tout d'abord objecter qu'une telle démarche sous-entend une réflexion basée sur l'étude du passé et est caduque dès que l'on se place dans une situation de création de projet dans laquelle le produit ou service offert serait nouveau, ou dans une activité récurrente, mais soumise à des phénomènes de rupture.

Nous pouvons également remarquer que pour le responsable du service commercial, exprimer des ventes attendues à l'aide d'une moyenne et d'un écart type est antinaturel (Gil-Aluja, 1995) et de nature à faire apparaître une dissonance cognitive, de même que lorsqu'il est nécessaire de résumer une connaissance en un seul chiffre (nous reviendrons sur ce problème plus loin, dans la section 2.3 page 121).

*« Ces techniques ont cependant l'inconvénient de ne faire apparaître que les ventes les plus probables et l'on complètera cette prévision en élaborant une distribution de probabilités autour de cette valeur moyenne. »*

LAUZEL ET TELLER (1997, p. 299)

*« Outre les difficultés liées à la signification économique des prévisions obtenues, l'incertitude au niveau des coûts pose un problème de technique statistique extrêmement complexe qui va à l'encontre d'un des objectifs initiaux du modèle qui était d'exprimer de façon simple les relations profit, volume, demande et risque d'exploitation. »*

(P. 307)

Nous pouvons remarquer ici que la lecture des variables n'est pas directe. De nombreux traitements ainsi qu'une réinterprétation des résultats sont nécessaires pour élaborer de tels modèles à l'aide des probabilités. La dimension « ergonomie cognitive » (voir sous-section suivante, section 2.3 page 121) est sans doute moins bonne.

*« Le contrôle budgétaire traditionnel est généralement basé sur une seule hypothèse : la plus probable. L'approche en termes de point mort probabilisé permet de tenir compte d'autres hypothèses assorties de leur probabilité de réalisation. Il serait notamment utile de retenir, à côté de l'hypothèse la plus vraisemblable, une hypothèse pessimiste et une hypothèse optimiste et d'élaborer les différents budgets sur cette base. L'entreprise dispose ainsi des conséquences chiffrées attachées aux différentes hypothèses et de la probabilité de leur réalisation. »*

LAUZEL ET TELLER (1997, P. 299)

Comme présenté dans l'exemple de Zadeh ( page 112), en logique floue, on ne considère pas *a priori* qu'il existe une hypothèse qui soit plus probable que les autres (sauf bien sûr si c'est le cas). Il peut exister un ensemble d'hypothèses dont la possibilité d'occurrence est jugée être la même pour chacune d'entre elles. Il n'y a donc pas de focalisation sur une hypothèse « centrale ». Le NFT contient donc d'emblée les hypothèses optimistes et pessimistes (revoir figure 2.10 page 100 et figure 2.12 page 101), et permet de leur associer deux niveaux de possibilité, un niveau maximal, et un niveau minimal (qui constitueront donc les hypothèses extrêmes).

En outre, il semble assez difficile de concevoir une « probabilité de réalisation » associée à chaque hypothèse dans une situation de gestion à caractère entaché d'incertitude et d'imprécision.

*« On peut prendre l'exemple suivant dans l'hypothèse où les ventes suivent une loi normale :*

*hypothèse pessimiste :  $E(Q) - 1,5\sigma(Q)$  ;*



*hypothèse la plus vraisemblable* :  $E(Q)$  ;

*hypothèse optimiste* :  $E(Q) + 1,5\sigma(Q)$ . »

LAUZEL ET TELLER (1997, p. 300)

Une telle présentation prévoit une dispersion égale des deux côtés de la valeur centrale. La logique floue accepte plusieurs valeurs « centrales » (à forte possibilité d'occurrence, le noyau), mais accepte également que les limites extrêmes d'occurrence soient réparties de façon asymétrique autour des valeurs centrales (le support, figure 2.12 page 101), ce qui n'est pas le cas dans une distribution de probabilités suivant une loi normale.

Enfin, Lauzel et Teller (1997, p. 306) remarquent qu'en situation d'environnement instable, l'incertitude est parfois plus importante sur les coûts que sur la demande. Pour obtenir une distribution de probabilités au niveau des coûts, les auteurs proposent l'utilisation de techniques simplifiées qui vont de l'utilisation de plusieurs hypothèses avec ou sans affectation de probabilité, à des structures arborescentes probabilisées.

*« Ce type d'approche a pour avantage essentiel la simplicité d'utilisation, mais il présente deux lacunes graves :*

- L'intervalle de variations entre les hypothèses extrêmes est souvent très important ce qui lui enlève toute signification pratique ;*
- L'interprétation des écarts entre prévisions-réalisations est difficile par suite du manque de rigueur dans les prévisions associées aux différentes hypothèses. »*

On rencontre bien évidemment la même difficulté en présence d'un intervalle très grand en calcul de coûts à l'aide de la logique floue, si ce n'est que la prise en compte des relations entre variables peut permettre de le restreindre (section 2.1.6 page 105), grâce à la prise en compte dans le modèle d'une information supplémentaire (nous expliquerons ce phénomène dans la section 6.1.1 page 268). Enfin, les outils tels que la mesure de la sensibilité de l'AireEntropie (section 2.1.6 page 108) permettent de résoudre ce type de problème « rationnellement ».

Il n'y a en revanche pas de raison pour rencontrer des difficultés dans l'analyse de l'écart prévision-réalisation du moment que la source, l'historique du choix des variables d'entrée a bien été suivi (dans le sens de traçabilité). Lauzel et Teller évoquent vraisemblablement cette difficulté parce qu'il est difficile de justifier d'une probabilité d'occurrence sur un événement incertain, et qu'il est donc ensuite difficile de justifier l'écart *a posteriori*. Nous avons le sentiment inverse lors de l'utilisation de la logique floue, comme nous l'expliquerons dans « Une plus grande explicitation du sens des variables », page 316.

Après ces quelques exemples de distinction de mise en œuvre et d'aspects pratiques entre un calcul de coûts faisant appel à une approche probabiliste et un calcul de coûts faisant appel à une approche basée sur la logique floue, nous allons à présent aborder d'autres recherches ayant comparé plusieurs modèles de calculs de coûts avec la logique floue et des méthodes concurrentes.

## Comparaison d'un calcul de coûts par la logique floue avec un calcul de coûts basé sur une simulation Monte-Carlo

Nachtmann et LaScola Needy (2003) ont comparé quatre méthodes acceptant l'incertitude en les appliquant à un cas de calcul ABC (Activity Based Costing), parmi elles, deux méthodes Monte-Carlo (une avec distribution triangulaire, la seconde avec distribution selon loi normale), une modélisation en logique floue et une modélisation utilisant une analyse par intervalles.

### *Approche Monte-Carlo*

Nachtmann et LaScola Needy (2003) ont choisi la méthode Monte-Carlo comme approche probabiliste pour leur calcul de coût en situation d'incertitude parce qu'il s'agit d'une méthode fréquemment employée dans l'industrie et que des logiciels spécialisés permettant la conception et l'analyse des modèles sont disponibles. On appelle méthode de Monte-Carlo toute méthode visant à calculer une valeur numérique, et utilisant des procédés aléatoires, c'est-à-dire des techniques probabilistes. Les méthodes de Monte-Carlo sont particulièrement utilisées pour calculer des intégrales en dimensions plus grandes que 1 (en particulier, pour calculer des surfaces, des volumes, etc.)<sup>11</sup>. Afin de développer une simulation Monte-Carlo, il faut choisir une distribution probabiliste pour chacun des paramètres d'entrée considérés comme étant incertains. Les auteurs ont donc utilisé deux types de Monte-Carlo. Le premier avec une distribution triangulaire des variables d'entrée, distribution souvent choisie en absence de données (Law et Kelton, 1999). Le second est basé sur une distribution selon une loi normale des variables d'entrée. La loi normale est souvent utilisée comme modèle des fréquences relatives que l'on peut observer dans les erreurs, comme les erreurs de mesure (Mendenhall et Sincich, 1995). Cela rend, selon les auteurs, les variables et les résultats plus familiers et de ce fait améliore le confort d'utilisation du modèle en pratique.

---

<sup>11</sup>La dénomination « Méthode de Monte-Carlo » provient de ce que les meilleures suites de nombres aléatoires sont données par la roulette des casinos (DicoMaths).

### ***Limites du Monte-Carlo***

Ferson (1995) remarque que trois problèmes majeurs contraignent l'usage des méthodes Monte-Carlo dans les analyses de risque et d'incertitude : le fait que les corrélations et les dépendances sont souvent ignorées, que les distributions des variables d'entrée sont généralement indisponibles, et que les structures mathématiques des modèles sont parfois douteux. Au delà de ces remarques, nous pouvons objecter que l'approche Monte-Carlo ne permet pas de tenir compte de la dépendance qu'il peut y avoir entre différentes valeurs, contrairement à l'IFA (cf section 2.1.6 page 105).

Dans leur article, Nachtmann et LaScola Needy comparent les quatre méthodes non pas uniquement sur leurs résultats, mais aussi sur leur rapport coût-bénéfice. Ainsi, elles concluent (p. 277) que si l'information ou les estimations possédées sont précises, un modèle (d'ABC dans leur cas) classique est celui qu'il faut privilégier. En effet, même s'il apporte le moins d'avantages, il est celui dont le coût est le moindre. Nachtmann et LaScola Needy (2003, p. 278) témoignent également que le développement de modèles basés sur le procédé Monte-Carlo demande du temps et des ressources (logiciel dédié et utilisateur expérimenté, puissance de calcul pour effectuer le nombre d'itérations requises, recalcul complet à chaque changement de valeur), et remarquent entre autres, qu'avec l'ABC Flou, aucune information venant de l'ABC classique n'est perdue. Leur conclusion penche en faveur d'une l'efficacité supérieure du modèle en logique floue.

Les conclusions de cette recherche sont à nuancer par rapport à notre propre recherche. En effet, le modèle flou utilisé par les auteurs est basé sur des nombres flous triangulaires, et non pas trapézoïdaux, comme nous nous proposons de le faire. Nous nous trouvons donc en présence de nombres flous au sens strict du terme de la figure 2.9 page 99, et non pas en présence d'intervalles flous (que nous nous étions proposés page 99, dans un souci de simplification, d'appeler également nombres flous). Nachtmann et LaScola Needy considèrent donc qu'il existe bien une valeur centrale prépondérante, autour de laquelle une dispersion pourrait être observée, ce qui distingue dans ce cas-là relativement peu l'approche floue de l'approche probabiliste dans la manière dont sont représentées les connaissances. Nous pourrions donc faire la même objection sur le pourquoi d'une seule valeur centrale imposée *a priori* que nous avons faite aux probabilités lors de notre remarque aux travaux de Lauzel et Teller page 117. En effet, lorsque Nachtmann et LaScola Needy remarquent qu'avec l'ABC Flou, aucune information venant de l'ABC classique n'est perdue, cela provient du fait que le sommet du triangle correspond à l'information de l'ABC classique. On la retrouve donc tout au long du modèle. Dans le cas de l'utilisation de nombres flous trapézoïdaux au lieu de nombres flous triangulaires, la valeur principale provenant du modèle classique peut être incluse

dans un ensemble de valeurs qui constituent le noyau et qui ont toute la même possibilité d'occurrence (cf. section 2.1.5 page 99).

Dans leur approche, Nachtmann et LaScola Needy restent donc bien dans le paradigme de la mesure, alors que l'un des aspects les plus intéressants de l'utilisation de la logique floue dans le calcul de coûts est le passage au « paradigme de l'ergonomie cognitive », que nous allons aborder dans la sous-section suivante.

Nous avons donc dans cette sous-section montré, sur les plans techniques, cognitifs et pratiques, les raisons pour lesquelles un modèle de calcul de coûts basé sur la théorie des sous-ensembles flous était plus pertinent qu'un modèle probabiliste pour gérer l'incertitude inhérente au domaine de la gestion. Notre démonstration, bien que partielle, a montré des inconvénients suffisamment conséquents pour écarter l'approche probabiliste. En outre, nous pouvons remarquer que depuis les propositions de Zadeh (1965, 1978), les très nombreux travaux et publications portant sur des applications en logique floue ainsi qu'un article récent de Zadeh (2002) proposant la généralisation de la théorie des probabilités par la logique floue tendent à confirmer la supériorité de la logique floue pour prendre en compte l'imperfection de l'information. Nous laisserons le mot de la fin à ce sujet à Bouchon-Meunier (1995, p.6) :

*« Insistons sur le fait que la logique floue est le seul cadre dans lequel puissent être traitées des imprécisions et des incertitudes [...] et le seul cadre dans lequel puissent être traitées des connaissances numériques et des connaissances exprimées symboliquement par des qualifications du langage naturel »*

## 2.3 Passage du paradigme de la mesure au paradigme de l'ergonomie cognitive

Bien qu'existant déjà depuis quelques années, la logique floue est surtout utilisée dans les applications aux systèmes à base de connaissances (les systèmes-experts) ou sur des recherches en audit, contrôle de gestion, diagnostic financier, management. Ces recherches sont essentiellement centrées sur le processus de décision qui y est *fuzzifié*. Casta constate que la phase amont relative à la production de nombres comptables n'est pour sa part jamais remise en cause alors qu'elle constitue le cœur du problème (1994, p. 96).

Lesage (1999) insiste sur un autre aspect des limites de l'usage actuel des mathématiques floues, le retour à une information parfaite en bout de chaîne de calcul :

« *La fuzzification des modèles classiques vise souvent à proposer un modèle forcément « plus réaliste » en introduisant l'inévitable imperfection d'informations. Mais il comporte in fine des méthodes de défuzzification, ou des calculs d'indice permettant d'assurer l'unicité de la solution du comportement à adopter. Il est évident que cette transformation se paye en déperdition d'information. [...] La modélisation en gestion doit-elle parvenir à une solution unique, inévitablement entachée d'arbitraire, ou bien peut-elle apporter un ensemble de solutions plus ou moins vraisemblables, en laissant l'utilisateur décider in fine ?* »

(LESAGE, 1999, P. 139)

Lesage (1999) propose donc une nouvelle façon d'utiliser la logique floue. Nous reprenons dans cette sous-section ses principaux propos.

Puisque l'imperfection des informations *input* crée une imperfection de l'information *output*, l'auteur propose, contrairement à bon nombre de modélisations floues qui comportent un procédé de *défuzzification* (l'information est « parfaite ») – ce qui peut se comprendre pour l'intelligence artificielle (les systèmes-experts ayant en effet à prendre une décision) – de ne pas *défuzzifier* l'information du modèle flou. En effet, une telle réduction tend à faire réapparaître les problèmes soulevés précédemment sur l'utilisation dans une problématique de gestion, d'informations rendues *artificiellement* parfaites.

« *En acceptant l'origine subjective des informations utilisées par la modélisation, nous en avons non seulement accepté l'imperfection, mais également l'impact sur le changement de nature de la modélisation.* »

LESAGE (1999, P. 15)

Le modèle d'analyse de coût devient une *représentation de connaissances* sur la situation de gestion, alors qu'il était auparavant une *fonction de données* sur la situation de gestion. Ce changement de statut de l'information conduit à une modification du cadre de la modélisation. Dans le cas d'une modélisation « fonction de données », l'information utilisée a le statut de données. Il s'agit dans le cas de l'analyse de coûts, de mesures. La modélisation s'inscrit donc dans le champ syntaxique : le signe est l'objet des traitements effectués (Ermine, 1996).

Dans une situation de modélisation de la connaissance, l'information utilisée est fournie par un individu au cours d'un *processus d'interprétation* de son environnement. Elle devient donc chargée de *signification*, pour constituer une *connaissance*. La modélisation s'insère donc dans le champ sémantique : la signification est l'objet des traitements effectués. Or l'inscription d'une modélisation dans le champ sémantique impose la prise en compte de phénomènes psychocognitifs mis en évidence

par les sciences cognitives, particulièrement dans le comportement des individus en entreprise.

En effet, les individus – et particulièrement les cadres en entreprise – doivent fréquemment traiter un flux d'information dépassant leur capacité normale (phénomène de rationalité limitée de Simon (1983)). La plupart des décisions prises dans le contexte de l'entreprise appartiennent à la catégorie des problèmes « mal définis » (*ill structured* : Mintzberg (1990)) : les objectifs, les informations disponibles sont imparfaitement définis. Pourtant, les décisions sont prises et les actions sont déclenchées. Pour expliquer la faculté de l'homme à agir dans ce contexte informationnel, la psychologie cognitive a proposé d'utiliser un concept : la structuration cognitive. Face à un problème mal défini, l'individu aura tendance à adopter des heuristiques tendant à simplifier le problème : ses représentations mentales vont s'élaborer autour de prototypes mentaux permettant à la fois de simplifier et d'accélérer sa résolution. L'inconvénient majeur de ce fonctionnement est le suivant : plus le problème est « *ill defined* », plus les structurations sont rigides. Le risque est donc de voir apparaître un phénomène de dissonance cognitive important entre la représentation mentale du problème et sa réalité. Dans ce cas, la simplification l'emporte sur l'accélération de la résolution : les décisions adoptées risquent de se heurter à une réalité différente.

Lesage pose alors comme hypothèse centrale de sa recherche que « **La représentation modifie l'action** » .

L'auteur postule que la caractéristique première d'une représentation de connaissances par la logique floue est sa faculté à représenter un ensemble gradué de possibles. On n'impose plus à l'émetteur d'une information de devoir décider un état de la nature, ce qui constitue un problème complexe à résoudre. En lui laissant la liberté d'émettre à la fois l'information demandée (les possibles) et le degré de vérité qu'il y accorde (leur graduation par les degrés d'appartenance), on doit réduire le phénomène de structuration mentale, puisque le problème est moins « *ill defined* » . Par conséquent, si l'on prend l'exemple d'informations prévisionnelles, on peut s'attendre à une diminution de la dissonance cognitive, au moment où l'information réelle arrivera : un effet confiance doit ainsi survenir, permettant en retour un traitement plus cohérent de l'information.

Pour valider son hypothèse, Lesage conçoit un jeu de création d'entreprise, fondé sur un modèle classique « Coût-Volume-Profit ». Dans ce cadre, des sujets ont été placés en situation de « stress informationnel » : information disponible imparfaite, information incomplète, temps limité, mise en compétition des sujets. Un processus information-interprétation-représentation susceptible de faire apparaître un phénomène cognitif de structuration mentale a donc été recréé.

Les sujets ont été répartis aléatoirement en deux échantillons : échantillon « classique » disposant d'un outil de prévision fondé sur le modèle coût-volume-profit classique, et un échantillon flou, fondé sur une version floue du modèle. La structure générale des tests consiste dans l'évaluation de l'impact d'une variable explicative binaire (type « classique » ou type « flou ») sur les variables dépendantes ordinales (notamment la confiance du sujet dans sa performance) ou sur les variables dépendantes numériques (notamment la performance réellement atteinte par le sujet). Cet impact est obtenu, d'un point de vue cognitif, par une *variation de stimulus* (courbes prévisionnelles classiques ou courbes prévisionnelles floues), et les *conséquences sur les actions* (décisions d'investissement, de production, de ventes) sont identifiées au moyen de variables quantitatives (principalement valeur de la société) et qualitatives (incertitude perçue et confiance).

Les résultats obtenus par Lesage établissent une nette différence de comportement : les sujets de l'échantillon flou obtiennent en moyenne de meilleures performances que les sujets de l'échantillon classique. L'importance de cet écart de performance, ainsi que les résultats de l'ensemble des autres tests permettent de ne pas rejeter l'hypothèse d'ergonomie cognitive : « La représentation modifie l'action ».

Cette hypothèse fournit en effet un cadre d'interprétation expliquant de manière cohérente l'ensemble des résultats obtenus, que l'auteur synthétise de la manière suivante : « *la moindre charge cognitive (provenant de la possibilité pour les sujets de l'échantillon flou de ne pas choisir un seul état de la nature) alliée à une réduction de la dissonance cognitive (issue de la plus grande confirmation des informations retenues initialement) ont augmenté la confiance des sujets de l'échantillon flou et leur a permis de traiter de manière plus rationnelle les informations à leur disposition, les amenant ainsi à de meilleurs résultats. Finalement, l'augmentation de la cohérence ne provient donc pas d'une meilleure modélisation (variables plus pertinentes, meilleures mesures, etc.), mais est due au respect de la qualité de l'information dont dispose le sujet pour effectuer sa modélisation.* »

Les constats de cette recherche sont illustrés par l'actualité météorologique de ces dernières années : après les tempêtes survenues sur la France en 1999, les problèmes de minitempête sur l'est de la France l'été 2001, Météo France s'est vue fortement critiquée, les différents destinataires de ses prévisions de tempête estimant que les prévisions diffusées par l'organisme les heures précédant les événements climatiques ne laissaient pas présager de telles conséquences. Or Météo France avait bien diffusé des bulletins prévenant de vents de forte vitesse, mais cette information n'avait pas été comprise en termes de conséquences par ses interlocuteurs, pourtant professionnels du secours, que sont les pompiers, la sécurité civile, la gendarmerie, etc. Suite à cette analyse, les météorologues ont décidé de

diffuser à présent des bulletins prévisionnels sous forme de pictogrammes placés sur la carte de France, ces pictogrammes représentant les conséquences des événements climatiques attendus : chutes d'arbres, verglas, crues, etc. *Météo France est donc bien ici passée du paradigme de la mesure au paradigme de l'ergonomie cognitive.*

## 2.4 Avantages attendus d'une modélisation floue des coûts

La comptabilité de gestion est née du besoin pour les dirigeants d'une information en vue de piloter leur entreprise, en l'occurrence, le besoin d'un indicateur de coût pour remplacer le prix fixé par le marché, disparu suite à l'intégration soudaine de plusieurs activités en une seule entité de production. Aujourd'hui, la comptabilité de gestion a perdu une grande part de sa pertinence par rapport à sa mission d'origine. Elle a une mission de mesure et de suivi des réalisations, c'est-à-dire qu'elle sert essentiellement à alimenter des constatations *a posteriori* de ce qui s'est passé sur une période, et donc à chercher la rectification par rapport à un standard ou un budget sur la période suivante. Elle constitue donc une démarche *réactive* alors que la turbulence de l'environnement, la bonne gestion des coûts dès la conception et la différenciation stratégique sur un marché de plus en plus efficient demande des capacités *proactives*. Nous considérons que le but du contrôle de gestion la réduction maximale du risque entrepreneurial et la maximisation de la valeur pour les différents partenaires de l'entreprise (actionnaires, salariés, clients, fournisseurs...).

Pour atteindre ce but, nous envisageons trois principales améliorations du contrôle de gestion par l'apport des mathématiques floues, améliorations que nous avons classées par ordre croissant d'innovation. Nous verrons d'abord que le contrôle de gestion flou (CGF) doit permettre l'acceptation de l'incertitude des paramètres et la possibilité d'une mise en œuvre plus ou moins étendue. Nous réfléchirons ensuite sur la possibilité de transformer le contrôle de gestion en un puissant outil de simulation grâce à la logique floue.

### 2.4.1 L'acceptation de l'incertitude des paramètres

D'après Gervais et Thenet (1998, p. 63), le contrôle budgétaire produit généralement des dérives importantes, dont l'écart est compris de 10 à 20 %. Il est donc urgent que l'incertitude puisse être prise en compte dans les outils. Dans le



cadre du processus de la mesure (voir figure 2.2 page 91), la méthode ABC permet d'améliorer la modélisation de la consommation de ressources (relation (c)), mais elle reste, cependant, inscrite dans le cadre de la théorie de la mesure. L'usage des mathématiques floues apporte une solution au manque de pertinence résiduel en permettant l'entrée de données imparfaites dans le modèle, lorsque les unités d'œuvre ou les consommations exactes ne sont pas mesurables. Les *inputs* peuvent n'être pas parfaitement mesurables pour deux raisons : soit parce que l'information elle-même n'est pas parfaitement mesurable (problème souvent rencontré dans les sociétés de services, ou dans les fonctions support), soit parce que le modèle, par les simplifications qu'il comporte par rapport à la réalité, ne descend pas jusqu'à la cause ou à la consommation exacte.

La seule recherche d'ABC Flou réalisée à notre connaissance porte d'ailleurs sur cette possibilité d'utilisation d'une information imparfaite. LaScola Needy et Nachtmann (2000) ont repris un cas d'ABC et y ont introduit une perturbation de plus ou moins 10 % au maximum, générée aléatoirement <sup>12</sup>.

L'expérimentation a donc consisté à remplacer chacune des dépenses et chacune des unités d'œuvre par un nombre flou triangulaire, dont le sommet est l'ancien *input* « parfait » du cas, et dont les coordonnées du support sont les nombres extrêmes générés aléatoirement dans une limite de plus ou moins 10 %. Les résultats obtenus par ce modèle correspondent à des nombres flous triangulaires.

Cette recherche montre qu'en introduisant une imperfection dans l'information, l'*output* est lui aussi imparfait, et peut révéler que certains produits ne sont peut-être pas aussi déficitaires que ce que la méthode classique peut laisser croire. Elle reste en revanche dans le paradigme de la mesure, notamment par cette hypothèse de fourchette de plus ou moins 10 %, et par l'utilisation de nombres flous triangulaires, qui sous-entendent un minimum de certitude quant à l'épicentre de l'intervalle flou (contrairement au NFT <sup>13</sup>, dont les valeurs de l'intervalle du plateau ont la même possibilité d'occurrence).

Les valeurs d'entrée des modèles ont été créées de toutes pièces sur la base des informations livrées par le modèle ABC classique sur lequel elles se sont basées pour leur expérimentation (p. 269). Il y a donc toujours une valeur centrale et une dispersion (10 %). L' ABCF <sup>14</sup> est ici utilisé comme une probabilité associée à une dispersion, mais exprimée dans d'autres termes par l'expert (mini, maxi, valeur la plus vraisemblable).

---

<sup>12</sup>Cette limite de 10 % dans l'entropie des nombres flous choisis dans cette recherche correspond à la préconisation de Cooper et Kaplan (1998) qui affirment que de bonnes décisions peuvent être prises sur la base d'approximations dans une limite de 10 %.

<sup>13</sup>T pour Trapézoïdaux.

<sup>14</sup>Pour ABC Flou.

Dans cette étude, l'arbitrage a déjà été effectué par l'expert qui a donné le chiffre, puisqu'il n'avait eu le droit de n'en donner qu'un seul. Cette étude vérifie donc la seule viabilité technique de l'outil, sans réellement vérifier sa viabilité vis-à-vis de l'utilisateur puisque celui-ci est absent de l'expérimentation. En outre, le modèle ne propose pas de fonction de prise en compte des dépendances entre variables (voir la section 2.1.6 page 105).

Nous pensons qu'au-delà de la gestion d'une imperfection de 10 %, le croisement du contrôle de gestion avec les nombres flous peut permettre :

- L'extension de celui-ci – ABC ou d'autres formes – à certains secteurs pour lesquels la forme « parfaite » est trop lourde. La ressource principale du conseil, par exemple, est l'humain et ses connaissances. Cette ressource est assez difficile à répartir : si l'entreprise choisit une facturation directement liée au temps passé, il est très difficile de suivre strictement l'emploi du temps de chaque consultant, même avec les mouchards les plus évolués ;
- La constitution de modèles de décision appuyés sur des valeurs approximatives, mais donnant quand même un sens à la politique de l'entreprise.

Nous avons évoqué dans la section 1.1.5.2 page 57 la difficulté de traiter la notion de valeur. Le CGF semble pouvoir apporter une réponse pertinente à la gestion de cette information « valeur » qui représente un intervalle flou par définition. Nous pensons qu'un ABCF, par exemple, permettrait de parfaitement gérer la valeur au sein des « objets de marge » préconisés par Lorino (1996).

### 2.4.2 La possibilité d'étendre plus ou moins son application en fonction des besoins et des moyens

Comme le constatent Lauzel et Teller (1997, p. 315), la « sophistication » du contrôle de gestion augmente le risque d'inefficacité du système par « overdose » d'informations. En effet, la recherche d'informations précises et complètes conduit souvent à augmenter la quantité et les délais d'obtention de ces informations ce qui réduit d'autant la vitesse de réaction du responsable. Ce phénomène apparaît avec la mise en place d'un ABC.

En se contentant d'*inputs* correspondant au langage naturel (les intervalles flous), le CGF peut permettre une mise en œuvre partielle beaucoup plus facilement qu'avec les outils classiques. On peut, en effet, envisager de ne l'utiliser qu'au niveau de la direction de l'entreprise comme contrôle stratégique, par exemple, sans pour autant perdre en pertinence comme cela aurait été le cas avec les outils classiques, puisque le choix de variables plus « globales » n'est pas contrarié par une recherche d'information parfaite.

Cette idée peut être illustrée par un exemple tiré de l'opérateur de téléphonie mobile précédemment évoqué. Un modèle ABC a été mis en œuvre chez cet opérateur, mais selon des modalités très centrales : le modèle s'arrête au niveau des départements. Ainsi, l'alimentation et l'animation exercées autour de ce modèle sont limitées à la direction de l'entreprise et aux contrôleurs de gestion des cinq départements qui sont : la commercialisation, l'informatique, la gestion de la clientèle, les lignes de produits et le réseau. Les différents coûts et unités d'œuvre à imputer par chaque département aux différents produits commercialisés par la société sont calculés au niveau de la direction de chaque département. Les contrôleurs de gestion opérationnels sont à peine au courant de l'existence de cet outil, dont l'utilisation est très centralisée. Un problème se fait jour au niveau de la répartition des coûts du réseau. En effet, faut-il considérer que chaque abonnement (qu'il soit de type prépayé ou forfait) consomme du réseau en fonction du nombre de minutes d'utilisation du réseau par période (ainsi, un forfait 20h serait beaucoup plus coûteux en termes de réseau qu'une offre de type prépayé) ? Ou faut-il considérer que, sans réseau, le téléphone mobile n'a pas de raison d'être puisque personne n'irait souscrire un abonnement hors zone de couverture, et qu'à ce titre le coût du réseau doit être réparti sur toutes les lignes de façon égale ? La vérité se situe certainement entre ces deux choix, mais il était impossible de calculer la part des équipements qui répondait à un coût d'existence (la surface du réseau), et la part des équipements qui répondait à un coût de capacité (les minutes de communication sur le réseau et les coûts de dimensionnement du réseau). La direction générale a choisi de répartir le coût du réseau sur toutes les lignes de façon égale. Il s'agit bien sûr d'un choix politique, la volonté de montrer le plus difficile équilibre économique des offres du type prépayé. Nous pensons qu'un ABCF aurait pu, dans ce cas, donner une image plus réaliste de la rentabilité de chaque produit en prenant pour coordonnées du NFT *input* définissant le coût du processus réseau les deux différents coûts calculés pour le réseau.

Nous remarquerons, au passage, que cet exemple illustre aussi la difficulté de l'affectation de certains coûts, même avec la méthode ABC. Du point de vue de l'analyse de Porter, cette activité de réseau correspond bien à l'une des activités les plus stratégiques de l'entreprise, et faisant donc partie de la partie basse du schéma représentant la chaîne de valeur de l'entreprise. Du point de vue de la causalité des coûts, cette activité se trouve à mi-chemin entre les coûts causés par une offre de capacité, non pas de production, mais d'offre au client, et les coûts d'existence du produit, ce qui la situe sur la frontière de la « limite du raisonnable de l'imputation aux produits », c'est-à-dire plutôt du côté des activités de support sur la chaîne de valeur de Porter.

### 2.4.3 Le développement d'outils de compréhension et d'anticipation

Marion et coll. (2003, p. 62) remarquent que les démarches et outils managériaux et entrepreneuriaux sont marqués par la quasi-religion de l'objectivité positiviste, par opposition à l'idée que le sujet observant transforme à cette occasion l'objet qui le mobilise. Les auteurs constatent que cette perspective apparaît particulièrement pertinente dans la démarche de l'entrepreneur, en amont lorsqu'il « cisse » son plan d'affaires, puis en aval lorsqu'il ajuste la trajectoire de la nouvelle entreprise, dans un authentique processus d'apprentissage inductif et participatif.

C'est sur ce point que nous pensons que la logique floue peut apporter la plus grande avancée aux outils du contrôle. Nous venons de voir que le CGF devait permettre l'acceptation de l'incertitude dans les paramètres d'entrée, que grâce à cette possibilité d'information de base imprécise, elle permettait d'envisager un déploiement plus restreint de l'ABC si nécessaire, sans perdre pour autant en pertinence, et en gagnant certainement en légèreté et en souplesse. Nous avons également vu que sa capacité à traduire le langage naturel lui permettrait de gérer la notion de la valeur, notion parmi les plus mises en avant récemment dans la littérature.

Grâce au passage du paradigme de la mesure au paradigme cognitif, nous pensons que le CGF peut constituer un puissant outil de modélisation et d'anticipation. En effet, le CGF doit permettre d'exploiter les connaissances des différents acteurs de l'entreprise voire, en cas de pure création d'activité, hors de l'entreprise, en récoltant des informations ayant trait aux activités envisagées. La modélisation par le CGF doit permettre au manager de mieux comprendre l'activité qu'il envisage de démarrer. Les simulations effectuées sur la base des connaissances récoltées donnent une représentation qui doit lui permettre d'anticiper les conséquences de ses décisions et d'obtenir de meilleurs résultats.

Le cas que nous décrivons là est le plus ambitieux, mais n'exclut pas des situations beaucoup plus fréquentes de besoin de clôture avancée, par exemple. La clôture avancée, qui a été introduite par les groupes anglo-saxons, consiste à publier les résultats quelques jours avant la clôture comptable de la période. En permettant l'incertitude des paramètres, le CGF permet une clôture avancée beaucoup plus robuste. En utilisant des nombres flous triangulaires comme l'ont fait LaScola Needy et Nachtman (2000), on pourra communiquer les chiffres des sommets des nombres flous triangulaires *output*, tout en étant informé de leurs déviations maximales possibles. Ainsi, les mauvaises surprises lors de la clôture comptable effective peuvent être évitées.

Le CGF possède une propriété particulièrement intéressante qui participe à son adaptabilité. Une fois les chiffres définitifs connus, il suffit de remplacer les coordonnées de chacun des NFT par le nombre réel correspondant à la mesure définitive, pour que les outils de CGF redeviennent classiques et donnent en *output* des nombres réels. Les outils de contrôle de gestion du paradigme de la mesure deviennent un cas particulier du CGF, ce qui confirme bien que le champ d'application du CGF est beaucoup plus large que celui des outils classiques et en constitue une généralisation, comme les mathématiques floues constituent une généralisation des mathématiques classiques.

Le nombre flou est bien la seule représentation cognitive au sein de l'entreprise qui puisse permettre un langage commun à tous ses acteurs : il est en effet la seule représentation cognitive qui puisse être agrégable et traitable mathématiquement.

Une construction comme l'ABCF nous semble être à même de renforcer le sens des préconisations de Mévellec (1995, p. 39) qui décrit ainsi l'évolution vers la gestion à base d'activités : « *Le passage d'un contrôle cybernétique centralisé à une démarche d'apprentissage suppose la capacité de la direction à décliner la stratégie de l'organisation sur les grands processus créateurs de valeur. Il faut, dans un second temps, que la carte des activités soit organisée et simplifiée sur cette base. C'est le travail du groupe de direction. Au total, la reconstruction du modèle de représentation implique l'ensemble de l'intelligence de l'organisation et modifie simultanément, grâce au processus participatif, les cartes cognitives de chacun des membres* » .

Ainsi, si nous reprenons le schéma d' Ardouin (1994) pour y faire figurer le champ d'application du CGF, nous pensons que celui-ci se situe par ses capacités intrinsèques, du côté des outils permettant de s'adapter en situation de forte incertitude, mais que grâce à sa polyvalence, il peut parfaitement aussi couvrir le champ des outils permettant de gérer en situation de faible incertitude. Il pourra donc aussi couvrir sans problème toutes les situations intermédiaires (figure 2.16 page suivante).

Comme le notent Gervais et Thenet (1998, p. 62), l'approche visionnaire est une méthode plus flexible pour faire face à un environnement chaotique. Supprimer la myopie des outils du contrôle par l'apport de la logique floue est vraisemblablement un moyen intéressant de favoriser cette approche visionnaire.

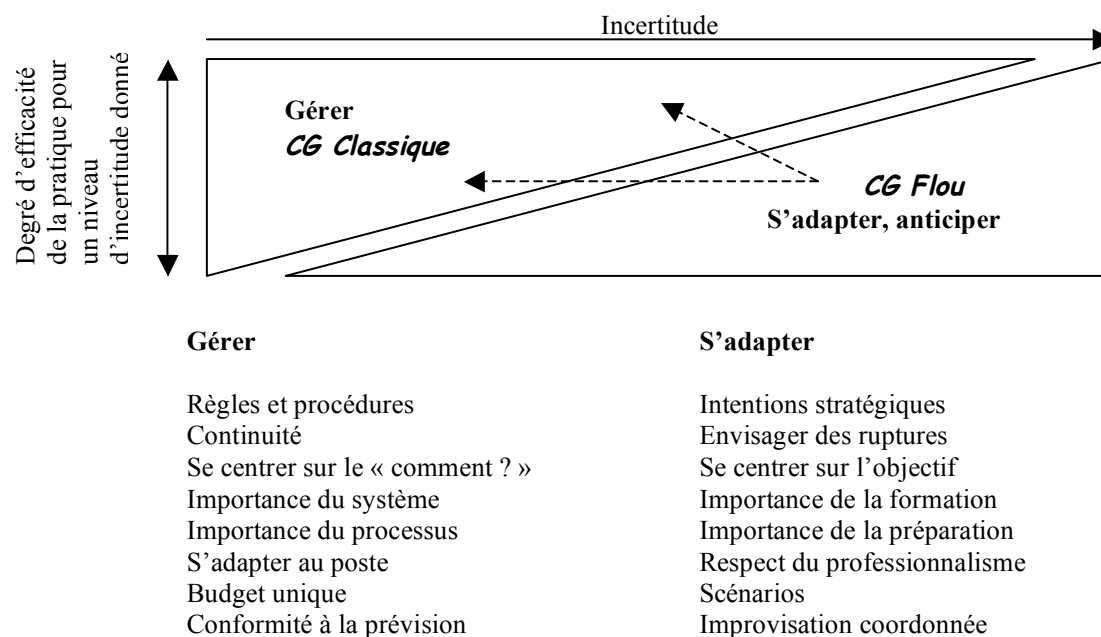
« *Si j'avais à faire un vœu, je ne ferais un vœu ni pour la richesse, ni pour le pouvoir, mais pour le sens passionné de ce qui est là potentiellement, pour ce regard qui, toujours jeune et ardent, voit le possible. Le plaisir déçoit, la possibilité jamais. Et quel vin est-ce, qui est si pétillant, si parfumé, si enivrant comme une possibilité ?* »

S. KIERKEGAARD <sup>15</sup>

---

<sup>15</sup>Cité par Moriceau (2003, p. 132).

FIG. 2.16 – Le champ d'application des outils de contrôle de gestion flous



*D'après Ardouin (1994)*

## Conclusion du Chapitre 2

Ainsi, une théorie mathématique relativement jeune – la théorie des sous-ensembles flous – permet de prendre en compte l'information imparfaite. Nous avons précisé dans ce chapitre les raisons pour lesquelles les apports de la théorie des sous-ensembles flous sont plus adaptés à nos problématiques gestionnaires que ceux de la théorie des probabilités. Nous avons, en outre, expliqué, comment l'abandon de l'hypothèse d'information parfaite fait basculer les outils du contrôle de gestion du statut de fonctions de données à celui de représentation de connaissances.

Nous en avons déduit une série d'extensions dont les outils de contrôle de gestion devraient profiter. Dans le chapitre suivant, nous présenterons la façon dont nous concevons notre recherche, par rapport à notre problématique et par rapport aux recherches déjà effectuées dans le domaine.



# Chapitre 3

## Design de la recherche<sup>1</sup>

Ce chapitre vise à décrire le *design* de notre recherche, c'est-à-dire la façon dont nous la concevons.

Après avoir explicité notre problématique, nous présenterons le dispositif retenu pour la traiter. Enfin, nous préciserons notre posture épistémologique et ses critères de scientificité.

### 3.1 Problématique de la recherche

Selon Zebda (1991, p.127), « *ce n'est pas l'ambiguïté en comptabilité qui doit être réduite pour s'adapter aux modèles existants, mais à l'inverse, ce sont les modèles qui doivent être adaptés à l'existence de l'ambiguïté en comptabilité.* »

Lesage (1999) propose des concepts et outils novateurs pour appréhender l'imperfection de l'information dans les outils d'analyse de coûts. Sa recherche a *validé* l'intérêt de l'usage de la logique floue dans les outils de prévision de coûts au travers d'*expérimentations de laboratoire*. Dès lors se posent, dans le cadre d'une science à visée pratique telle que la science de gestion, la question de l'*applicabilité* de ces outils et concepts à la *sphère de la réalité* et celle de leur *capacité à prendre en compte la complexité des cas réels de gestion*.

Si le laboratoire est pertinent pour montrer certains phénomènes grâce à la réduction de la complexité qu'il opère, il nous semble qu'une fois ces phénomènes

---

<sup>1</sup>Nous entendons ici *design* dans son acception anglo-saxonne, donc ce chapitre comme « conception de la recherche ».



révélés, le laboratoire n'est pas le lieu privilégié pour cerner les déterminants et les conditions nécessaires à l'application desdits phénomènes.

Le protocole utilisé par Lesage a permis dans une logique *poppérienne* de ne pas infirmer l'hypothèse selon laquelle une représentation floue permettait une meilleure décision. Cependant, cette non-réfutation pourrait venir d'une série de phénomènes qui n'ont pas été mesurés ou modélisés dans le protocole de laboratoire prévu par le chercheur :

- même si le tirage des sujets des échantillons flou / non flou a été opéré de façon aléatoire, des mesures de contrôle des caractéristiques individuelles des sujets participants, telles que l'aversion au risque par exemple, auraient pu amener une autre interprétation des résultats ;
- il aurait pu être intéressant de mener l'expérimentation avec l'échantillon parfait ayant droit à 3 hypothèses (plus vraisemblable, pessimiste, optimiste, comme conseillé par Lauzel et Teller (1997, p. 299)<sup>2</sup>) et d'observer si l'écart de performance entre échantillons flou et classique persistait<sup>3</sup> ;
- le test ne porte que sur un seul type de sortie : la courbe prévisionnelle des résultats (floue ou non floue). Qu'en serait-il si les sujets ne bénéficiaient que des chiffres par exemple, ou des chiffres et des courbes, ou encore d'autres types de représentations ? En outre, si la courbe prévisionnelle floue est particulièrement « parlante », la courbe prévisionnelle parfaite est peu courante (il s'agit d'une succession de carrés et non pas d'une courbe) et pourrait éventuellement par son aspect dérouter en partie les sujets. De plus, il est relativement habituel de juger directement les chiffres lors d'une prévision faite avec des nombres parfaits ;
- enfin, la meilleure qualité décisionnelle est ici mesurée par une meilleure performance économique, ce qui dans un sens – même si ce choix est rendu nécessaire par la simplification opérée par le jeu d'entreprise – laisse paradoxalement les résultats d'une approche cherchant à s'affranchir du paradigme de la mesure être jugés par elle.

Ces limites illustrent la rapidité avec laquelle les facteurs à contrôler peuvent être multipliés au fur et à mesure de la réflexion sur le sujet. De plus, la difficulté à contextualiser les résultats et l'impossibilité à s'adapter aux réactions des sujets une fois que l'expérimentation est lancée (sauf à tout recommencer de zéro) représentent également des inconvénients de ce protocole.

---

<sup>2</sup>Voir section 2.2.1.2 page 117.

<sup>3</sup>Dans un tel cas, l'absence de différence de performance entre les deux échantillons signifierait que l'avantage de la logique floue sur la modélisation classique se cantonne au niveau technique : le calcul des 3 hypothèses en une seule fois, ainsi que la prise en compte des relations.

De La Ville (2000, p. 94) remarque, à ce sujet, que la validation par l'expérimentation est illusoire, car les connaissances qu'ont les acteurs des raisons de leur propre situation sont constamment modifiées dans l'actualisation permanente de leurs théories utilisées. Le simple énoncé d'une théorie ancrée dans le terrain, – représentation de ce qui y est vécu par les acteurs –, va provoquer une transformation inéluctable de ce même terrain, comme le rappelle Giddens (1987, p. 17). Par les représentations qu'elle propose aux acteurs, qui ont la liberté de se les approprier ou de les rejeter, la modélisation conduit dans certaines limites à transformer le monde en transformant sa représentation (Bourdieu, 1992, p. 22). De La Ville note que l'activité cognitive humaine n'aboutit jamais à une image du monde qui soit vraie et certaine, mais seulement à un ensemble d'interprétations conjecturales bâties et sélectionnées à travers des processus d'interactions sociales. *La notion même de vérité doit être contextualisée*, comme le signalait déjà Weber (1965). La connaissance se développe selon un processus de construction sociale, qui définit les objets de recherche, les méthodes et les contributions en fonction de normes socialement construites. « *Savoir et ne pas savoir se rapportent à ce qui est socialement défini en tant que réalité, et non à des critères extrasociaux de validité cognitive* » (Berger et Luckmann, 1992, p. 100).

Par conséquent, ce n'est pas tant en raison de la non-réfutation de ses hypothèses dans l'expérience de laboratoire que par la démonstration faite autour qui a particulièrement fait sens à l'ex contrôleur de gestion que nous sommes, que nous avons souhaité approfondir les propositions faites par Lesage et prolonger ses travaux.

Nous posons notre problématique ainsi :

**« Comment l'utilisation de la logique floue dans les outils de contrôle de gestion est-elle praticable dans des cas réels de gestion ? À quelles conditions la complication des calculs et le changement de paradigme représentationnel qu'elle engendre sont-ils acceptables par l'utilisateur ? Quels sont les difficultés rencontrées, les écueils à éviter et les démarches à privilégier afin de mener à bien une telle mise en œuvre ? »**

La volonté d'opérationnaliser les concepts d'utilisation de la logique floue dans l'analyse des coûts entraîne un objectif particulier pour notre recherche. En effet, notre recherche ne pourra aucunement établir une hypothétique *validité* de l'utilisation de la logique floue dans l'analyse de coûts à la sphère de la réalité, et ceci en raison des *multiples facteurs explicatifs rivaux* rendant impossible toute assertion sérieuse quant à la supériorité ou non de l'approche par la logique floue sur

l'approche classique. **L'objectif de cette recherche est donc fondé sur un problème de *viabilité* : peut-on passer du laboratoire au terrain ?**

Par rapport au travail déjà effectué par Lesage, nous concevons *délibérément* notre recherche comme un *complément* et non pas comme un *substitut*, c'est-à-dire que nous ne cherchons pas à remettre en cause ce que Lesage a montré en multipliant expérimentations de laboratoire et facteurs contrôlés.

« *La validité des constructions proposées peut être examinée ex-ante au plan de leur rigueur avant que d'être jugée ex-post en fonction de leur viabilité* »

KÆNIG (1993, P. 10)

Nous proposons ici d'examiner la *validité* des constructions proposées *en fonction de leur viabilité*.

Pour atteindre la viabilité des constructions proposées, il faut arriver à construire un artefact *opérationnel*, capable de s'adapter aux différentes situations rencontrées (*robuste et fonctionnel*) et d'être utilisé facilement (*utilisable*), même si, de par ses choix de conception, il ne sera pas forcément le meilleur.

Dans la section suivante, nous présentons l'architecture de notre recherche puis sa posture épistémologique et enfin les conséquences de cette posture sur les critères de scientificité qui lui sont applicables.

## 3.2 Architecture de la recherche

### 3.2.1 Choix d'une méthodologie

Nous avons envisagé de nombreuses façons de traiter notre problématique afin de confronter l'utilisation de la logique floue dans l'analyse de coûts à des cas réels de gestion. Nous exposons ici les principales approches auxquelles nous avons songé et les raisons de notre choix définitif.

***Créer un site internet à destination de porteurs de projet laissant le choix entre un modèle flou et un modèle classique***

Nous avons songé à la possibilité de créer un outil hébergé sur internet, destiné à tout porteur de projet, et leur permettant de choisir parmi des modèles classiques ou fonctionnant en logique floue. L'outil aurait permis au chercheur d'observer de façon neutre les outils préférés par les créateurs. Une telle approche génère plusieurs difficultés difficiles à surmonter :

- afin de prendre en compte les relations de dépendance entre variables, le modèle doit être architecturé de façon contingente aux dépendances connues (nous expliciterons ce phénomène à la section 6.1.1 page 268). Une telle contrainte empêche toute construction d'un « modèle type », contrairement à ce que l'on peut faire avec un modèle classique. Il faudrait donc arriver à créer un outil capable d'adapter la structure de ses calculs conformément au modèle économique de chaque projet ;
- les créateurs ne sont pas nécessairement des utilisateurs avertis du contrôle de gestion et une modélisation classique peut déjà représenter un effort d'utilisation conséquent pour eux ;
- la nécessité de créer des outils permettant à l'utilisateur une utilisation autonome ajoute un niveau de complexité dans le travail de recherche, aussi bien au niveau de la conception qu'au niveau de l'analyse (un risque supplémentaire au niveau de l'utilisabilité) ;
- les avantages du laboratoire sont perdus car il n'y a plus aucune maîtrise des facteurs et l'impossibilité d'échange entre créateurs et chercheur rend, en outre, toute analyse et contextualisation qualitative par le chercheur difficile ;
- la conception d'un outil d'aide à la création d'entreprise basé sur une modélisation classique représente déjà un travail dépassant largement la durée classique d'un doctorat (voir par exemple les travaux de Senicourt (1997)). Croiser une telle conception avec la conception d'outils permettant d'utiliser la logique floue dans le cadre d'une utilisation en contrôle de gestion n'est pas matériellement possible dans un travail de thèse.

***Proposer à certains créateurs une modélisation floue et à d'autres une modélisation classique***

Ce protocole, contrairement au précédent, permet de rétablir le lien « qualitatif » entre utilisateurs et chercheur.

Cependant, les facteurs explicatifs rivaux sont très nombreux dès lors que l'on quitte le laboratoire. En effet, la culture du créateur et son histoire, ses projets et l'environnement économique de ceux-ci, etc. représentent pour chaque intervention autant de différences qui pourraient expliquer des variations dans le succès de la création ou dans l'acceptation d'outils de modélisation flous. La comparaison des deux échantillons – outre leur faible représentativité due au fait qu'il est peu aisé de multiplier les projets suivis – n'aurait donc qu'une valeur très limitée.

***Débuter le coaching avec les entrepreneurs sur la base d'une modélisation classique, puis leur proposer un modèle flou***

Là encore les facteurs explicatifs rivaux sont nombreux, notamment le phénomène de « maturation » chez le créateur, provoqué par le fait de parler en profondeur de son projet avec quelqu'un dont le but est d'en extraire une modélisation économique. Enfin, la modélisation classique risquerait de déjà *ancrer* les créateurs sur certaines hypothèses, faisant perdre de leur intérêt aux outils flous.

***Fuzzifier un outil déjà existant et observer le changement de comportement des acteurs***

Si ce protocole-ci semble particulièrement intéressant, la difficulté ici réside principalement dans le terrain nécessaire à une telle intervention.

L'attention serait portée dans un tel cas sur l'interface entre le nombre flou et la cognition humaine, mais elle porterait également sur l'influence que la modélisation floue opère sur le jeu organisationnel. Si nous pouvons aujourd'hui envisager une telle recherche, il nous fallait cependant d'abord assimiler pleinement le fonctionnement des outils flous et ses subtilités pour pouvoir être crédible sur un tel projet – à la fois long et « politique ».

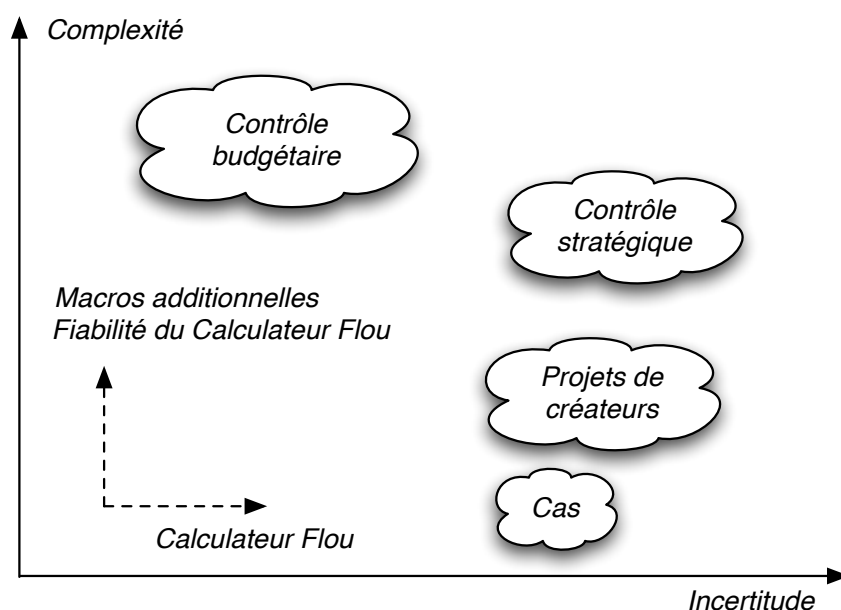
En outre, les interlocuteurs privilégiés dans la mise en place d'un tel protocole seraient vraisemblablement des contrôleurs de gestion, des comptables ou des financiers. Ces trois catégories de métiers sont très profondément ancrées dans « le paradigme de la mesure » et risqueraient donc de faire subir un biais à notre recherche du fait de leur manque de candeur face à notre problématique. En outre, l'état d'urgence permanente – même si elle a ses avantages face à la nécessité d'applicabilité d'un outil – semblait être une entrave à cette recherche qui pour nous a le statut d'une « recherche exploratoire », et dont le but premier était la construction d'un artefact opérationnel.

***Développer des outils de contrôle de gestion flous et les améliorer en les appliquant à des cas fictifs ou à des cas réels de projet d'entreprise***

Ce protocole-ci, contrairement au précédent, consisterait à développer les artefacts dans une dialogique avec des applications concrètes de complexité croissante, permettant de faire évoluer l'artefact progressivement et au fur et à mesure des défis à relever. En effet, les configurations de contrôle de gestion pourraient être positionnées sur une matrice à deux axes, incertitude et complexité (figure 3.1).

L'incertitude nécessite un outil capable d'effectuer des calculs en arithmétique floue IFA (nous l'appellerons le Calculateur Flou) pour pouvoir être prise en compte. En revanche, la complexité nécessite l'existence du Calculateur Flou, mais va également demander à ce premier outil d'être particulièrement fiable pour supporter de gros calculs ainsi que d'autres outils annexes à même de faciliter la création de modèles comportant de nombreuses variables et sans doute d'autres fonctions dont nous ne sommes *éventuellement* pas conscient.

FIG. 3.1 – Positionnement des différents terrains possibles en fonction de leur incertitude et complexité



Nous voyons ainsi sur la figure 3.1, que cas en chambre, projets de créateurs, et contrôle stratégique ont un bon potentiel d'incertitude, et vont croissant en termes de complexité. En revanche, une intervention sur un contrôle budgétaire a un potentiel d'incertitude peu élevé<sup>4</sup>, mais un fort niveau de complexité. Il est probable qu'une intervention sur un contrôle budgétaire pour le *fuzzifier* ferait apparaître des phénomènes, mais avec une fréquence bien moindre que chez les porteurs de projets par exemple, et risquant en outre d'être mêlés avec le jeu des acteurs au sein de l'organisation.

Afin d'assurer le développement le plus logique et progressif de notre artefact, nous avons donc choisi cette dernière option comportant deux temps. Nous nous

<sup>4</sup> Berland (2000) montre en effet que les entreprises développent généralement un contrôle budgétaire que lorsqu'elles ont pu réaliser des prévisions fiables.

sommes appuyés, dans un premier temps, sur des cas « en chambre » pour nous assurer des fonctionnalités minimales des artefacts créés, avant d’entrer progressivement, dans un second temps, dans des modélisations de plus en plus complexes au travers de recherches-interventions auprès de porteurs de projets.

Les porteurs de projets nous semblent être le terrain le plus intéressant pour notre recherche, car la situation d’incertitude quasi caricaturale dans laquelle ils se trouvent pour la plupart permet de traiter, en intervenant auprès d’eux, de véritables « cas d’école » en termes de besoin de gestion d’information imparfaite. En outre, le fait de créer les modélisations représentant leur projet avec eux permet d’entrer progressivement dans la complexité, et donc d’améliorer incrémentalement les outils nécessaires au calcul, ce qui serait beaucoup plus périlleux à faire en tentant de substituer un contrôle budgétaire flou à un contrôle budgétaire classique dans une organisation, par exemple.

Parmi les différentes options de recherche visant à l’utilisation de la logique floue en contrôle de gestion, c’est celle qui nous semble constituer le plus grand pas vers l’opérationnalisation et l’utilisation des concepts<sup>5</sup>, et convenir le mieux au regard des moyens et du temps que l’on peut accorder à un travail de recherche doctoral.

La méthodologie que nous avons choisie relève ainsi de la recherche qualitative, celle-ci étant appliquée dans un processus dialogique entre une conception d’artefacts (les outils de calcul et de création de modélisations) et des études de cas, basées sur des cas « en chambre » et des recherches-interventions. Nous allons à présent voir les conséquences que la recherche qualitative implique avant de nous intéresser aux deux composantes de notre processus dialogique.

### 3.2.2 Une recherche qualitative...

Selon Wacheux (1996, p. 83) « *une recherche qualitative vise soit à l’exploration, soit à rendre intelligible un phénomène, soit à produire une explication raisonnée sur une situation complexe.* » Les méthodologies qualitatives laissent des degrés de liberté importants au chercheur dans la phase empirique. Wacheux (1996, p. 139-140) affirme que la validité et la fidélité de la recherche se construisent dans la relation objet – sujet – terrain, et non dans les procédures techniques, ou dans

---

<sup>5</sup>Nous pouvons d’ailleurs remarquer que par notre assimilation des concepts et outils proposés par Lesage et Zadeh, et étant donné notre passé de contrôleur de gestion, nous constituons *de facto* le premier « cobaye » en situation réelle de gestion de la recherche de Lesage !

l'obligation de suivre un processus de recherche universel, défini *a priori*. Le chercheur doit respecter trois préceptes, sous peine de limiter la valeur scientifique de son travail :

- la démarche vers le terrain et le recueil des données sont déterminés par la problématique ;
- le chercheur maîtrise parfaitement l'instrumentation de son projet, et donc les stratégies d'accès au réel mises en œuvre dans leur globalité et leur complexité ;
- le chercheur accepte de restituer l'ensemble du processus qu'il a suivi pour aboutir, et il s'engage à ne pas masquer ses errances et ses erreurs.

Hlady-Rispal (2002, p. 36) précise que la recherche centrée sur une analyse qualitative se concentre sur des cas uniques ou de petits échantillons étudiés en profondeur. L'auteur indique que, dans une recherche qualitative prescriptive, l'observateur est à la fois sujet et objet, car il interfère avec les phénomènes observés. Il devrait en tenir compte dans la production des informations et de la connaissance. La logique est celle de la *découverte ou de la construction de sens*. Les mots, qui sont souvent le support sur lequel travaille l'analyste, ne sont jamais analysés que par d'autres mots, sans qu'il y ait passage par une opération numérique. Le résultat n'est jamais une proportion ou une quantité ; c'est une qualité, une dimension, une extension, une conceptualisation de l'objet (Paillé, 1996)). *Le principe de projet est le point d'ancrage de l'observateur. Ce dernier évalue la pertinence des énoncés qu'il produit par rapport à son système de représentation et à celui des acteurs qu'il côtoie. Il respecte des règles de rigueur dans la conduite de sa recherche qui doit répondre à des critères de scientificité. La visée est interprétative en ce qu'elle tente d'expliquer des phénomènes passés ou actuels et de produire des systèmes d'interprétation possibles.* Elle peut être génératrice de concepts ou de propositions théoriques, voire nomothétique et viser la production de lois. La connaissance n'est alors plus une fin en soi, son but est aussi l'action et le changement organisationnel.

Drucker-Godard et coll. (1999, p. 279) remarquent alors que, puisque l'observateur interfère, il ne serait pas excessif de préconiser l'inclusion dans les recherches d'un certain nombre de données relatives au chercheur lui-même (passé professionnel, formation académique...), afin de se familiariser avec sa propre heuristique d'analyse, ce que Passeron (1991) nomme le « paradigme personnel » du chercheur.

Les analyses sont guidées par des principes généraux, d'après Wacheux (1996, p. 25). Il n'existe pas d'outils standardisés dans les méthodes qualitatives, ceux-ci dépendent des questions de recherche et des résultats attendus (causalité, comportement, représentation, description, test). Il faut, en principe, d'abord décrire les



situations avant de les expliquer. L'analyse des données va donc aboutir à deux systèmes. D'une part, le chercheur élabore des conclusions et des interprétations par des procédures rigoureuses de traitement des données. D'autre part, il représente les situations par une narration descriptive des réalités observées (par des matrices, des tableaux ou simplement des citations d'acteurs).

Lecourt (1971)<sup>6</sup> spécifie par trois thèmes les référents fondamentaux de l'agir par les méthodes qualitatives : une attention soutenue, une vigilance polémique et une rectification progressive. Il n'y a pas de connaissance immédiate, particulièrement en sciences de gestion, où l'action et le discours véhiculent des représentations distinctes. Le travail de l'analyste consiste à produire une explication.

Le chercheur :

- enregistre tous les signifiants dans des catégories différentes (l'attention soutenue) ;
- confronte en permanence ses cadres d'analyse aux faits et aux concepts (la vigilance polémique) ;
- construit une explication acceptée (la rectification progressive).

La méthodologie est donc une création, note Wacheux (1996, p. 86). Le chercheur invente un modèle pour collecter les données et les analyser. Cette position est acceptable, à condition de donner les moyens de l'évaluer, notamment en spécifiant les conditions de la réalisation. Plutôt que de faire la preuve par une loi « sans coordonnées spatio-temporelles » (nomologie), le chercheur fait sens par l'interprétation (Passeron, 1993).

Les méthodologies qualitatives de recherche sur les organisations ressemblent plus à la navigation (Girin, 1989)<sup>7</sup> qu'à la programmation. Le problème ne consiste pas à prévoir ou à figer la démarche, mais à *imaginer et à anticiper* les problèmes, pour s'y adapter. Girin parle à juste titre « d'opportunisme méthodique » pour entrer sur le terrain, y rester et interagir avec les acteurs. Les acceptations puis les refus, les changements d'interlocuteurs, le sceau du secret, ou tout simplement les incompréhensions marquent plus certainement les recherches qualitatives qu'une vision linéaire, contemplative, de réalités accessibles.

Wacheux (1996, p. 227) précise que les techniques d'analyse de données qualitatives n'ont pas besoin d'une certification procédurale, contrairement aux démarches quantitatives avec les statistiques. En revanche, le chercheur doit démontrer la « valeur philosophique logique » de son travail. L'analyse consiste à réduire les informations pour les catégoriser, et les mettre en relation avant d'aboutir à une

---

<sup>6</sup>Cité par Wacheux (1996, p. 85-86).

<sup>7</sup>Rapporté par Wacheux (1996, p. 188-189).

description, une explication ou une configuration. Le résultat d'une recherche qualitative se présente ainsi très généralement sous la forme d'une proposition, d'une assertion textuelle, générée à partir de données qualitatives, et l'usage de tests statistiques est là impossible (Drucker-Godard et coll., 1999, p. 284).

L'objectif des investigations en profondeur par études de cas qualitatives est de développer des concepts, des explications, des propositions théoriques qui aident à comprendre une perception, un comportement, une situation donnée. Le chercheur se situe davantage dans une optique de découverte – génération de concepts que dans celle de *validation* de théories existantes (Hlady-Rispal, 2002, p. 177-178).

Les recherches qualitatives laissent donc un degré de liberté important au chercheur et n'ont pas besoin de certification procédurale – contrairement aux recherches quantitatives. Leur logique est celle de la découverte ou de la construction de sens. Puisque leur méthodologie est une création, le chercheur doit donner les moyens d'évaluer cette création par son interprétation, mais également par l'analyse de son interaction avec le terrain.

### 3.2.3 ... appliquée au moyen d'une dialogique

Puisque notre recherche qualitative se fait au moyen d'une dialogique entre conception d'artefacts et cas, il nous faut préciser la nature de chacune de ces composantes. Nous allons d'abord nous intéresser au statut de la conception de solutions informatisées par un chercheur en Sciences de Gestion avant de décrire le statut des études de cas.

#### 3.2.3.1 Conception de solutions informatisées en Sciences de Gestion

Simon est l'un des premiers auteurs à proposer une approche globale de la conception d'un point de vue cognitif. Il est un précurseur quand il énonce, en 1969 dans la 1<sup>re</sup> édition des *Sciences of the artificial*, que la conception n'est pas une activité réservée à des ingénieurs. Concevoir est un type particulier d'activité cognitive, qui n'est pas réservée à des personnes dont la profession est « concepteur ». Il analyse donc la conception comme un type d'activité cognitive plutôt qu'un statut professionnel, l'envisage comme une activité de résolution de problèmes, et comme une activité de recherche de compromis. Aujourd'hui, cette position est adoptée par beaucoup, sinon la plupart des chercheurs en psychologie et ergonomie cognitives de la conception (Darses et Falzon, 1996).

Puisque l'ergonomie cognitive des outils de contrôle de gestion est un élément important pour l'aide à la décision des managers, nous allons nous intéresser ici aux recherches menées par les ergonomes et à leurs problématiques actuelles.

Il n'existe pas encore de modèles prédictifs en psychologie et ergonomie cognitives de la conception, notent Visser et coll. (2004, p. 98). La majorité des travaux à orientation cognitive visent la construction de modèles descriptifs pour rendre compte de l'activité effective mise en œuvre dans la conception. Ils se distinguent des modèles prescriptifs (ou normatifs) qui sous-tendent la plupart des méthodes de conception. Les modèles prescriptifs de la conception ont été développés pour guider le processus de conception (p. 99). À ces modèles correspondent donc des méthodes et des normes de référence<sup>8</sup>. La plupart de ces modèles présentent la conception sous la forme d'étapes à traverser dans un ordre prédéterminé (on parle de *stage models*) (Blessing, 1994). Ainsi, la norme française « Recommandations pour obtenir et assurer la qualité en conception » (AFNOR X50-127) distingue trois étapes dans le processus de conception : étude de faisabilité (analyse de la valeur, analyse fonctionnelle et spécification technique des besoins), avant-projet et développement de projet (Perrin, 1999).

Pour la conception de logiciel, plusieurs modèles font autorité : les modèles en cascade, en spirale, les modèles de raffinement progressif et les modèles incrémentaux de révision.

Au sujet des modèles prescriptifs dans la pratique effective de la conception, diverses études descriptives de la conception montrent leurs limites (Visser et coll., 2004, p. 100). Ainsi, des enquêtes réalisées auprès d'entreprises européennes, américaines et asiatiques démentent l'efficacité des normes et méthodes et révèlent que celles-ci ne réussissent pas à améliorer le processus global de conception (en particulier, à en maîtriser la durée) avec autant de succès que les méthodes correspondantes l'ont accompli pour la production (Culverhouse, 1995). Par ailleurs, l'analyse comparative des principaux modèles prescriptifs et de leur utilisation (Blessing, 1994) révèle qu'*ils sont rarement appliqués*. Les modèles prescriptifs doivent donc plutôt être considérés comme des *guides présentant des bonnes pratiques de conception*. Les études empiriques de l'activité des concepteurs confirment ces conclusions. Des études allemandes (Pahl et coll., 1999) montrent que les concepteurs ne suivent pas les procédures préconisées par les méthodologies de conception, même s'ils sont particulièrement experts et qu'ils ont été formés à ces méthodes. Les concepteurs utilisant ces méthodes ne réussissent pas mieux que des collègues expérimentés qui ne les appliquent pas.

---

<sup>8</sup>Norme BS7000 en Grande-Bretagne, norme DIN ou VDI 2221/2 en Allemagne, norme AFNOR X50-127 en France.

D'autres études montrent que l'organisation séquentielle de la conception prescrite par les méthodologies se heurte à la démarche effective des concepteurs (Darses, 1997). La séparation formelle introduite entre l'analyse du problème (en amont) et la prise de décision et l'action (en aval) entre en contradiction avec l'intrication des mouvements de génération et d'évaluation de solutions et avec le *caractère opportuniste de l'activité de conception* (Visser, 1994). En effet, les modèles prescriptifs, généralement linéaires et séquentiels, stipulent que la résolution de problèmes s'opère le long d'un axe abstrait-concret (en partant de spécifications conceptuelles et en aboutissant aux spécifications d'implémentation de l'artefact) par une itération des deux étapes complémentaires que sont la génération d'une solution (partielle, intermédiaire, etc.) puis l'évaluation de cette solution, jusqu'à l'obtention de la solution définitive (Visser et coll., 2004, p. 101).

Or « problème » et « solution » sont construits simultanément : les phases d'analyse du problème et de génération de solutions ne se succèdent pas, elles sont interdépendantes (Visser et coll., 2004, p. 105). Il n'y a *pas de solution unique et correcte à un problème de conception* : la recherche d'un compromis conduit à *élaborer plusieurs solutions qui seront acceptables*, certaines étant *plus ou moins satisfaisantes en fonction des critères d'évaluation considérés* dont beaucoup ne sont *ni objectifs, ni préétablis*. À l'instar de Visser et coll., plutôt que de considérer la génération de solutions comme une recherche dans un espace de solutions limité et défini *a priori*, nous l'envisageons comme un *processus de construction et d'exploration d'espaces de solutions*.

Par ailleurs, l'évaluation des solutions de conception est contextuelle, peut apparaître à diverses phases du processus de conception et dépend des solutions générées (Visser et coll., 2004, p. 105). Elle n'est pas circonscrite à une phase particulière du processus à l'issue de laquelle une décision est censée être prise. Comme l'a souligné Simon (1979) en énonçant le principe de rationalité limitée, l'évaluation et la prise de décision en conception résultent de la mise en œuvre de *procédures heuristiques dont les fondements ne peuvent être rigoureusement justifiés*, en particulier parce que le concepteur se fonde sur un ensemble de contraintes qui ne sont *ni toutes connues ni toutes maîtrisées*.

Visser et coll. (2004, p. 105) en concluent que les activités *d'évaluation des solutions* renvoient à deux processus étroitement liés : simuler le fonctionnement des artefacts, construire et appliquer des critères d'évaluation.

L'évaluation du fonctionnement des artefacts est opérée par deux formes complémentaires et inséparables de simulation :

- l'une consiste à évaluer et tester l'exactitude des spécifications de l'artefact, à l'aide d'outils d'assistance à la conception ;

- l'autre est une simulation mentale qui s'appuie sur des représentations plus ou moins abstraites pour faire des choix (par exemple, sélection du but suivant à poursuivre, affinement et stabilisation des critères d'évaluation, modification de leur pondération).

Les jugements émis au cours de ces activités de simulation se fondent sur des critères d'évaluation de la solution qui sont pour certains *fournis par le cahier des charges*, et pour d'autres *évoqués ou élaborés par les concepteurs*. Ces critères sont l'expression quantitative ou qualitative de la performance de l'artefact (seuils, mesures discrètes ou continues) et traduisent les contraintes qui, lors de la phase de génération, ont été identifiées en termes de buts à atteindre, de *propriétés à satisfaire* et de *fonctions à remplir* (Visser et coll., 2004, p. 106). Certains critères d'évaluation sont partiellement dérivés de ces contraintes, d'autres proviennent de normes, préétablies, mais d'autres encore sont identifiés et construits au cours même du processus d'évaluation. Ils permettent d'évaluer les solutions par rapport à divers registres de référence (par exemple, fiabilité, utilisabilité, esthétique) et sont formulés à des niveaux d'abstraction hétérogènes (Darses, 2002). Sur la base de ces critères, l'évaluation peut alors se faire selon différents modes : de façon analytique, en examinant comment la solution satisfait les différents critères ; par analogie, en évaluant la solution relativement à une solution similaire conçue précédemment ; par comparaison, en évaluant deux ou plusieurs solutions en compétition sur la base de différents critères (Bonnardel, 1999 ; Martin et coll., 2001).

Nous voyons donc que la conception d'artefacts est une activité de recherche particulière puisque les modèles normatifs n'existent pas en matière d'ergonomie cognitive de la conception, que les étapes préconisées par les modèles prescriptifs servent de guide, mais n'améliorent pas les résultats de la conception, et que le problème et la solution apparaissent dans une « génération concourante ». Ce dernier phénomène justifie l'approche dialogique de notre recherche et la raison d'être de l'interlocuteur nécessaire à notre conception d'artefacts, l'étude de cas.

### 3.2.3.2 Études de Cas

Notre recherche empirique est composée de deux types de cas, à savoir des cas « en chambre » et des recherches-interventions. L'étude de cas n'a pas à se prouver comme échantillon représentatif, argue Moriceau (2003, p. 113), elle est proposée comme un possible. En effet, comment pourrait-on prétendre qu'une théorie bâtie à partir de quelques cas soit générale ? Il ne pourrait s'agir que d'une conjecture, d'une théorie en attente de généralisation par d'autres méthodes ou sinon d'une illustration d'une théorie existante (Moriceau, 2003, p. 117). Les recherches action-intervention sont pour leur part des études de cas particulières, dotées d'une visée

« transformative » envers l'organisation (Hlady-Rispal, 2002, p. 33). L'objectif est la construction de concepts, la production de méthodes et/ou l'*élaboration d'outils* au cours d'interventions demandées par les organisations. Le chercheur est à la fois *acteur et observateur* de la modification que son action provoque dans les pratiques de gestion.

David (2000a,b) précise la position de la recherche-intervention par rapport à la recherche-action : la recherche-intervention est un cas particulier de recherche-action, où le chercheur ne cherche pas à produire une connaissance objective sur le système social et son fonctionnement – comme dans la recherche-action de Lewin (1946) et Argyris et coll. (1985) – mais une connaissance sur la relative *efficacité des modèles et outils de gestion*.

L'intervention, voire la simple observation, modifie le comportement des acteurs et transforme la réalité (Wacheux, 1996, p. 28). Dans ces conditions, le chercheur doit être humble et reconnaître qu'il produit une connaissance *approchée*, par les objets, les méthodes et les résultats. Plane (2000, p. 46) remarque, dans le cadre de plusieurs investigations conduites au sein de diverses organisations, que le souhait d'une position de neutralité dans l'organisation constitue une aspiration utopique, car il semble que les acteurs aient un besoin de représentation et d'identification mentales des chercheurs, et par conséquent, les situent nécessairement à des places dans le système organisationnel.

Wacheux (1996, p. 151) constate que pour réduire la déstabilisation due à l'interaction avec les acteurs, le chercheur détermine et construit progressivement un questionnement en fonction des possibles. Par ailleurs, il joue sur l'interaction comme un levier, plutôt que de vouloir se distancier. Enfin, et surtout, il doit porter une attention soutenue à ses propres ressentis. Perceptions et sensations se cristallisent dans son esprit pour construire une vision de l'objet. La production d'énoncés, tant valides que féconds, suppose la conscience, et l'analyse de la conscience, constate-t-il.

Ces considérations théoriques étant posées, il est essentiel de distinguer les intervenants-chercheurs des consultants en management. On peut distinguer ainsi trois différences fondamentales (Plane, 2000, p. 21).

- Premièrement, une recherche-intervention dans une organisation fait impérativement l'objet de publications dont le but est de rendre compte à la communauté scientifique et pédagogique des résultats de la recherche. C'est ce que l'on pourrait appeler la *fonction de socialisation de la recherche*.
- Deuxièmement, les organisations qui peuvent faire l'objet de cette démarche doivent accepter une telle règle du jeu vitale pour les chercheurs. Cela correspond à une quête de légitimité de la recherche.

- Troisièmement, la finalité d'une recherche-intervention reste la *production de connaissances* sur le fonctionnement intime des organisations. Perret et Giraud-Séville (2002, p. 335-336) précisent que le consultant propose des outils apportant des solutions immédiates ou à court terme aux organisations qui font appel à lui. Le chercheur va prendre plus de distance par rapport à l'immédiat, va mener une réflexion plus générale sur les outils, sur leur validité à moyen ou long terme pour les organisations. C'est de cette réflexion que naîtront d'autres outils, d'autres façons de résoudre les problèmes des organisations. Il s'établit ainsi un aller-retour entre la théorie et la pratique, le chercheur ayant ce souci d'une réflexion à plus long terme, d'une réflexion éthique, utile aux organisations.

On pourrait parler dans cette perspective d'une fonction ontologique dès lors que l'on admet que le chercheur est *un créateur de sens*, remarque Plane.

Une recherche-intervention en management est donc un processus qui implique de fortes interactions entre chercheurs et acteurs et dont l'objectif majeur est la création de transformations durables ayant des effets sur la performance économique et sociale de l'organisation (Plane, 2000, p. 23). Le principal atout de cette démarche étant qu'elle crée les *conditions possibles de l'innovation* dans le sens où les chercheurs peuvent observer des stratégies ou des dispositifs de gestion radicalement nouveaux alors que l'on ne peut qu'analyser l'existant dans une étude de cas ou dans une recherche empirique (p. 29).

Wacheux (1996, p. 121) identifie quatre résultats possibles d'une recherche-action :

- la résolution du problème concret en termes de démarches et de réalisations ;
- des connaissances validées par l'expérimentation au cours de la recherche-action ;
- la formation d'une communauté éduquée : compétences individuelles et collectives ;
- des questionnements nouveaux pour des actions ou des études ultérieures.

A propos de la position du chercheur sur son terrain d'investigation, Girin (1981, p. 1884)<sup>9</sup> distingue trois méthodes de recherche en sciences sociales.

1. La méthode « objectivante *a priori* » à travers laquelle le chercheur pense être en position de neutralité par rapport à son objet d'étude. L'objectif consiste à interagir au minimum avec le terrain pour ne pas le perturber.
2. La méthode d'observation participante est développée par nombre de chercheurs, comme par exemple Sainsaulieu (1977). À travers ce parti pris méthodologique, le chercheur intègre l'organisation en se faisant recruter sans que les acteurs sachent qu'il est chercheur.

---

<sup>9</sup>Rapporté par Plane (2000, p. 48).

3. La méthode interactive à visée transformative dont l'objectif est de transformer le fonctionnement de l'organisation observée. Cette méthode de recherche-intervention est particulièrement préconisée par un certain nombre de chercheurs en sciences de gestion. Cette approche de la recherche implique que le processus de recherche-intervention constitue le mode privilégié d'observation de phénomènes profonds. En ce sens, la recherche contractuelle poursuit deux objectifs stimulants : l'amélioration du fonctionnement des organisations observées et la production de concepts, méthodes et outils sur le terrain considéré comme un lieu de production de connaissances.

Le premier type d'apport envisageable des études « interactives à visée transformative » est d'ordre didactique et normatif constate Hlady-Rispal (2002, p. 200-201). Face à un problème diagnostiqué par le chercheur et/ou l'entreprise, l'étude à visée transformative nourrit le projet didactique d'explicitation comment il faut raisonner pour gérer/décider et/ou propose un projet d'énonciation de normes de comportement, de décision, d'action.

En envisageant le fonctionnement du système social et l'action en son sein comme construits par les acteurs et l'intervention elle-même, la recherche ne vise plus la mise à jour du fonctionnement « objectif » du système social, mais la construction de connaissances qui soient utiles à l'action et qui améliorent l'efficacité de ce système. Cette visée amène ces approches à porter leur attention aux modèles et aux outils de gestion (Allard-Poesi et Perret, 2003, p. 89).

Seule l'intervention permet, dans une telle perspective, d'élaborer des connaissances valides. Elle sert tout à la fois de révélateur du fonctionnement du système social, de mise à l'épreuve des propositions théoriques par le changement qu'elle induit, et de progrès méthodologiques, par la réflexion sur l'intervention qu'elle impose (Allard-Poesi et Perret, 2003, p. 93). Elle permet, *in fine*, la production de connaissances à la fois rigoureuses scientifiquement, et « actionnables », utiles pour l'action.

Le paradigme constructiviste abandonne la croyance d'un possible accès objectif au réel. Au contraire, l'acceptation d'un univers construit (Le Moigne, 1990) par les représentations des acteurs oriente le projet de connaissances vers l'*explicitation des expériences* individuelles et collectives. Les résultats forment une *représentation* dans laquelle les acteurs doivent se reconnaître (représentativité sociale) et dont la cohérence logique sera appréciée par des instances extérieures (validité théorique) constate Wacheux (1996, p. 28). Néanmoins, production de connaissances et validation ne peuvent être dissociées (Avenier, 1992), les boucles de contrôle assurent que *l'explication la plus plausible se construit dans un processus de connaissance*, raisonné par les théories et les concepts.



Hlady-Rispal (2002, p. 72) décrit les chercheurs constructivistes comme des chercheurs « impliqués », qui se concentrent sur des représentations de la réalité traduisant l'expérience de leur relation au monde. Leur projet est essentiellement de construire la réalité d'un phénomène. La contextualisation du phénomène étudié est forte. Ces chercheurs ne croient pas en un accès *objectif possible au réel*. Il s'agit de se le représenter, de le construire. Pour les constructivistes, l'interaction est utilisée pour parvenir à expliquer une réalité co-construite par les acteurs terrain et académiques. Dans cette « invention de la réalité », le chercheur est lui-même son propre instrument de recherche (Watzlawick, 1988).

Dans ces approches, la visée d'actionnabilité se traduit également par la production de connaissances, c'est-à-dire sous forme de modèles et/ou d'outils utiles à l'action. Il s'agit avant tout de fournir aux acteurs de l'organisation une représentation intelligible qui leur permette d'agir plus efficacement (Allard-Poesi et Perret, 2003, p. 94-95). La *modélisation*, entendue comme une *construction intentionnelle en vue d'une intervention*, devient dès lors la *tâche essentielle du chercheur*. La nature de la modélisation dépendra des objectifs du modélisateur et prendra ainsi des formes variées suivant la nature des modèles conçus et le type de savoir à partir desquels le chercheur travaille (David, 2000a) : outils d'aide au diagnostic ou à la construction de problème (Chanal et coll., 1997), artefacts médiateurs (Claveau et Tannery, 2002), outils de gestion (Moison, 1997 ; David, 1998). Le chercheur devient un « chercheur-ingénieur ».

L'objectif des démarches scientifiques d'intervention est certes « *de comprendre en profondeur le fonctionnement du système, de l'aider à définir des trajectoires possibles d'évolution, de l'aider à en choisir une, [mais aussi de l'aider à] la réaliser, à en évaluer le résultat* » (David, 2000a, p. 203)<sup>10</sup>. La recherche-intervention partage ainsi le même objectif de changement de la réalité que la recherche-action argyrisienne. Elle s'en éloigne néanmoins en ancrant sa démarche dans la conception d'une situation idéalisée et la mise en œuvre d'outils visant à atteindre cette situation. En revanche, chez Argyris, la démarche repose sur l'utilisation de connaissances théoriques sur le fonctionnement du système social et la réflexion des acteurs sur leur propre système (David, 2000b). L'opposition ne porte pas sur le recours ou non à des connaissances théoriques mais sur leur exploitation par le chercheur constatent Allard-Poesi et Perret (2003, p. 95-96).

La recherche-intervention et la recherche ingénierique disposent enfin d'une visée normative. Elles visent la conception, l'implémentation et l'évaluation de modèles et d'outils « efficaces » (David, 2000b). Selon (Allard-Poesi et Perret, 2003, p. 96), ces recherches courent le risque de laisser de côté les questions de la nature et de l'utilité des changements qu'elles produisent.

<sup>10</sup>Cité par Allard-Poesi et Perret (2003, p. 95-96).

Allard-Poesi et Perret (2003, p. 125) notent que la confrontation de l'outil aux comportements qu'il suscite conduit dans une recherche-intervention à une transformation croisée de l'outil et du système social dans lequel il prend place (David, 2000a).

Au sujet de la généralisation des observations faites au travers des études de cas, Moriceau (2003, p. 123) rappelle qu'un ensemble de penseurs n'a pas accepté de dissoudre la différence et la singularité dans un système ou une représentation trop générale. Ils ont commencé à penser avec un nouveau concept, celui de répétition, tout en ayant bien soin de préciser que : « La répétition n'est pas la généralité. »<sup>11</sup>. Moriceau constate que le cas invite à étudier l'unique, le singulier, non par contrainte ou par dépit du fait des insuffisances d'une méthode, mais comme voie d'accès à un savoir plus profond. « *Selon la répétition, ce qui se reproduira ailleurs, ce ne sera pas de l'identique : chaque cas affirme sa différence. Pourtant cette différence ne signifie pas contradiction, exception ou infirmation de l'idée, mais une autre expression de la problématique, une autre tentative de l'affronter. La problématique se répète, mais chaque fois sous un jour différent. Ce qu'il faut tenter d'éclaircir alors, c'est le noeud de la problématique qui reviendra dans d'autres cas, la façon possible d'y faire face que dramatise le cas et comment d'autres acteurs pourraient créer une façon propre qui leur convienne.* »

Moriceau (2003) examine ce que pourrait apporter pour l'étude d'un cas ce concept de répétition. Généraliser, c'est élever au niveau du genre, constate-t-il, en éliminant toutes les singularités, dites cas particulier. Tandis que répéter, c'est reprendre la problématique depuis le départ et *reparcourir en inventant une réponse singulière propre à l'unicité de la situation*. Le chercheur qui fait le choix de la répétition plutôt que de la généralité redirige sa réflexion d'au moins trois façons, chaque fois vers davantage de richesse et de créativité.

1. Le cas est une œuvre singulière de la répétition. Contrairement au traitement statistique, l'étude de cas ne veut pas éliminer ces singularités. Au contraire, elle les recherche, *soit pour leur caractère exemplaire ou significatif, soit comme ingrédient indispensable à la compréhension*.
2. La répétition ouvre à une transgression de la loi. Elle laisse place à l'innovation, l'initiative, la créativité, ce justement à quoi on dit inviter les managers. La problématique se répète, mais la réponse est originale. Alors que la loi générale dit *la moyenne et l'obligatoire*, l'étude de cas qui viserait à la répétition *s'ouvrirait au remarquable et au possible*.

---

<sup>11</sup>Cette phrase ouvre le *Différence et répétition* de Deleuze (1968). Moriceau se fonde essentiellement sur cet auteur. Parmi les penseurs évoqués figurent Kierkegaard, Nietzsche, Peguy, Tarde, Derrida...

3. Avec la généralité, les concepts (le genre) définissent complètement les individus (espèces du genre). Dans la répétition, par contraste, les concepts ont une compréhension limitée, ils ne définissent pas totalement les individus. Dans le cas, ils trouvent une existence propre, ils débordent le concept. Les cas ajoutent au concept invention et créativité.

Ajouter un cas n'a alors pas pour but de retrouver la même théorie en espérant avoir gagné un incrément de généralité, conclut Moriceau, mais de reprendre l'analyse, comme un nouveau saut pour s'approcher de la problématique. Autrement dit, il ne s'agira pas avec l'étude de cas de résoudre le problème, mais de saisir comment celui-ci imprime la répétition de certaines situations. *Nous cherchons moins la meilleure solution, la réponse idéale, que des réponses possibles, de nouveaux commencements.* L'idée de répétition est ainsi l'heureuse affirmation de l'impossible achèvement d'un système théorique à propos des organisations humaines. Les théories proposées sont toujours à poursuivre, ouvertes à de nouvelles reprises, à des modes d'investigation divers. Les problématiques sont en effet toujours à réexaminer, de nouveaux outils et méthodes *ad hoc* toujours à inventer, les théories à actualiser et à réinterroger (Moriceau, 2003).

On ne saurait tirer d'une étude de cas un enseignement sur ce qu'il *faut* faire. Mais elle peut apporter d'autres choses. Si l'étude de cas a réussi à dépasser la simple description pour accéder à la compréhension de la situation problématique, alors elle ne nous livre pas simplement une illustration mais une *possibilité*.

Or, Moriceau (2003, p. 135 ) estime que la responsabilité du manager est le discernement des réponses possibles. L'enseignement à en tirer pourrait être le suivant. Il n'y aurait pas d'alternatives aux décisions qui semblent dictées par la réalité, seulement parce que nous ne savons pas *produire les possibles*, autrement dit nous ne voyons pas que ce que nous croyons être la seule solution n'est en fait qu'une solution<sup>12</sup>.

Concevoir un cas comme une possibilité c'est *s'interdire d'affirmer ce que les acteurs doivent faire* car nous n'avons plus l'autorité des lois générales pour cela. C'est aux acteurs seulement, responsables, parce qu'ils sont à l'intérieur de l'organisation, parce qu'ils la vivent et la forment chaque jour, qu'il revient de définir ce qu'ils veulent faire. Ils ont un intérêt immédiat au devenir de l'entreprise. Aussi, pour leur servir au mieux, l'étude ne peut se limiter à calculer une meilleure solution ou à produire un savoir abstrait à partir d'une connaissance beaucoup trop distante de la situation. Il s'agit de réfléchir avec eux, depuis leur situation, au cas

---

<sup>12</sup>« Être « responsable d'entreprise », n'est-ce pas prendre conscience des impossibles massifs dans lesquels, au nom de « contraintes économiques » présentées comme des lois naturelles, on place ceux-ci ? » (Solé et Pham, 1999, p. 142).

singulier qui est le leur, à un chemin de nouveau à parcourir (Moriceau, 2003, p. 137).

### 3.2.4 Choix des cas

Nous avons choisi de développer des artefacts dans une dialogique avec des applications concrètes de complexité croissante, afin de faire évoluer l’artefact au fur et à mesure des défis à relever. Il s’agit de répondre à notre problématique :

*« Comment l’utilisation de la logique floue dans les outils de contrôle de gestion est-elle praticable dans des cas réels de gestion ? A quelles conditions la complication des calculs et le changement de paradigme représentationnel qu’elle engendre sont-ils acceptables par l’utilisateur ? Quels sont les difficultés rencontrées, les écueils à éviter et les démarches à privilégier afin de mener à bien une telle mise en œuvre ? »*

Nous avons prévu de créer des modélisations économiques de projets, et d’entrer progressivement dans la complexité, afin d’améliorer incrémentalement nos artefacts.

Nos cas, qu’ils soient « en chambre » ou en recherche-intervention ont en commun cette notion de projet. La définition « canonique » du projet est donnée par Declerck et Boudeville (1973, p. 732)<sup>13</sup> :

- les activités sont non répétitives ;
- les décisions associées sont irréversibles ;
- les influences principales sont largement issues de l’environnement et sont extrêmement variables ;
- celui qui prend la décision est généralement dans l’incapacité de manipuler les variables ;
- il est difficile de mesurer les effets de ces influences ;
- le projet n’est généralement pas en stabilité statistique ; il n’est donc pas possible d’associer des probabilités aux effets que l’on cherche à mesurer ;
- une mauvaise décision et/ou l’influence incontrôlable d’un événement majeur peuvent avoir des conséquences catastrophiques.

---

<sup>13</sup>Cités par Gervais et Thenet (1998, p. 64).

Les projets constituent aujourd'hui la pierre angulaire de toute action, qu'elle soit politique, économique ou managériale. Il est difficile d'échapper à leur emprise (Aurégan et Joffre, 2002). Le projet, notent les auteurs, vient supplanter le plan et la prospective par une double synthèse entre les concepteurs et les exécutants d'une part et entre le temps de la conception et le temps de l'action d'autre part. Le projet est doté d'une caractéristique antagoniste qui en fait en même temps *un outil d'anticipation et une source d'incertitude*, ce qui peut en faire une démarche anxiogène.

L'économie « de projets » émergente est composée de « *firmes pro-actives [qui] ont pour caractéristique d'explorer le futur en jouant de l'ordre et du chaos simultanément et en exerçant une prospective en continu et par l'action, plutôt que discontinue et par procuration* » (p. 24). Un projet peut se définir comme une anticipation opératoire, de type flou ou partiellement déterminé d'un futur désiré (Boutinet, 1993), il se donne pour objet de transformer la réalité plus que de simplement la connaître (Bréchet, 1997)<sup>14</sup>. Nous voyons ici une acception plus constructiviste du projet que ne l'était celle de Declerck et Boudeville, qui envisage que le projet puisse modifier la réalité et ne pas seulement en dépendre (« *celui qui prend la décision est généralement dans l'incapacité de manipuler les variables* » ). La force du projet est de ne pas dissocier la conception de l'action (Aurégan et Joffre, 2002, p. 26).

Les auteurs remarquent que si l'idée de planification est indissociable de celle de projet, elle apparaît cependant *délestée de ses attributs les plus improbables* : rationalisation, suivi et évaluation drastique, etc.

Nous retrouvons là, avec l'émergence de l'économie de projet, la problématique de la mutation de l'environnement et du porte à faux des outils traditionnels<sup>15</sup> pour appréhender la gestion de ces nouvelles données.

L'économie de projet est la réponse organisationnelle à la turbulence et à l'incertitude que nous avons évoquée au chapitre 1. Nous choisissons en conséquence la modélisation de projets comme terrain pour nos études de cas. Les projets que nous avons retenus sont des microprojets, ceci dans un souci de niveau de complexité maîtrisé (figure 3.1 page 139). Certains sont des projets personnels (les cas en chambre), les autres sont également personnels, mais visent une réalisation professionnelle (les recherches-interventions) et représentent un enjeu important pour leurs porteurs. Si ces microprojets peuvent paraître simples par leur importance stratégique, ils ne diffèrent cependant pas fondamentalement des projets

<sup>14</sup>Cités par Aurégan et Joffre (2002, p. 26)

<sup>15</sup>Cf. section 1.1.4 page 31.

plus ambitieux : incertitude, risque et révélation des futurs possibles en sont les dénominateurs communs.

En outre, « *si l'on s'intéresse aux différentes configurations des projets, ceux-ci restent néanmoins toujours appréhendés dans leur singularité* » (Aurégan et Joffre, 2002, p. 25).

Nous décrirons plus précisément les projets modélisés au cours de notre recherche dans la section 5.1 page 211.

### 3.3 Posture épistémologique, évaluation de la recherche et critères de scientificité

*« Dans une science où l'observateur est du même genre que le phénomène observé, il fait partie du champ d'observation<sup>16</sup> »*

LEVI-STRAUSS

Certains phénomènes sont « artificiels », affirme Simon (2004, p. 17), parce que tout système est façonné par ses buts ou par ses intentions de manière à s'adapter à l'environnement dans lequel il vit. Si les phénomènes naturels ont un air de « nécessité » quant à leur asservissement aux lois naturelles, les phénomènes artificiels ont un air de « contingence » de par leur dépendance aux environnements qui les moulent. Les choses que nous appelons artefacts ne sont pas hors nature, car elles n'ont nulle dispense pour ignorer ou pour violer les lois de la nature. Mais elles s'adaptent aux buts et aux intentions de l'homme. Lorsque les buts de l'homme changent, ses artefacts changent aussi... et réciproquement (Simon, 2004, p. 28).

Le monde artificiel se définit précisément à cette *interface* entre les environnements internes et externes. Il nous révèle comment atteindre des buts en adaptant les premiers aux seconds. Le domaine d'étude de ceux qui œuvrent dans l'artificiel est l'examen des mécanismes par lesquels se réalise cette adaptation des moyens aux environnements (Simon, 2004, p. 205). Au centre de cet examen, nous trouvons justement le processus de la conception proprement dite. D'après l'auteur, la conception n'est pas réservée aux seuls ingénieurs. Quiconque imagine quelque disposition visant à changer une situation existante en une situation préférée est concepteur.

---

<sup>16</sup>Cité par Roland Perez, p. 9, préface de Plane (2000).

Simon conclut que pour être compris, les systèmes doivent d'abord être construits, puis leurs comportements observés (p. 55). L'architecture de notre recherche suit cette logique, en étant à la fois constituée de la conception l'outil, mais aussi de ses interactions avec l'utilisateur.

Si dans la manière de poser la problématique, nous suivons des recherches existantes (Zadeh, 1965 ; Lesage, 1999 ; Nachtmann et LaScola Needy, 2003), nous nous plaçons dans une perspective constructiviste dans la façon de créer l'outil et dans sa mise en œuvre. Nous nous situons donc dans une posture de construction d'artefacts et d'intervention (cf. figure 3.2) au sens de Kœnig (1993, reformulé à l'occasion du cours de DEA 2000, IAE Caen), ce qui nous place du côté du chercheur en interaction avec son objet de recherche, dans une perspective constructiviste. Nous avons précisé le quatrième quadrant du tableau en remplaçant recherche-action par recherche-intervention, puisque la recherche-intervention est un cas particulier de la recherche-action et que c'est elle qui nous intéresse ici.

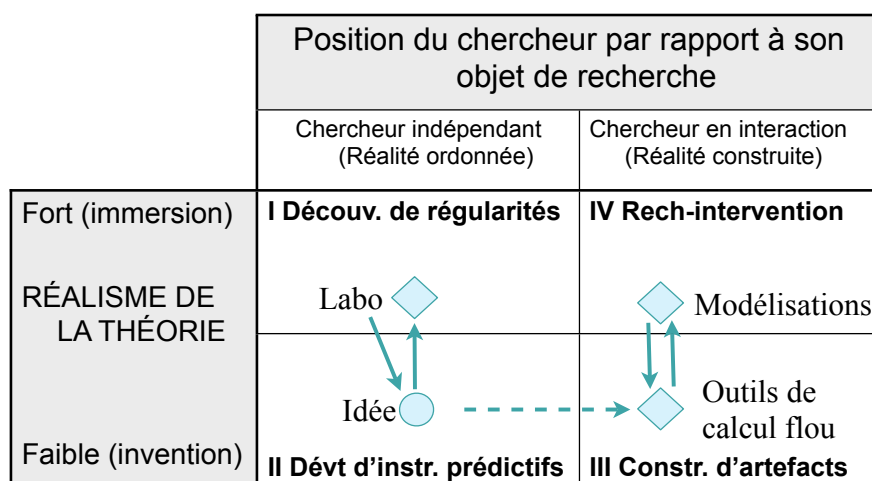
FIG. 3.2 – Oppositions thématiques et zones épistémiques

	Position du chercheur par rapport à son objet de recherche	
	Chercheur indépendant (Réalité ordonnée)	Chercheur en interaction (Réalité construite)
RÉALISME DE LA THÉORIE	<b>I Découverte de régularités</b> (chercheur organisateur de la connaissance)	<b>IV Recherche-intervention</b> (chercheur concepteur)
	<b>II Développement d'instruments prédictifs</b> (chercheur modélisateur)	<b>III Construction d'artefacts</b> (chercheur expert)
Fort (immersion)		
Faible (invention)		

*D'après Kœnig (1993)*

Si notre recherche est à dominante constructiviste, elle vient cependant compléter un champ principalement situé du côté de la réalité ordonnée (Lesage, 1999 ; Nachtmann et LaScola Needy, 2003 ; LaScola Needy et Nachtmann, 2001, 2000). Nous concevons donc délibérément notre recherche comme un *complément* et non pas comme un *substitut* aux recherches déjà menées concernant l'analyse des coûts à l'aide de la logique floue (figure 3.3 page ci-contre). Nous pensons effectivement que le perfectionnement des travaux existants n'amènerait un apport à la connaissance sur le sujet qu'assez marginal par rapport à ce que pourrait dévoiler une opérationnalisation.

FIG. 3.3 – Oppositions thématiques et zones épistémiques : positionnement des recherches en analyse des coûts à l'aide de la logique floue



Il est possible de contextualiser notre recherche par rapport à l'existant en observant le *mouvement que ces recherches opèrent* au sein des quadrants du tableau de Kœnig. Ainsi, les recherches de Lesage (1999) comme celles de Nachtmann et LaScola Needy (2003) partent d'idées concernant les effets de l'utilisation de la logique floue dans le calcul de coûts et vérifient ces hypothèses par des protocoles de laboratoire (figure 3.3). Ce faisant, elles valident ou invalident les idées de départ. Du point de vue des ergonomes, il s'agirait là de la vérification de l'*utilité* des idées.

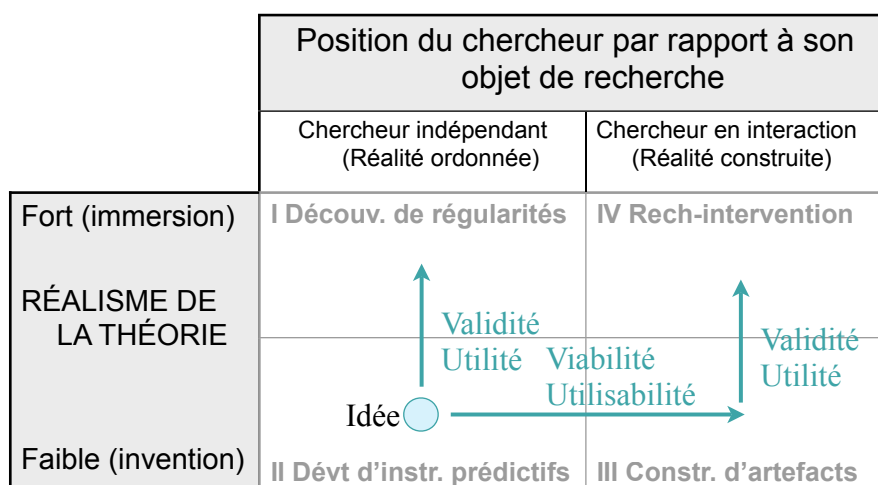
En cherchant à faire interagir les idées avec des cas réels, nous inscrivons nos recherches du côté de la réalité construite et ne pouvons plus en tester formellement la *validité*. En revanche, nous en vérifions la *viabilité*, ou encore l'*utilisabilité* du point de vue des ergonomes (figure 3.4 page suivante). L'outil, s'il est utilisable, tendra à confirmer son utilité, car l'utilisabilité ne peut apparaître si l'utilité est inexistante : on imagine en effet mal un acteur s'approprier et utiliser un outil ne servant à rien ! Inversement, une mauvaise utilisabilité de notre outil ne pourrait en aucun cas être interprétée comme la non-utilité des idées mises en œuvre.

### 3.3.1 Particularités de la pratique constructiviste

Charreire et Huault (2002, p. 302) relèvent que l'œuvre de Simon constitue le fondement de nombreux écrits constructivistes en management. L'enjeu est, pour



FIG. 3.4 – Oppositions thématiques et zones épistémiques : mouvement opéré par les différentes recherches en analyse des coûts par la logique floue



D'après Kæinig (1993)

Simon, de repérer les processus cognitifs de conception par lesquels sont réalisées les stratégies d'action. En effet, Simon (2004) montre que la science de gestion, dans ses bases épistémologiques, se rapproche de l'ingénierie, en ce qu'elle est *science de conception plus que science d'analyse*. Les méthodes alors mises en œuvre, définies à l'aune de leur projet de conception et de construction de connaissances, doivent permettre de modéliser le processus cognitif par lequel a été élaboré le projet qui définit les objets scientifiques. Ainsi tous les actes complexes de conception et construction deviennent-ils passibles de connaissances scientifiques (Le Moigne, 1990). Cette vision nourrit le courant du « constructivisme architectural », lequel stipule que *la construction d'artefacts peut apporter des réponses à des problèmes de gestion*.

Perret et Giraud-Séville (2002, p. 322) remarquent que les recherches qui s'inscrivent dans les paradigmes constructivistes visent à faire progresser les connaissances sur les organisations, leur gestion parfois, en proposant aux praticiens des outils et des savoirs instrumentaux. Les recherches s'inscrivant dans le paradigme constructiviste revendiquent clairement une visée d'action en proposant des modèles ou des outils construits pour et avec les acteurs. Elles insistent sur l'importance d'un ancrage des modèles produits dans un contexte organisationnel précis, sur l'importance du lien entre théorie et pratique. Sur le plan technique, la pratique constructiviste abandonne le postulat d'une possible reproductibilité des recherches, indique Wacheux (1996, p. 29). Il n'y a pas de déterminismes universels ou contingents dans les comportements humains, indépendamment d'une

certaine liberté de l'acteur à faire des choix (Boudon, 1979). Donc, qu'importe de chercher des lois déterministes universelles, si elles n'existent pas. Le paradigme constructiviste en sciences humaines constitue, désormais, une alternative crédible au positivisme logique importé des sciences « dures ».

Plane (2000, p. 15-16) définit le constructivisme comme la possibilité d'interagir avec les acteurs des organisations dans le cadre d'un projet de création de connaissances successivement compréhensif et prescriptif. En définitive, Plane (2000, p. 16) insiste sur le fait que les constructivistes ne croient pas que le monde soit donné une fois pour toutes et qu'ils ne croient pas davantage à une rationalité intemporelle comme le note Louart (1993, p. 171).

*« L'intelligence est liée à l'action. La connaissance authentique est une construction continue, créatrice de nouvelles structures »*

PIAGET (1967)<sup>17</sup>

Trois principes communs constituent le noyau dur autour duquel s'organisent les constructivismes : le rejet de l'hypothèse ontologique, l'interrelation sujet/objet, l'orientation pragmatique (Charreire et Huault, 2002, p. 301).

L'hypothèse ontologique renvoie à la « Réalité du Réel » ou à la « Naturalité de la Nature » (Le Moigne, 1990). Dans cette perspective, la science peut découvrir, décrire et révéler les lois qui régissent son fonctionnement. Le rejet de l'hypothèse ontologique constitue l'un des éléments constitutifs du constructivisme. Une ligne de démarcation nette avec les positivistes est ainsi posée. Les constructivistes considèrent, en effet, que la science ne saurait poursuivre un objectif de connaissance de la Réalité, d'une part, et que cette Réalité n'est pas indépendante, voire antérieure à l'observateur-chercheur, d'autre part. La recherche de lois explicatives du fonctionnement des phénomènes tant naturels que sociaux, la volonté d'approcher l'essence même de la réalité sont dépassées au profit d'une attention plus marquée vers la *construction d'un projet de connaissance*. Dans l'acception constructiviste, le primat est désormais accordé à l'interaction entre l'objet et le sujet et aux modalités d'élaboration des connaissances par le chercheur. En outre, les conditions et les processus d'émergence de la réalité observée apparaissent fondamentaux (Charreire et Huault, 2002, p. 301). Ces recherches, selon Gosselin et Mévellec (2002, p. 48) « *partent du postulat que la forme de l'innovation n'est jamais connue a priori, mais que c'est son insertion dans une organisation qui lui donne sa configuration opérationnelle* ».

---

<sup>17</sup>Cité par Wacheux (1996, p. 27).

### 3.3.2 Critères de scientificité et évaluation de la production de la recherche

Il n'est pas dans l'esprit des constructivistes d'imposer des critères très précis et opérationnels notent Perret et Giraud-Séville (2002, p. 322-323). Des critères de validité ont certes été proposés, il en va ainsi des critères de reproductibilité, d'intelligibilité, de constructibilité (Le Moigne, 1995, 1990), d'adaptation fonctionnelle, de convenance (Von Glasersfeld, 1988). En outre, si l'argument de complexité du projet épistémologique paraît acceptable, il masque un problème auquel sont confrontées les épistémologies « antipositivistes » dans leur définition des critères de validité. En adoptant clairement une position relativiste, elles héritent par là même des difficultés inhérentes à cette position en matière de connaissance. En niant l'existence d'une norme de rationalité universelle, ahistorique qui permettrait de juger qu'une « théorie est meilleure qu'une autre » (Chalmers, 1987, p. 169), les relativistes peuvent être accusés d'indifférentisme, de scepticisme, de subjectivisme. Pousser la logique du relativisme jusqu'à son terme équivaut, selon ses détracteurs, à ne pouvoir affirmer autre chose que « tout se vaut », ce qui, par conséquent, revient à ne pas pouvoir définir de critères de validité.

Aussi diverses soient-elles, les recherches constructivistes affichent des critères de validité communs tels que l'adéquation et l'enseignabilité (Perret et Giraud-Séville, 1999). Pour appréhender le critère d'adéquation, il convient de revenir au statut de la connaissance. Cette dernière n'est pas une représentation unique du monde réel ; elle doit être comprise comme une clé qui ouvre des voies possibles de compréhension. Autrement dit, une connaissance est « adéquate » si elle suffit, à un moment donné, à expliquer ou à maîtriser suffisamment finement une situation. Le degré d'adéquation reste à l'appréciation du chercheur, seul véritable expert sur le terrain (Von Glasersfeld, 1988)<sup>18</sup>. Dès lors, la réalité, construite à travers l'expérience que le chercheur retire du terrain, n'est jamais directement accessible et le savoir est le résultat d'une interprétation strictement conjecturale. Le critère d'enseignabilité signifie, quant à lui, que la connaissance produite *doit être transmissible*. En ce sens, toute connaissance est construite de manière projective et il ne saurait exister de réelle différence de statut entre connaissance scientifique et philosophique (Charreire et Huault, 2002, p. 303).

---

<sup>18</sup>Glasersfeld, considéré comme un constructiviste radical, admet qu'une connaissance est valide dès lors qu'elle convient à une situation donnée. Il illustre ce principe en utilisant la métaphore de la clé (Perret et Giraud-Séville, 1999, p. 30). « *Par exemple, une clé convient si elle ouvre la serrure qu'elle est supposée ouvrir. La convenance décrit dans ce cas une capacité : celle de la clé, et non pas celle de la serrure. Grâce aux cambrioleurs professionnels, on ne sait que trop bien qu'il existe beaucoup de clés découpées tout à fait différemment des nôtres, mais qui n'en n'ouvrent pas moins nos portes.* » (Von Glasersfeld, 1988, p. 23).

Au sujet de l'évaluation des résultats des recherches, Perret et Giraud-Séville (2002, p. 332) constatent que si l'existence de multiples interprétations est inévitable, le fait que l'on ne puisse privilégier aucune description en termes de « vérité » ne suppose pas qu'il ne soit pas possible de hiérarchiser ces différentes interprétations en termes « d'utilité ». Le critère d'utilité permet de hiérarchiser différentes interprétations possibles comme ayant plus ou moins de valeur. L'intérêt n'est plus simplement de s'autoriser à voir les choses différemment, mais de voir les choses dans des voies qui sont utiles aux individus et aux communautés.

Xuereb et coll. (1999, p. 510) remarque que le chercheur peut s'interroger sur *l'utilité sociale* de son métier et sur la représentation que peut en avoir le quidam. Pour ce dernier, recherches, méthodologie, épistémologie, théorie sont des concepts ésotériques qui ne peuvent en rien l'aider dans les difficultés et les problèmes qu'il rencontre tous les jours dans sa vie professionnelle. Prenant la place du quidam, le chercheur s'apercevra alors que *seules des recherches pertinentes tant pour le monde académique que pour le monde non académique* lui permettront de justifier de son « utilité sociale ». Ces recherches pertinentes ne peuvent être que le fruit d'une connaissance réelle de la vie des organisations, d'où la nécessité pour le chercheur de développer des modes de contact fréquents et fructueux avec l'environnement non académique.

Pour Mintzberg (1990, p. 160) aussi, le meilleur test est le praticien : « *Et malgré les conceptions de philosophes des sciences, comme Karl Popper, le meilleur test qui puisse exister pour démontrer si une théorie est applicable c'est encore lorsque des praticiens intelligents reconnaissent qu'elle leur apporte une aide plus efficace qu'une autre dans le traitement d'un problème.* »

Perret et Giraud-Séville (2002, p. 334) remarquent que le projet pragmatiste apporte des critères intéressants pour l'évaluation, et qu'il ouvre le champ à des méthodologies multiples, la question n'étant pas la légitimation *a priori* d'une méthode. Il ne s'agit pas de dire qu'une connaissance est valide car elle utilise une bonne méthode, mais de dire que la connaissance est valide car elle est utile. Cela oriente donc le débat méthodologique vers une autre question : cette méthode est-elle adéquate pour répondre au problème ? Cela suggère également que l'on ne puisse avoir une vision binaire de la connaissance (dire qu'elle est valide ou non valide) mais plutôt une démarche incrémentale dans la validation de la connaissance, en tenant compte du contexte et de son évolution : *une connaissance est valide dans un contexte donné et pour un problème précis*. Cependant, cette connaissance pourra être invalidée progressivement (si le contexte change progressivement) ou brusquement (en cas de remise en cause brutale du contexte). Il est donc important pour le chercheur, dans un objectif de cumulativité des connaissances, de réfléchir aux modes de présentation des théories et modèles produits, à savoir au degré

de précision des détails, à la richesse des informations données sur le contexte de production de la théorie, à la clarté des hypothèses sous-jacentes à la recherche, à la méthode utilisée... En proposant une théorie ou un modèle, les chercheurs en sciences de l'organisation doivent expliciter les conditions de validité de leur modèle et donc réfléchir aux conditions qui pourraient le remettre en cause dans l'avenir ou dans un autre contexte.

Les critères retenus par le projet épistémologique ergonomique – qui nous intéressent par notre problématique – sont proches des critères pragmatistes. Selon de Montmollin (1996, p. 22) l'ergonomie est une technologie. Chercher à être scientifique, en ergonomie, ce n'est pas chercher à constituer une impossible science homogène, objectif inaccessible, car le travail et le travailleur sont beaucoup trop complexes et divers pour donner lieu à une approche unitaire harmonieuse. Il s'agit plutôt de mettre en œuvre des modèles, parfois des théories, et des *méthodes* (surtout des méthodes) cohérentes, structurées, vérifiables, et critiquables, en un mot : rationnelles.

Hlady-Rispal (2002, p. 100) note que les constructivistes substituent volontiers les termes de « fidélité », « validité de construit », « validité interne » et « validité externe » par ceux de « crédibilité », « transférabilité », « objectivité » et « confirmabilité » (Hirshman, 1986). D'autres tels Mucchielli (1994) parlent « d'acceptation interne », de « cohérence interne », de « confirmation externe », de « complétude » ou de « saturation ». La méthodologie de l'invention n'a pas besoin de certification scientifique, *a priori* – remarque Wacheux (1996, p. 142). Les chercheurs - découvreurs sont des explorateurs guidés par une intuition, une conviction, ou un désir de renouveau théorique. Ils s'aventurent dans des régions où la conscience est une connexion subjective, avant que d'autres suggèrent des propositions d'expérience, au sens de Kant (1783). Aucune recherche ne peut cependant s'affranchir d'un appareillage théorique, ni d'un processus où le comportement de découvreur laissera place, à un moment ou à un autre, au constructeur d'une rationalité conceptuelle mise à l'épreuve des théories et des faits.

Drucker-Godard et coll. (1999, p. 285) indiquent que les techniques visant à s'assurer de la validité externe d'une recherche qualitative portent principalement sur la démarche même de recherche (Silverman, 2001). Seul le chercheur est réellement en mesure de dire comment le terrain a été pris en compte, et comment il entend dépasser les spécificités locales de chaque cas pour généraliser les résultats à un univers plus vaste.

Il s'agit de comprendre localement certaines situations plus que de formaliser des lois constate Hlady-Rispal (2002, p. 157). En l'absence de causalité générale, on recherche une causalité locale et contextuelle pour ensuite dégager des similitudes

de structures en tenant compte des contextes. L'explication doit permettre de générer un questionnement précis ou d'infirmer une théorie existante (réfutation).

Koenig (1993) ajoute que, plutôt que de développer des arguments spécieux pour tenter de valider ou donner l'illusion d'une validation positive ou réfutationniste, il vaut mieux que le chercheur explicite l'ensemble des éléments permettant de discuter les énoncés produits par la recherche. C'est donc bien dans la description la plus complète possible des étapes du travail spéculatif à partir de données empiriques, qu'elles soient qualitatives ou quantitatives, que se situe la démarche réellement scientifique (De La Ville, 2000, p. 87).

Par ailleurs, compte tenu des types de données produites par la psychologie ergonomique, d'autres modes de validation des résultats doivent être envisagés. La nature de ces données et le nombre restreint de sujets ne permettent pas toujours de mettre les résultats à l'épreuve de tests statistiques. Cela peut conduire les chercheurs à substituer aux critères méthodologiques de généralisation classiquement utilisés en psychologie cognitive des *critères de plausibilité qui mettent l'accent sur le caractère vraisemblable et admissible des résultats en regard de ceux déjà disponibles dans le champ d'études considéré* (Darses et coll., 2004, p. 222).

*« En tant que concepteurs, ou que concepteurs de processus de conception, nous devons être explicites, comme jamais nous n'avons eu à l'être auparavant, sur tout ce qui est en jeu dans la création d'une conception et dans la mise en œuvre même des processus de création »*

SIMON (2004, p. 246)

Si, comme le soulignent Perret et Giraud-Séville (2002, p. 322), il n'est pas dans l'esprit des constructivistes d'imposer des critères très précis et opérationnels, cela ne doit pas nous empêcher de définir les critères qualité que nous retenons pour cette recherche. Ces critères, qui nous serviront de fil directeur tout au long de nos expérimentations, sont les suivants :

- l'applicabilité, ou encore l'*utilisabilité* des artefacts construits, pour les outils que nous créons ;
- l'utilisation des modélisations par les acteurs et les appréciations qu'ils en font ;
- l'*enseignabilité* et l'*explicitation* puisque celle-ci doit permettre de *discuter les énoncés produits* comme le dit Koenig (1993, p. 12) : *« Bien plus que l'expérimentation, ce sont la logique et l'expérience qui doivent ici servir de pierre de touche »*.

## Conclusion du Chapitre 3

La problématique de cette recherche vise à saisir les déterminants de la viabilité de l'application de l'arithmétique floue (Zadeh, 1965 ; Lesage, 1999) au calcul de coûts dans des cas réels de gestions. Elle se pose donc comme un complément aux recherches déjà effectuées dans ce champ et se situe dans l'hypothèse de la réalité construite. La logique floue permettant de prendre en compte l'information imparfaite, débiter son application au contrôle stratégique plutôt qu'à des types de contrôles où l'incertitude et la turbulence sont moins perçues par les utilisateurs permet de renforcer les phénomènes étudiés que sont l'information imparfaite et sa gestion par les outils de contrôle de gestion et l'interaction des outils avec la cognition des utilisateurs.

Plusieurs dispositifs ont été envisagés avant d'en choisir un permettant d'éviter le plus de facteurs explicatifs rivaux et d'entrer progressivement dans la complexité des situations de gestion. S'agissant d'une « technologie » en développement, il est en effet nécessaire d'adapter les artefacts conçus pour effectuer les modélisations au fur et à mesure des difficultés à surmonter. Le dispositif retenu consiste en l'établissement d'une dialogique entre la construction d'artefacts et l'application de ces artefacts à des cas composés majoritairement de microprojets. Une première phase dans les cas a consisté en l'établissement de cas en chambre portant sur des projets personnels du chercheur, la seconde phase étant plus « opérationnelle » puisque consistant en une relation de conseil entre le chercheur et des porteurs de projets de l'Université de Caen.

La recherche étant qualitative, constructiviste, et ayant également trait à l'ergonomie cognitive, les critères de scientificité de ces méthodologies, postures et disciplines ont été passés en revue avant d'établir un choix correspondant au dispositif retenu.

# Conclusion de la première partie

Malgré l'évolution de leur environnement, les outils du contrôle de gestion sont restés longtemps dans une perspective mécaniste du fonctionnement de l'organisation. L'inversion du rapport entre l'offre et la demande est le principal responsable de ces mutations de l'environnement. La satisfaction d'une économie tirée par la demande s'est faite par la segmentation des marchés, ce qui a généré une montée de la complexité à de multiples niveaux :

- complexité du marché avec la multiplication des produits dans l'espace et dans le temps ;
- complexité des métiers de l'entreprise avec l'apparition de multiples activités de support ;
- complexité des frontières organisationnelles avec la multiplication de l'externalisation de tout ou partie de la production.

Ces phénomènes, accompagnés de la mondialisation et de la tertiarisation de l'économie, ont rendu les outils traditionnels de comptabilité de gestion inefficaces pour comprendre et anticiper le fonctionnement des organisations. Leur refonte, à la fin des années 80, a donné naissance à divers outils tendant à prendre la complexité de ce nouvel environnement en compte. Cependant, ce renouvellement des outils a omis de considérer deux phénomènes : l'incertitude liée à l'environnement turbulent et la façon dont les managers travaillent.

De ce fait, les nouveaux outils pêchent à la fois par leur myopie dans un environnement aux possibilités élargies, et par le manque d'intérêt pour l'aide à la décision qu'ils suscitent chez les managers.

L'étude approfondie de ces deux phénomènes nous a montré que l'information imparfaite est inévitable s'agissant de données de gestion, et qu'en outre, le jeu organisationnel et cognitif était bénéfique à deux titres : il permet à l'organisation comme à l'individu de spécifier un certain nombre de tâches, mais de garder suffisamment de souplesse pour préserver auto-organisation et apprentissage.



S'agissant d'incertitude forte, qui ne se justifierait pas par la simple nécessité d'un jeu minimal – la « spécification critique minimale » de Morgan (1989) –, la psychologie cognitive a montré que les outils de prévision qui nient l'existence de l'incertitude renforcent les biais cognitifs – notamment celui d'aversion au risque – des individus et viennent donc diminuer la qualité des représentations mentales qu'ils ont de leur environnement.

En outre, l'ergonomie cognitive reconnaît aux représentations-artefacts le statut d'outils – ou d'agents – cognitifs. C'est-à-dire que par les informations qu'ils détiennent et la part de l'activité cognitive qu'ils prennent en charge, ces agents modifient les représentations mentales des individus. Le tout constitue un « système cognitif distribué » si les instruments qui accomplissent une part du travail restent « ouverts » et permettent au sujet d'avoir une représentation plus facile à traiter. À l'inverse, le paradigme « de la prothèse » propose que l'outil dirige le processus de résolution de problème. La recherche a montré que, dans ce cadre, la performance globale du système homme-machine se dégradait.

Les outils du contrôle de gestion proposent généralement une représentation face à laquelle le manager n'a plus le choix que de décider si, oui ou non, il accepte tel niveau de gain. L'alternative au non étant de redemander à ses collaborateurs d'entrer dans le système des variables *input* plus conformes à ses attentes. En ce sens, ils se rapprochent plus du paradigme de la prothèse que du système cognitif distribué. Seule la mise en place de l'ABM, par la représentation de l'organisation qu'elle engendre et par la réflexion qu'elle engage autour des métiers de celle-ci, semble échapper au paradigme de la prothèse. En revanche, une fois la mise en place de la phase de pilotage, avec sa nécessité de mesure, l'ABC repasse du côté du paradigme de la prothèse. Si les outils de contrôle de gestion veulent quitter ce paradigme, ils doivent accepter l'information imparfaite, afin de donner des représentations plus fidèles de l'environnement et faciliter le travail cognitif du manager.

Le cadre mathématique de la logique floue permet la gestion de l'information imparfaite dans les outils de contrôle de gestion. Contrairement aux probabilités, l'encodage et le décodage des informations demandées et délivrées par un système de contrôle de gestion flou sont intuitives et correspondent au langage naturel. Les recherches en laboratoire de Lesage ont montré, dans le cadre d'un jeu d'entreprise, que la qualité de la prise de décision était améliorée par une représentation floue de l'analyse des coûts.

Il doit donc être possible de faire participer les outils du contrôle à un système cognitif distribué en leur permettant de prendre en compte l'information imparfaite

à l'aide de la logique floue et en portant une attention soutenue à leur interaction avec le manager.

La recherche en laboratoire n'a pas invalidé cette thèse, mais la question de l'applicabilité de l'idée se pose tout particulièrement dans un cadre tel que celui de l'ergonomie cognitive. Notre recherche, outre la découverte de nouveaux phénomènes, se base sur un problème de viabilité immédiat : peut-on passer du laboratoire au terrain ? Nous posons notre problématique de la manière suivante :

*« Comment l'utilisation de la logique floue dans les outils de contrôle de gestion est-elle praticable dans des cas réels de gestion ? À quelles conditions la complication des calculs et le changement de paradigme représentationnel qu'elle engendre sont-ils acceptables par l'utilisateur ? Quels sont les difficultés rencontrées, les écueils à éviter et les démarches à privilégier afin de mener à bien une telle mise en œuvre ? »*

Le design de notre recherche vise à traiter cette problématique par une entrée progressive dans la complexité de cas réels de gestion, en débutant par des cas en chambre avant de passer à des recherches-interventions. Puisque notre problématique a trait à des problèmes d'ergonomie cognitive, l'artefact utilisé est primordial dans les résultats observés. L'outil permettant d'effectuer des calculs de coûts à l'aide de la logique floue n'existant pas, nous avons donc dû le mettre au point. Artefact et cas s'enrichissent mutuellement dans une activité de conception, créatrice de connaissances (Simon, 2004). Ce dispositif de traitement de notre problématique nous place ainsi dans le paradigme constructiviste. Nous retenons donc les critères de scientificité des démarches constructivistes, parmi lesquels l'enseignabilité et l'explicitation.

Nous avons dans cette première partie exposé les fondements et analyses théoriques qui justifient notre démarche de recherche, nous allons dans la seconde partie en présenter la composante empirique.



## Deuxième partie

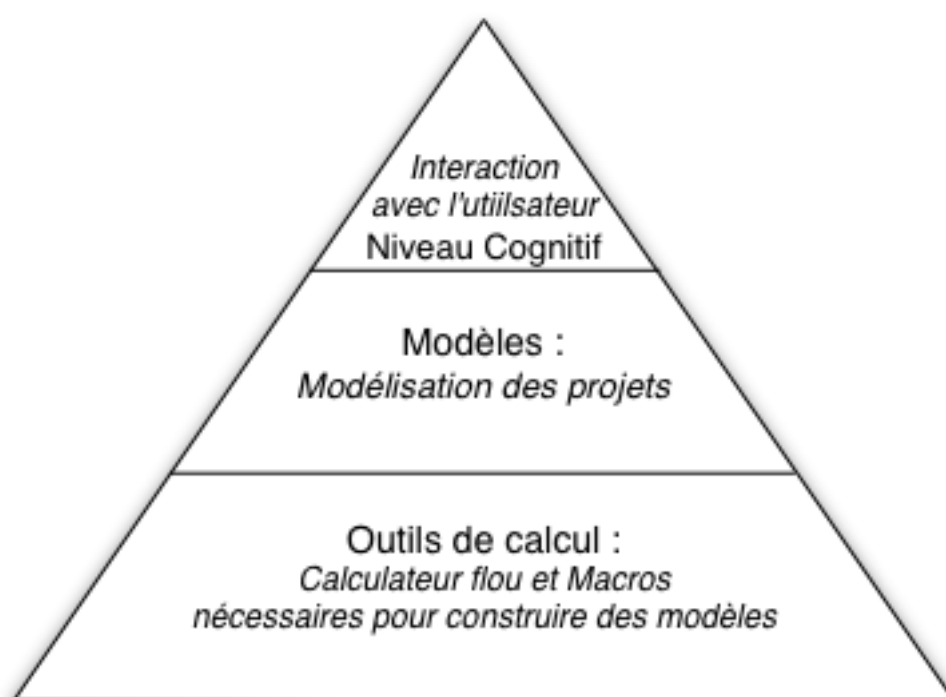
### Mise en œuvre de la logique floue dans la représentation de projet



Dans cette recherche coexistent deux niveaux de conception : la conception du cadre permettant d'effectuer des calculs de coûts à l'aide de la logique floue (donc l'outil de calcul flou) et la conception des modélisations économiques de projets. Ces deux niveaux de conception se sont bien évidemment influencés et coconstruits l'un l'autre tout au long de la recherche dans une dialogique.

En outre, les phénomènes observables suivent cette même logique, mais selon une hiérarchie que l'on pourrait illustrer par une pyramide (figure 3.5).

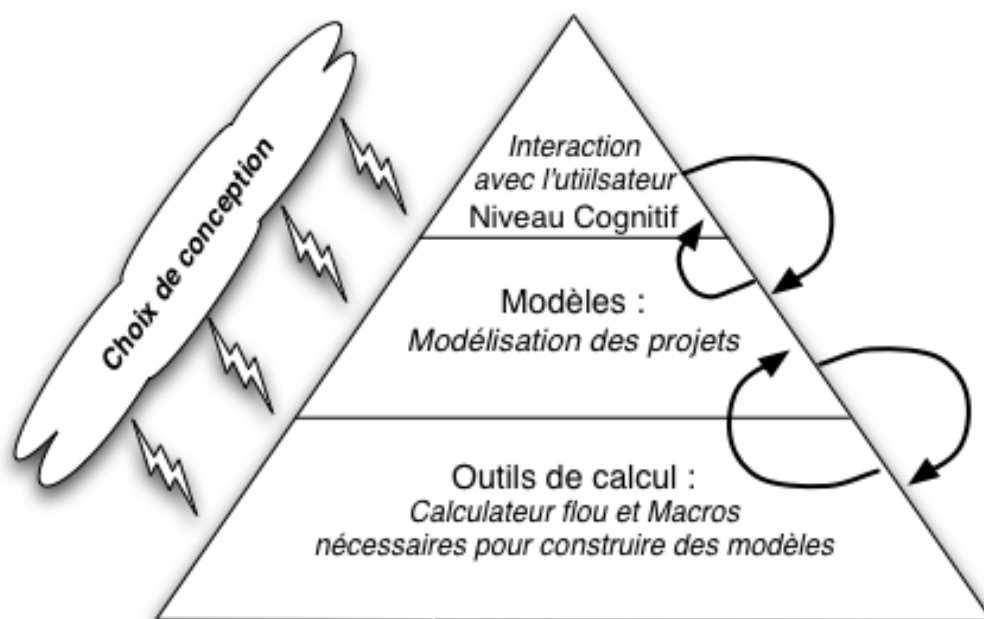
FIG. 3.5 – La construction pyramidale de la recherche



Il faut en effet qu'il existe des fondations, constituées par un *Calculateur/ Processeur de nombres flous* et un ensemble de *Macros* aidant à l'utilisation des nombres flous pour que puissent être modélisés des projets. Et il faut que des projets soient modélisés pour pouvoir observer l'interaction de la modélisation à l'aide de la logique floue avec l'utilisateur. La qualité des modèles produits est donc contingente de la qualité du Calculateur Flou et des macros associées, de leur capacité à prendre en compte des situations plus ou moins complexes et à être facilement compréhensibles. De même, la nature des interactions observables avec l'utilisateur est contingente de la qualité des modélisations produites et de

la qualité de leur moteur (Le Calculateur Flou et ses macros). L'ensemble du système de recherche étant lui-même contingent des choix de conception du chercheur (figure 3.6) et de la reformulation permanente entre les différents niveaux.

FIG. 3.6 – Dynamique de la construction pyramidale de la recherche



Ainsi, la dialogique entre moteur et modèles a-t-elle permis tout au long de la recherche un élargissement progressif des fonctions du moteur par confrontation avec les besoins des modèles et de leurs utilisateurs.

Cependant, afin de rendre au lecteur une restitution la plus claire possible, nous avons choisi d'expliquer dans un premier chapitre la conception de l'outil de calcul, dans un deuxième chapitre nous décrirons les cas modélisés, puis nous analyserons l'utilisation de l'outil dans les modélisations économiques de projets dans le troisième chapitre.

Les deux niveaux de conception (artefact et modélisation) étant liés, il est donc difficile de parler de l'élaboration de telle ou telle fonction de l'outil sans évoquer le cas de modélisation qui a généré le besoin et son influence sur la représentation. Les renvois entre les trois chapitres seront donc fréquents, et nous nous efforcerons de faire en sorte qu'ils soient les plus aisés.

# Chapitre 4

## Création d'un outil XL VBA

Dans ce chapitre, nous explicitons le pan « construction d'artefacts » de la recherche. Nous verrons d'abord la façon dont nous avons conçu l'outil et les fonctions que nous lui souhaitons (section 1), nous présenterons ensuite l'outil créé et ses fonctionnalités (section 2), puis nous conclurons par deux modes d'emploi permettant au lecteur de mieux comprendre la réalité des artefacts ainsi créés et de les utiliser le cas échéant (section 3).

### 4.1 Architecture de la conception et définition fonctionnelle de l'outil

Nous allons d'abord présenter le dispositif que nous avons suivi pour déterminer le processus de création, puis la définition fonctionnelle de l'outil.

#### 4.1.1 Architecture générale de la conception de l'outil

##### 4.1.1.1 La volonté de créer un outil polyvalent

Un des pans importants de notre travail de recherche a été la conception d'un outil permettant d'effectuer des calculs de coûts à l'aide de la logique floue. Notre problématique se distingue en effet d'autres travaux portant sur l'utilisation de la logique floue dans le calcul de coûts. Ainsi, Nachtmann et LaScola Needy (2003) partent d'un cas réel de gestion (le système ABC classique tel qu'utilisé par une



entreprise moyenne du secteur pharmaceutique) et modifient le système de contrôle de gestion en laboratoire afin de l'adapter à différentes méthodes calculatoires à même de supporter l'incertitude et pouvoir ainsi en comparer les effets sur le modèle. Lesage (1999) crée un jeu d'entreprise basé sur un modèle coût-volume-profit dont la représentation est aléatoirement floue ou classique, mais dont les règles du jeu et donc le modèle sous-jacent restent les mêmes d'une expérimentation à l'autre. Notre recherche se distingue de ces problématiques par deux aspects :

- notre outil doit pouvoir s'adapter à différentes modélisations facilement, car contrairement à Lesage, chaque nouveau cas étudié demandera un nouveau modèle. De plus, contrairement à Nachtmann et LaScola Needy, il ne s'agit pas d'adapter une unique fois un cas réel de gestion à une situation d'incertitude créée en laboratoire pour en déterminer les conséquences, mais bien de pouvoir s'adapter à chaque nouveau cas d'incertitude rencontré en situation réelle.
- notre outil doit être compréhensible et utilisable par un utilisateur quelconque, car, contrairement aux deux recherches évoquées ci-dessus, l'utilisateur est susceptible d'avoir à utiliser le modèle seul.

Notre objectif pour la conception de notre outil était *de créer un outil polyvalent, permettant au sujet de s'approprier le calcul flou avec une facilité s'approchant le plus possible de l'algèbre classique*.

Cette volonté d'avoir un outil adaptable et polyvalent génère un premier inconvénient : une certaine lourdeur, elle-même renforcée par la difficulté d'*Excel* à gérer de gros projets de façon fiable et par le fait de nos faibles savoirs en tant qu'analyste-programmeur. L'outil que nous avons actuellement développé est donc à considérer comme un premier pas vers cet idéal.

#### 4.1.1.2 L'utilisation des outils de l'analyse de la valeur

Afin de développer un outil qui soit le plus possible en cohérence avec l'utilisation que nous voulions en faire, nous nous sommes inspirés de l'analyse du besoin et de l'analyse fonctionnelle proposés par l'analyse de la valeur<sup>1</sup>. Nous précisons bien « inspirés » en raison de plusieurs limites :

- cette analyse s'effectue normalement au sein d'un « groupe projet », or en l'occurrence le groupe projet s'est bien souvent limité ici au seul chercheur, nous l'avons cependant effectué avec un double point de vue, celui du concepteur et celui de l'utilisateur (notre passé professionnel nous a facilité la tenue

---

<sup>1</sup>Normes NF X 50 - 100 et 101 « L'Analyse Fonctionnelle », NF X 50 - 151 « Guide pour l'élaboration d'un Cahier des Charges Fonctionnelles ».

de ce rôle double). En outre, malgré l'absence de « groupe projet » à proprement parler, nous avons cherché à multiplier la confrontation de nos idées à des idées extérieures ;

- nous n'avons pas nécessairement suivi les recommandations décrivant les sept phases du management par la valeur (ce sont les mêmes que celles de la gestion de projet) à la lettre, mais il est relativement admis que ces phases sont indicatives et qu'elles peuvent s'influencer mutuellement ou se chevaucher.

Cependant, les outils de l'analyse de la valeur nous ont donc offert une structure et une méthode pour appréhender notre projet de conception. De Montmollin (1996, p. 97-98) note qu'il s'agit d'un aspect important de la conduite d'un projet informatique :

*« l'inadéquation des programmes aux besoins des utilisateurs provient souvent d'une « définition fonctionnelle » du produit informatique incomplète et inexacte. « Définition fonctionnelle » est une expression [...] qui correspond à peu près à la « tâche » telle que la définissent les ergonomes, en particulier les objectifs à atteindre, les productions à assurer grâce à l'outil informatique. [...] Tout comme hier en mécanique les ingénieurs des méthodes, les informaticiens semblent répugner à l'idée que le « travail prescrit » puisse s'inspirer de ce qu'est, ou pourrait être, le « travail réel », tel qu'une observation directe permet de l'analyser. [...] Il est exceptionnel que les guides de conduite de projet intègrent, dans la conception d'un nouveau système, les conséquences sur l'organisation et sur les compétences, et donc sur la formation. Un système informatisé de gestion de stocks ne doit pas obliger à remplacer les magasiniers par des comptables. »*

Même si notre « groupe projet » n'incluait pas directement les utilisateurs<sup>2</sup>, notre passé de contrôleur de gestion nous a permis de porter une attention toute particulière à l'ergonomie et à la polyvalence de l'outil. En outre, celui-ci a évolué au gré des expérimentations, et c'est donc en ce sens que nous n'avons pas suivi scrupuleusement les phases de la gestion de projet, mais que nous avons tout de même tenu compte de l'avis de nos utilisateurs. De plus, nous avons tout au long de cette conception cherché à respecter les heuristiques proposées par Molich et Nielsen (1990), voir figure 4.1 page suivante.

---

<sup>2</sup>Nous n'évoquons pas ici les utilisateurs futurs de notre recherche, participants aux recherches-interventions. Il s'agit des utilisateurs de façon générale, utilisateurs potentiels auxquels s'adresse l'outil, tels que compris dans la littérature en développement de projet.

FIG. 4.1 – Heuristiques proposées par Molich et Nielsen (1990)

1. Fournir un dialogue simple et naturel
2. Utiliser le langage de l'utilisateur
3. Minimiser la mémorisation
4. Être cohérent
5. Fournir un retour d'information (feedback)
6. Fournir des moyens explicites de contrôle du dialogue
7. Fournir des raccourcis
8. Fournir de bons messages d'erreurs
9. Prévenir les erreurs

Source : (Christian Bastien, 2004, p. 58)

### 4.1.2 Définition fonctionnelle de l'outil

Les fonctions que nous avons identifiées comme étant nécessaires à notre outil, dès début 2002, outre les fonctions de base du calcul de coût à l'aide de la logique floue telles que définies dans la section 2.1.6 page 101 sont les suivantes :

- un test de sensibilité de l'AireEntropie<sup>3</sup> automatisé dont la commande serait centralisée si possible. Cela implique que l'outil soit capable de modifier une à une chacune des valeurs d'entrée – quelle que soit l'architecture du modèle –, d'enregistrer le résultat de chacun des calculs, et de restituer un état récapitulatif de l'influence de chaque variable ;
- un interrupteur<sup>4</sup> « *défuzzification* immédiate », permettant d'obtenir instantanément un résultat moyen basé sur les hypothèses soit moyennes, soit parfaites de chacune des variables d'entrée ;
- un *switch* prise en compte/ non prise en compte des interactions entre variables, permettant à l'utilisateur de constater le gain d'entropie effectué grâce à la prise en compte des relations de dépendance ;
- un affichage des NFT sous forme graphique à la demande ;
- la possibilité de développer le modèle en plaçant les NFT *verticalement* ou *horizontalement* sur la feuille.

Les raisons motivant la fonction « test de sensibilité AireEntropie » viennent de l'intérêt de cet outil pour la gestion comme nous l'avons vu section 2.1.6 page 108.

<sup>3</sup>Voir *Calcul de l'« AireEntropie »* (page 108)

<sup>4</sup>Nous avons appelé ces interrupteurs « *switchs* » tout au long du développement de notre outil ainsi que dans les manuels d'utilisation des modèles, nous continuerons donc notre exposé avec cette terminologie.

La nécessité de différents *switchs* permettant de rebasculer le modèle partiellement ou intégralement sur des nombres *parfaits*, fixés par l'utilisateur ou correspondant à la moyenne des NFT, nous est apparue lors des premières modélisations que nous avons effectuées à l'aide de l'arithmétique floue. En effet, le changement de représentation qu'apporte l'arithmétique floue peut-être déroutante, et il est important pour en faciliter l'appropriation de pouvoir retourner facilement en « terrain connu ». Ensuite, progressivement et selon la complexité des modèles, ce retour à l'arithmétique classique perd de son intérêt.

La seconde raison motivant le développement de ces *switchs* est de l'ordre du contrôle : cela permet de vérifier la cohérence du modèle par rapport à d'autres modélisations du phénomène (par exemple une modélisation en arithmétique classique à destination des partenaires potentiels du projet : banquiers, actionnaires, etc. ) et de s'assurer qu'il n'y a pas d'erreurs dans la structure du calcul en permettant de comparer facilement le résultat avec celui donné par les outils classiques.

La volonté de pouvoir placer les NFT verticalement ou horizontalement sur la feuille vient du fait qu'il nous a semblé qu'aligner les 4 coordonnées verticalement était de nature à favoriser une modélisation portant sur de nombreuses périodes, alors qu'inversement, un modèle ne comportant qu'une seule période nous semblait plus pratique et plus facilement agencable dans la surface d'affichage d'un écran si les 4 coordonnées étaient alignées horizontalement.

Voici donc pour les « macro-fonctionnalités » que nous voulions donner à notre outil. Au niveau de l'environnement de programmation, nous avons choisi une mise en œuvre sous forme de macro-commandes sous tableur.

Nous avons choisi le tableur comme application existante « hébergeant » nos outils plutôt que le développement d'une application autonome pour les raisons suivantes :

- le tableur est l'outil de base de toute la fonction financière de l'entreprise. Il est donc relativement censé d'ajouter des fonctions à cet outil et de permettre aux utilisateurs d'ainsi enrichir leurs pratiques et outils existants, plutôt que de vouloir faire table rase de l'existant en proposant un système concurrent. Ainsi, une utilisation partielle des outils en arithmétique floue au sein d'une modélisation classique est parfaitement possible ;
- le tableur est une application assez souple et programmable, ce qui tout d'abord, permet de ne pas avoir à reprogrammer toutes les opérations de base déjà incluses (telles que les opérations arithmétiques classiques, par exemple), et procure également tout un environnement de programmation (Visual Basic pour Applications – VBA – pour le tableur *Excel* de *Microsoft*, et Basic pour le tableur *Calc* de *OpenOffice* ).

Nous avons cependant rencontré de nombreuses difficultés avec la programmation des tableurs. Ces difficultés sont de deux ordres.

Premièrement, nous avons rencontré des difficultés dues à la *non-compatibilité* des différentes versions d'*Excel* entre-elles. Certaines instructions ne sont pas compatibles, et cela nuit fortement à la robustesse de cette application pour le développement. Ainsi, un simple mot de passe permettant de masquer les macros est de nature à bloquer le fonctionnement du modèle. En outre, selon les versions d'*Excel*, les outils servant au débogage sont plus ou moins complètes, souvent peu stables et donc chronophages et peu enrichissantes. Enfin, ces outils de débogage et les messages d'erreurs qu'ils adressent sont parfois nettement incomplets et difficiles à utiliser. Quant au tableur *Calc* d'*OpenOffice* la compatibilité multiplateforme est complète, en revanche, l'outil est encore en développement et comporte de nombreux *bogues* que nous évoquerons dans la section suivante.

Deuxièmement, nous avons fait face à des difficultés liées à la conception des tableurs : les macro-commandes des tableurs sont des langages « interprétés ». Ils sont de ce fait plus lents que des langages « compilés »<sup>5</sup> et cela se ressent fortement sur le calcul de modèles de taille importante. En outre, le fait de dépendre du tableur pour pouvoir fonctionner a pour inconvénient de restreindre l'accès à nos travaux du fait de l'obligation de posséder une licence *Excel* pour pouvoir utiliser les outils. Ce n'est pas le cas avec *OpenOffice* puisque celui-ci est développé sous forme de logiciel libre. *OpenOffice* permet en outre de sous-traiter des calculs à d'autres programmes. Il serait donc envisageable avec *Calc* de faire faire les calculs les plus gourmands en ressources processeur (l'IFA) par un petit programme compilé externe.

---

<sup>5</sup>Un langage informatique est par définition différent du langage machine. Il faut donc le traduire pour le rendre intelligible du point de vue du processeur. Un programme écrit dans un *langage interprété* a besoin d'un programme auxiliaire (l'interpréteur – ici VBA) pour traduire au fur et à mesure les instructions du programme. Un programme écrit dans un langage dit « compilé » va être traduit une fois pour toutes par un programme annexe (le compilateur) afin de générer un nouveau fichier qui sera autonome, c'est-à-dire qui n'aura plus besoin d'un programme autre que lui pour s'exécuter (on dit d'ailleurs que ce fichier est exécutable). Un programme écrit dans un langage compilé a comme avantage de ne plus avoir besoin, une fois compilé, de programme annexe pour s'exécuter. De plus, la traduction étant faite une fois pour toutes, il est plus rapide à l'exécution. Source : [www.commentcamarche.net](http://www.commentcamarche.net)

## 4.2 Développement et fonctionnement de l'outil créé

Nous allons ici présenter l'historique des principales versions des macros créées, cet historique faisant le lien avec les cas traités présentés dans le chapitre suivant (sous-section 1). Nous expliquerons ensuite en détail le fonctionnement des dernières versions des macros (sous-section 2)

### 4.2.1 Historique du développement

Nous allons ici restituer l'historique du développement de la macro permettant d'obtenir une fonction de tableur IFA, puis nous verrons la macro Graphique, la macro Test Sensibilité et nous achèverons par les autres macros fournies avec les modèles.

#### 4.2.1.1 Développement de la macro « calculateur flou interactif » (IFA)

Un récapitulatif des principales implémentations de la macro se trouve dans le tableau 4.1 page 181.

Après avoir créé plusieurs modèles utilisant des calculs de type BFA<sup>6</sup> – dans lesquels les calculs étaient entrés manuellement – pour à la fois nous familiariser avec l'arithmétique floue et la modélisation du calcul de coûts à l'aide de l'arithmétique floue, nous avons décidé de mettre au point un calculateur flou – programme fonctionnant par macro-commandes – permettant de simplifier la création de modèles. En effet, si les calculs de type BFA sont relativement faciles à entrer directement dans une feuille de calcul, il en est autrement de l'IFA première version (Lesage, 2001b), qui demande le calcul d'une matrice de 11x11 éléments et plusieurs traitements pour pouvoir calculer le NFT résultat. Nous avons donc commencé par traduire les algorithmes proposés par Lesage dans une feuille de calcul, grâce à des fonctions *Excel* standard, afin de bien saisir le fonctionnement de l'IFA, de pouvoir comparer son fonctionnement et ses résultats à ceux donnés par un calcul BFA (fichier , dans le répertoire « CalcFlou » du CD-Rom joint<sup>7</sup>, ou « *Aperçu du Calculateur Flou V 1.0* » à la page 387). Dans cette feuille de calcul, la quantité d'opérations effectuées pour obtenir le résultat peut être observée.

---

<sup>6</sup>Arithmétique Floue Basique, voir section 2.1.6 page 101. Nous avons fait la première version du cas ATEA Motoren en BFA par exemple, voir section 5.2.1 page 215

<sup>7</sup>Pour l'accès aux fichiers annexes électroniques, voir section F page 493.

Nous avons créé un premier *compte d'exploitation flou* pour un créateur d'entreprise (avril 2003) avec la version<sup>8</sup> 1.2 du calculateur flou (nous aborderons le détail des expérimentations menées et des versions d'outils utilisées pour ces expérimentations dans la section 5.1 page 211 ). Étant donné que chaque opération nécessite une feuille de calcul complète du , le modèle était imposant et peu pratique.

Nous avons d'abord créé une fonction *Excel* prenant en charge les calculs de type BFA pour pouvoir gagner de la place et du temps sur toutes les opérations n'ayant pas de relations de dépendance à prendre en compte (V 2.0), le calcul de type IFA étant lui aussi entièrement pris en charge par une macro dans la V 2.2. Cette dernière version prenait aussi en charge, de façon standard, une série de *switchs*, permettant de remplacer le NFT par sa moyenne ou par un nombre « parfait » à la volée. Notre deuxième intervention auprès d'un créateur utilisait ces macros et se présentait sous forme d'un *plan de trésorerie*.

Nous avons entièrement réécrit les macros gérant le calculateur flou pour la V 3.0, suite à la proposition d'amélioration de l'IFA par Lesage (2003). Nous les avons, en outre, traduites sous *OpenOffice* car le troisième créateur suivi n'utilisant que des logiciels *Open Source* et n'avait comme système d'exploitation que *Linux*.

La traduction a été particulièrement difficile, et ceci pour trois principales raisons :

- *OpenOffice* est encore en développement<sup>9</sup>, et comporte encore de nombreux *bogues*<sup>10</sup> ;
- un nombre important de commandes ou de déclarations de variables ont les mêmes noms sous *OpenOffice* que sous *Excel*, mais malheureusement pas les mêmes effets. Il en résulte des séries de quiproquos rendant la traduction et le *débogage* obscurs et pénibles ;
- le chercheur, habitué à travailler avec *Excel*. Si *Excel* n'est pas dénué de *bogues* lui aussi, la pratique nous avait créé une série de *routines tacites* à même de les contourner. Ainsi le passage à un nouveau tableur – qui bien que se voulant une alternative, voire un « clone » d'*Excel* – y ressemble beaucoup, mais ne suit pas exactement la même logique, est à la fois assez déroutant, mais aussi probablement de nature à amplifier les défauts perçus du nouvel outil.

---

<sup>8</sup>Désormais abrégé V.

<sup>9</sup>Nous avons utilisé les versions 1.0.3 puis 1.1.2 à l'époque de la traduction.

<sup>10</sup>Un exemple de *bogue* parmi les nombreux rencontrés : l'insertion d'une feuille de calcul dans un classeur entre deux feuilles existantes décalait tous les calculs liés entre plusieurs feuilles d'une feuille, rompant ainsi l'intégrité du modèle.

TAB. 4.1 – Historique des versions du calculateur flou

Vers.	Date	Particularités
	juill. 2002	Première version du calculateur flou avec prise en compte des relations de dépendance (IFA, voir section 2.1.6 page 105), sur la base de l'article de Lesage (2001b). Les calculs se font entièrement dans une feuille de calcul dédiée (il n'y a pas encore de macrocommandes).
V 1.2	27 sept. 2002	Modification pour que fonctionnent les nombres Triangulaires, les Réels et correction de <i>bogues</i> liés au calcul du noyau en IFA.
V 2.0	1 mai 2003	La part classique des calculs flous (BFA, voir section 2.1.6 page 101) est traduite sous forme de fonctions utilisables dans une feuille de calcul <i>Excel</i> . Les calculs flous interactifs (IFA) sont encore entièrement calculés dans une feuille de calcul dédiée.
V 2.2	20 juin 2003	La fonction IFA première version (voir section 2.1.6 page 105) est entièrement programmée et fonctionnelle. Il s'agit d'un calcul matriciel tel que celui qui figure dans la version 1 du calculateur, mais entièrement pris en charge par des macrocommandes. De plus les <i>switchs</i> sont opérationnels (moyenne, nombre parfait, etc.).
V 3.0 <sup>a</sup>	29 nov. 2003	Réécriture complète de la fonction IFA suite à la modification proposée par Lesage (2003).
V 4.0	09 juin 2004	Les macros sont modifiées en profondeur pour permettre d'entrer les variables d'entrée sous forme matricielle (possibilité de sélectionner directement une plage de cellules contenant les variables à entrer, alors que la macro précédente demandait que soient sélectionnées une à une jusqu'à 17 variables) et sortie des NFT sous forme matricielle également. Plusieurs variables sont transformées en variables optionnelles. L'ensemble de ces améliorations rend la création de modèles beaucoup plus simple et rapide.
V 4.01	28 juin 2004	Nouveau changement du sous programme de collecte des variables pour qu'il puisse accepter les constantes (valeurs entrées directement dans la formule et non pas dans une cellule) et les références à des feuilles externes.
V 4.32	19 juill. 2004	Modification pour permettre occasionnellement le recalcul complet de toutes les formules <sup>b</sup> .
	21 sept. 2004	Dernière version développée, corrigeant de nombreux <i>bogues</i> mineurs.

<sup>a</sup>Version entièrement traduite pour pouvoir fonctionner sous *OpenOffice* (multiplateforme) ou *NeoOffice* en *java* Mac OS X natif. Les versions suivantes n'ont été développées que pour *Excel*.

<sup>b</sup>Par défaut *Excel* ne recalcule que les formules dont des variables d'entrée ont changé, cependant, sur des modèles complexes, il arrive qu'il en oublie certaines, ce qui donne un résultat calculé à moitié.



Nous avons ainsi consacré une part prépondérante du développement de l'outil, jusqu'à la version 3.0, au « moteur de calcul flou » de notre outil. Nous avons cependant déjà développé certaines des fonctionnalités qui nous semblaient importantes pour l'appropriation du calcul de coûts flou par l'utilisateur. En effet, dès la version 2.2, les *switchs* permettant de repasser facilement à un « calcul classique » sont intégrés aux macros. Mais, c'est le développement des versions 4 et suivantes qui a caractérisé en quelque sorte le passage d'une phase de « prototypage » à une phase que l'on pourrait qualifier de « présérie » du calculateur flou. Car c'est à partir de la version 4.0 que le calculateur devient nettement plus *utilisable*, même si le « moteur de calcul flou » n'évolue que très peu. Dans les versions précédentes, la fonction IFA réclamait l'entrée de 17 variables, qui devaient toutes se situer dans des cellules de la feuille de calcul. Ainsi le calcul d'une seule<sup>11</sup> des 4 coordonnées d'un NFT résultait d'un calcul demandait l'entrée d'une formule *Excel* comme celle-ci :

=IFA(H\$2;H\$3;H\$4;H\$5;H\$6;H\$7;H\$8;H\$9;H\$10;H\$11;H\$12;H\$13;  
\$C\$14;\$C\$15;\$C\$16;SWCentral;\$C17)

Les liens avec les variables créées par une telle fonction sont illustrés par la figure 4.2, toutes les variables devant se trouver dans la feuille de calcul (il n'y avait pas moyen d'entrer directement les valeurs ou le type d'opérateur et le type de relation dans la formule elle-même).

FIG. 4.2 – La fonction IFA V 2.2 et ses variables d'entrée

	A	B	C	D	E	F	G	H
1		Switch Central		Janvier	Février	Mars	Avril	Mal
2	Hex	<b>VENTES</b>	L0					0
3			L1					20
4			U1					35
5			U0					40
6			Parfait					25
7			Switch X					
8		<b>Prix de Vente</b>	L0					1900
9			L1					1940
10			U1					2250
11			U0					2750
12			Parfait					1944
13			Switch Y					
14		Type Calcul	M0					
15		Relation	D					
16		Niv Relation		7				
17		<b>CA</b>	L0	0	0	0	0	0
18			L1	0	0	0	0	41400
19			U1	0	0	0	0	78400
20			U0	0	0	0	0	106600

<sup>11</sup>Donc chaque calcul flou réclamait 4 formules comme celle-ci.

Les variables correspondant aux entrées de la formule IFA ci-dessus sont les suivantes :

=IFA(4 coordonnées du NFT  $X$  ; Valeur « parfaite » retenue pour  $X$  le cas échéant ; *switch* de la variable  $X$  ; 4 coordonnées du NFT  $Y$  ; Valeur « parfaite » retenue pour  $Y$  le cas échéant ; *switch* de la variable  $Y$  ; Opérateur<sup>12</sup> ; Type de relation<sup>13</sup> ; Niveau de la relation<sup>14</sup> ; *switch* centralisé du modèle ; Coordonnée de sortie à afficher<sup>15</sup>)

Une fois toutes les améliorations d'entrée et de sortie mises en œuvre et opérationnelles dans la version 4 (V 4.44), la formule ne demande plus comme variables obligatoires que les suivantes :

=IFA(de 1<sup>16</sup> à 6<sup>17</sup> cellules correspondant aux paramètres du NFT  $X$  ; Un séparateur ; de 1 à 6 cellules correspondant aux paramètres du NFT  $Y$  ; Opérateur)

Contrairement aux versions précédentes, *les valeurs peuvent être entrées directement sous forme numérique ou alpha-numérique* dans la formule. Ainsi, avec la version 4.44, la formule entrée page précédente :

=IFA(H\$2;H\$3;H\$4;H\$5;H\$6;H\$7;H\$8;H\$9;H\$10;H\$11;H\$12;H\$13;  
\$C\$14;\$C\$15;\$C\$16;SWCentral;\$C17)

peut se simplifier :

=IFA(H2:H13;"MUL";"D";7)

Les variables d'entrée sont donc beaucoup plus faciles à paramétrer dans la formule (un exemple de liens avec les variables créées avec la macro V4.44 est illustré par la figure 4.3 page suivante), mais il en est de même pour les variables sorties. En effet, la macro V4.44 permet de remplir les 4 coordonnées du NFT sortie en une seule fois car elles sont calculées dans une minimatrice de 4 cellules. *Chaque calcul flou ne demande donc plus qu'une seule formule au lieu de quatre.*

La formule ainsi obtenue est beaucoup plus facile à poser une première fois puis à dupliquer sur une série de calculs similaires (copier-coller ou poignée de recopie *Excel*). Cela facilite grandement l'établissement de plans de trésorerie, par exemple, où une fois les calculs de la première période posés, il y a moyen de prolonger les calculs sur le nombre de périodes voulu par simple recopie.

<sup>12</sup>Addition, Soustraction, Multiplication, etc.

<sup>13</sup>Croissante/ Décroissante

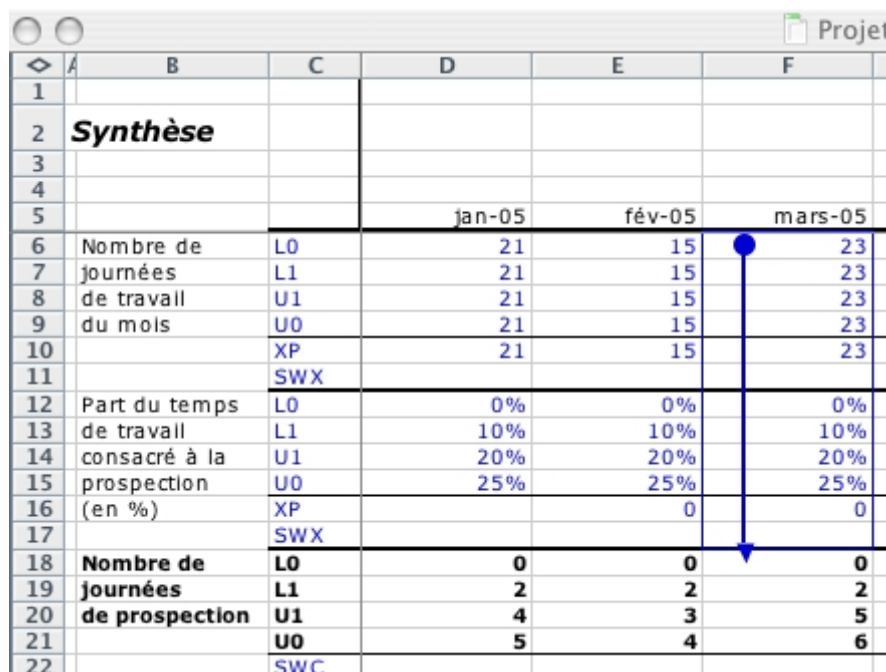
<sup>14</sup>Sur une échelle allant de 0 (pas de relation, revient à calculer un BFA) à 18 (relation très forte).

<sup>15</sup> $L_0/L_1/U_1/U_0$ .

<sup>16</sup>Pour l'entrée d'un nombre « parfait » dans le calcul.

<sup>17</sup>Correspondant aux 4 coordonnées d'un NFT + Valeur « parfaite » retenue pour la variable le cas échéant + *switch* de la variable.

FIG. 4.3 – La fonction IFA V4.44 et ses variables d'entrée



	A	B	C	D	E	F
1						
2		<b>Synthèse</b>				
3						
4						
5				jan-05	fév-05	mars-05
6		Nombre de	L0	21	15	23
7		journées	L1	21	15	23
8		de travail	U1	21	15	23
9		du mois	U0	21	15	23
10			XP	21	15	23
11			SWX			
12		Part du temps	L0	0%	0%	0%
13		de travail	L1	10%	10%	10%
14		consacré à la	U1	20%	20%	20%
15		prospection	U0	25%	25%	25%
16		(en %)	XP		0	0
17			SWX			
18		<b>Nombre de</b>	<b>L0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
19		<b>journées</b>	<b>L1</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>2</b>
20		<b>de prospection</b>	<b>U1</b>	<b>4</b>	<b>3</b>	<b>5</b>
21			<b>U0</b>	<b>5</b>	<b>4</b>	<b>6</b>
22			SWC			

De plus, la compatibilité est descendante, c'est-à-dire que les modèles fonctionnant avec les versions 2 et 3 du calculateur peuvent voir leurs macros remplacées par la collection de macro version 4.44 sans modifications. La version 4.44 accepte donc aussi bien une suite de 17 variables définies une à une, qu'une plage de 17 cellules contenant toutes les variables, ou que *de très nombreuses combinaisons de plages de cellules et de variables entrées directement dans la formule* (des détails sur l'utilisation du calculateur flou figurent dans la section 4.3 page 200). La mise au point de ces entrées et sorties améliorées de la fonction IFA a été particulièrement difficile<sup>18</sup>, mais le résultat en est un outil à présent *beaucoup plus facile d'utilisation et permettant de développer très rapidement un modèle de calcul de coûts flou sous tableur*<sup>19</sup>.

Nous venons de voir dans les grandes lignes l'évolution et les développements nécessaires pour aboutir à la version actuelle du calculateur flou. Nous allons à présent également parcourir le développement d'autres macros participant au contrôle

<sup>18</sup>Nous tenons tout particulièrement à remercier ici la liste de discussion des utilisateurs d'*Excel* pour leur aide et les solutions techniques qu'ils nous ont proposées, et tout particulièrement Messieurs Alain Cross et Daniel M.

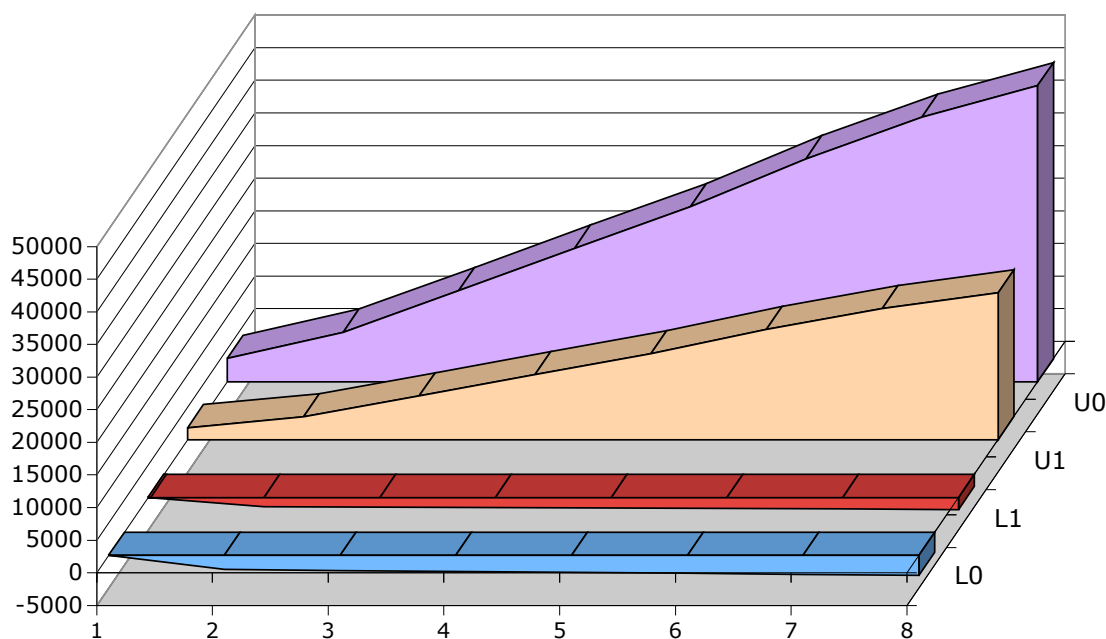
<sup>19</sup>Des limites persistent cependant, notamment en raison du changement représentationnel que de tels modèles impliquent pour l'utilisateur. Nous reviendrons sur ces aspects dans le chapitre 5 page 211, « Études de cas et recherches-interventions », et plus particulièrement dans « Particularités de la modélisation à l'aide de la logique floue » à la page 267.

de gestion flou.

#### 4.2.1.2 Développement de la macro « Graphique »

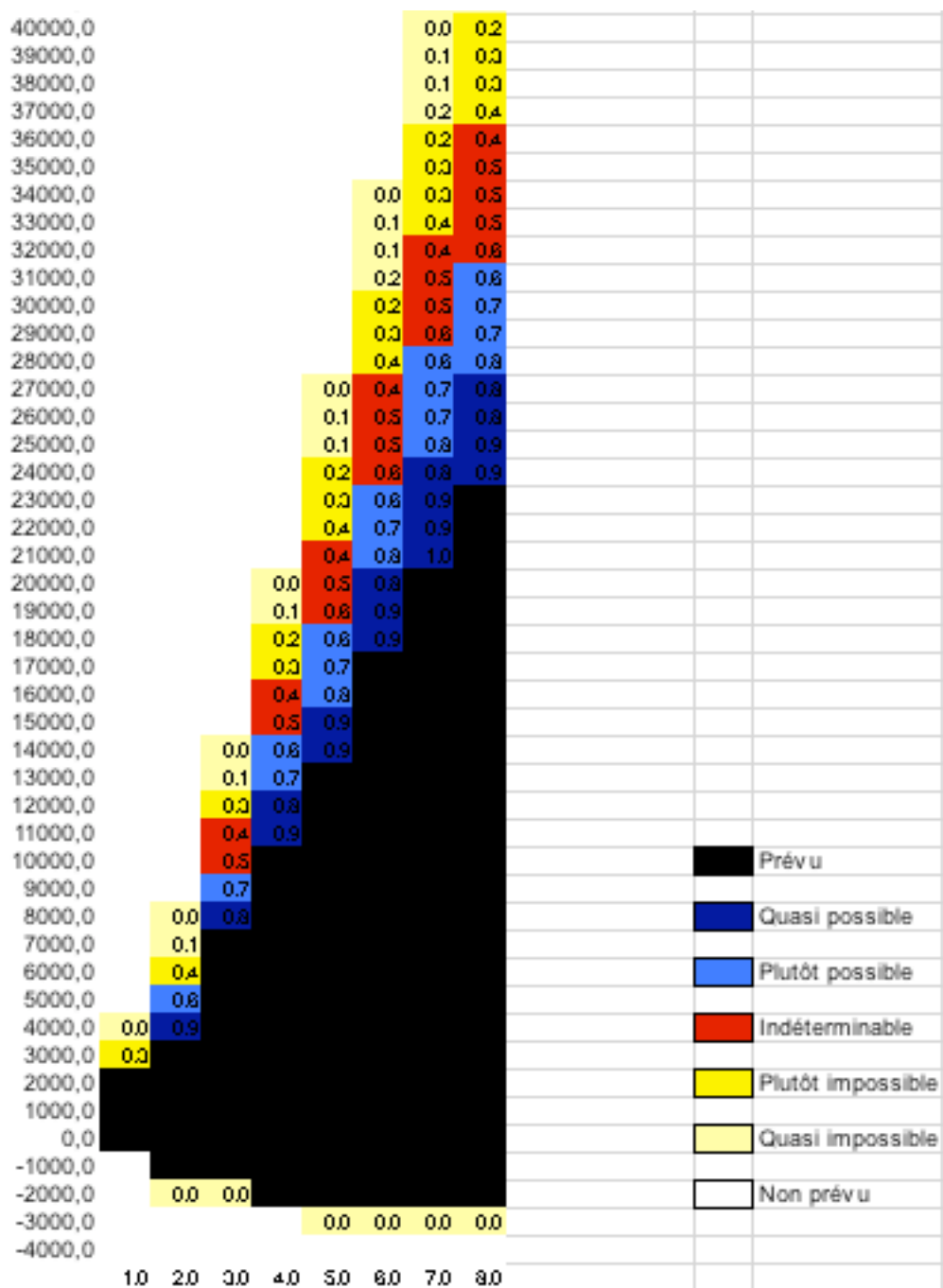
La création de cette macro correspond à la fonction « Affichage des NFT sous forme graphique à la demande » décrite dans la section 4.1.2 page 176. Après essais, nous nous sommes aperçus que ni *Excel*, ni *OpenOffice* ne permettaient de créer des graphiques satisfaisants des suites de nombres flous. La difficulté provient du fait qu'il n'est pas possible de « colorier » l'espace se situant entre deux courbes, mais uniquement l'espace se situant sous les courbes ou entre les courbes et l'axe des abscisses (voir la figure 4.4).

FIG. 4.4 – Exemple d'une représentation graphique d'une série de NFT avec l'outil graphique d'*Excel*



Il serait possible de remédier à cette limite de l'outil graphique d'*Excel* en le programmant à l'aide de VBA. Cependant, cette solution demandant l'apprentissage des commandes VBA pour *Chart* (l'outil graphique de *Excel*) et son issue étant incertaine, nous avons alors opté pour la même option que celle choisie par Lesage (1999, p. 236). Nous avons renseigné les cellules d'une feuille de tableur sur le niveau de possibilité correspondant à ses coordonnées (*période*, *valeur*). En appliquant ensuite une couleur d'intensité croissante en fonction du degré de possibilité

FIG. 4.5 – Exemple d'une représentation graphique d'une série de NFT avec la macro « Graphique »



affecté à chacune des cellules, on obtient une « courbe floue » (voir la figure 4.5 page ci-contre).

La version 1.0 de la macro Graphique a été créée pour le deuxième créateur que nous avons suivi (voir résumé des versions dans le tableau 4.2). Elle ne permettait de représenter que la série de NFT du plan de trésorerie (elle était donc attachée à une zone de cellules fixe du modèle). La version 2 offrait les mêmes fonctionnalités, mais sous le logiciel *OpenOffice*. Enfin, la version 2.5 apporte plusieurs améliorations importantes :

- la macro représente n'importe quelle série de NFT du modèle, il suffit de sélectionner les cellules que l'on veut représenter avant de lancer la macro ;
- les séries de NFT sélectionnées peuvent être en ligne ou en colonnes, la macro redresse la courbe représentée automatiquement ;
- la représentation de la série peut être *telle quelle* ou *cumulée*<sup>20</sup> si l'utilisateur veut voir l'évolution de la situation globale ;
- les algorithmes qui définissent l'échelle choisie ainsi que le nombre de cellules utilisées pour créer la représentation sont optimisés afin que l'échelle ait un sens par rapport à l'ordre de grandeur des NFT à représenter et que la courbe ainsi représentée soit à la fois relativement précise tout en permettant une lecture à l'écran.

Cette dernière amélioration a été assez difficile à mettre au point.

TAB. 4.2 – Historique de la macro « Graphique »

Vers.	Date	Particularités
V 1.0	19 mai 2003	Version pour Appareillage de Mesure, ne fonctionne que sur la zone de cellules pour laquelle elle a été définie (la trésorerie prévisionnelle)
V 2.1	10 déc. 2003	Version à l'affichage amélioré fonctionnant sous <i>OpenOffice</i> .
V 2.5	30 juill. 2004	Accepte n'importe quelle plage de cellules adjacentes, que les NFT soient donnés en lignes ou en colonnes, pour en établir un graphique. Permet de cumuler une série. Gestion des intervalles à l'affichage plus efficace. Désactivation de l'affichage pendant tracé du graphique pour gagner en rapidité.

<sup>20</sup>Cette option n'a évidemment de sens que si les données sélectionnées pour le graphique ne sont pas déjà des données cumulées.

### 4.2.1.3 Développement de la macro « Test Sensibilité »

Le développement de cette macro correspond à la première des fonctions décrite dans la section 4.1.2 page 176 : - un test de sensibilité de l'aire entropie automatisé dont la commande serait centralisée si possible. Cela implique que l'outil soit capable de modifier une à une chacune des valeurs d'entrée, d'enregistrer le résultat de chacun des calculs, et de restituer un état récapitulatif de l'influence de chaque variable.

Nous avons créé une première version prototype de la macro Test Sensibilité pour des modèles créés pour notre propre usage (Constructions pour Location, voir section 5.2.2 page 228) ainsi que pour le modèle destiné au premier créateur (Agence Immobilière, voir section 5.3.2.1 page 255). Ces macros étaient contingentes de chaque modèle, c'est-à-dire qu'elles étaient programmées pour aller faire varier des cellules *switchs* une à une au sein du modèle et enregistrer la valeur du résultat final après chacune de ces modifications. La variation de l'entropie du NFT étant calculée directement par des formules dans la feuille de calcul, le modèle s'en trouve alourdi avec une double représentation de chaque NFT (les valeurs saisies par l'utilisateur, les valeurs recalculées ou non selon la position du *switch* prévu pour les tests de sensibilité). Cela rend la création de modèles complexes pratiquement impossible, c'est la raison pour laquelle le modèle créé pour le premier créateur n'est qu'un compte d'exploitation. En revanche, le second créateur (Appareillage de Mesure, voir section 5.3.2.2 page 256) désirant obtenir un plan de trésorerie mensualisé, nous lui avons créé un modèle qui ne comportait pas d'outil de test de sensibilité (le tableau 5.1 page 213 récapitule les macros mises en œuvre pour chacun des modèles créés). Ainsi, une réécriture complète de la macro pour chaque modèle, ajouté au travail de *débogage* nécessaire après chacune de ces réécritures rendait l'usage de ce type d'approche impossible dans le cadre d'une multiplication et d'une complexification des modélisations.

TAB. 4.3 – Historique de la macro « Test Sensibilité » (Entropie/ Levier opérationnel)

Vers.	Date	Particularités
V 1.0	1 sept. 04	Lance un test sur les zones de cellules dont le nom commence par Test* et établit un rapport.

Avec la version 1.0, nous avons reconçu intégralement le fonctionnement de la macro « Test Sensibilité ». Notre approche a été de monter d'un niveau d'abstraction en nommant de façon spécifique des zones de cellules dans le modèle *Excel*. La macro se sert de ces zones de cellules pour :

TAB. 4.4 – Historique des autres macros composant l'outil de modélisation sous tableur

Nom	Vers.	Date	Particularités
Log	V 1.0	13 juill. 2004	Horodate l'heure d'ouverture et l'heure de dernier enregistrement, le nombre d'enregistrements, le nombre d'impressions, le nombre de changements du résultat total, le nombre de lancements des tests sensibilités (Cette macro n'a donc aucune utilité pour l'utilisateur, elle est destinée au chercheur).
Affichage	V 1.0	16 juill. 2004	Offre les possibilités d'afficher en Synthèse (Année 1 + Totaux des 3 années), Année 1, Année 2, Impression Synthèse.
Menus	V 1.0	17 juill. 2004	Ajoute un menu donnant l'accès aux macros graphique, recalcul, affichage et tests sensibilité à la barre d'outils lorsque le modèle flou s'ouvre.
Recalcule	V 1.0	19 juill. 2004	Relance le calcul intégral du classeur.

- repérer les *switchs* à faire varier un à un ;
- repérer le ou les résultats de calcul dont on veut mesurer la variation et pouvoir ainsi les enregistrer et établir un état de ces variations.

La mise en œuvre des tests de sensibilité s'en trouve considérablement simplifiée et fiabilisée, et la macro peut grâce à ce système de zones de cellules nommées s'adapter à toute sorte de modélisation, sur une ou plusieurs périodes, présentée horizontalement ou verticalement (le fonctionnement de cette macro est décrit dans la section 4.2.2.3 page 198).

#### 4.2.1.4 Développement des autres sous-programmes composant l'outil de modélisation

Enfin, une série d'autres petites macros vient compléter les trois macros principales déjà évoquées que sont IFA (le calculateur flou), Graphique et Tests Sensibilités. Ces macros améliorent pour la plupart l'usage du modèle flou par l'utilisateur (voir le tableau 4.4).

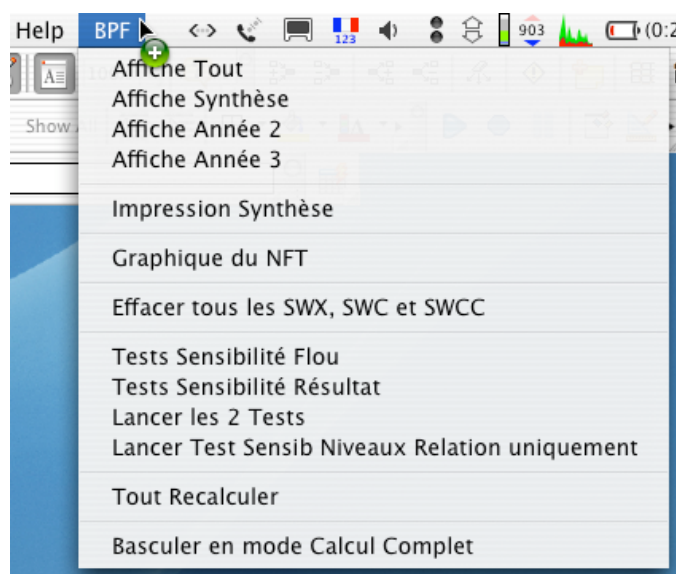
La macro « Log » permet d'enregistrer les principales opérations et traitements effectués par l'utilisateur, son but étant de générer des statistiques pour la recherche.



La macro « Affichage » facilite la manipulation de modélisations portant sur des périodes de trois années en paramétrant l'affichage d'une synthèse (Année 1 mensualisée + Totaux des années 1, 2 et 3) ou l'affichage mensuel + total de l'année 2 ou 3.

La macro « Menus » fait apparaître un menu additionnel qui permet à l'utilisateur de lancer les différentes macros du modèle flou depuis la barre des menus *Excel* (figure 4.6). Ce menu apparaît à l'ouverture du modèle flou.

FIG. 4.6 – Le menu additionnel affiché par la macro « Menus »



Enfin, la macro « Recalcule » permet de forcer le calcul du modèle dans son intégralité, c'est-à-dire que toutes les formules sont recalculées en détail. Par défaut, *Excel* ne recalcule que les cellules dont des variables d'entrée ont été modifiées, or, il n'est pas rare qu'il en oublie certaines lors de nombreux changements ou de modèles complexes, affichant de ce fait un *output* qui ne correspond pas aux *inputs*. Cette macro fonctionne en coopération avec le calculateur flou (IFA) qui a été modifié à partir de la V 4.32 pour accepter cette fonctionnalité (tableau 4.1 page 181).

Maintenant que nous avons situé le développement des différentes macros et les raisons de leurs évolutions, nous allons présenter le fonctionnement desdites macros dans leurs dernières versions.

## 4.2.2 Description du fonctionnement des macros de l'outil de modélisation de calculs flous

Nous présentons ici la logique de fonctionnement des 3 principales macros de notre outil, le « Calculateur Flou », la macro « Graphique », la macro « Test Sensibilité ». Nous décrivons leurs diagrammes résumés et commentés ainsi que leurs éventuelles particularités. La présentation des modes d'emploi de ces macros pour effectuer soit un calcul, soit une modélisation floue dans la section suivante permettra d'approfondir leurs fonctionnalités et surtout en facilitera la compréhension pour le lecteur.

Précisons que nous n'évoquerons pas dans nos descriptions ni dans nos diagrammes les nombreuses procédures de test vérifiant la cohérence des informations données aux macros et signalant le cas échéant un problème à l'utilisateur, conformément aux heuristiques 2, 5, 6, 8 et 9 de Molich et Nielsen (1990)<sup>21</sup>.

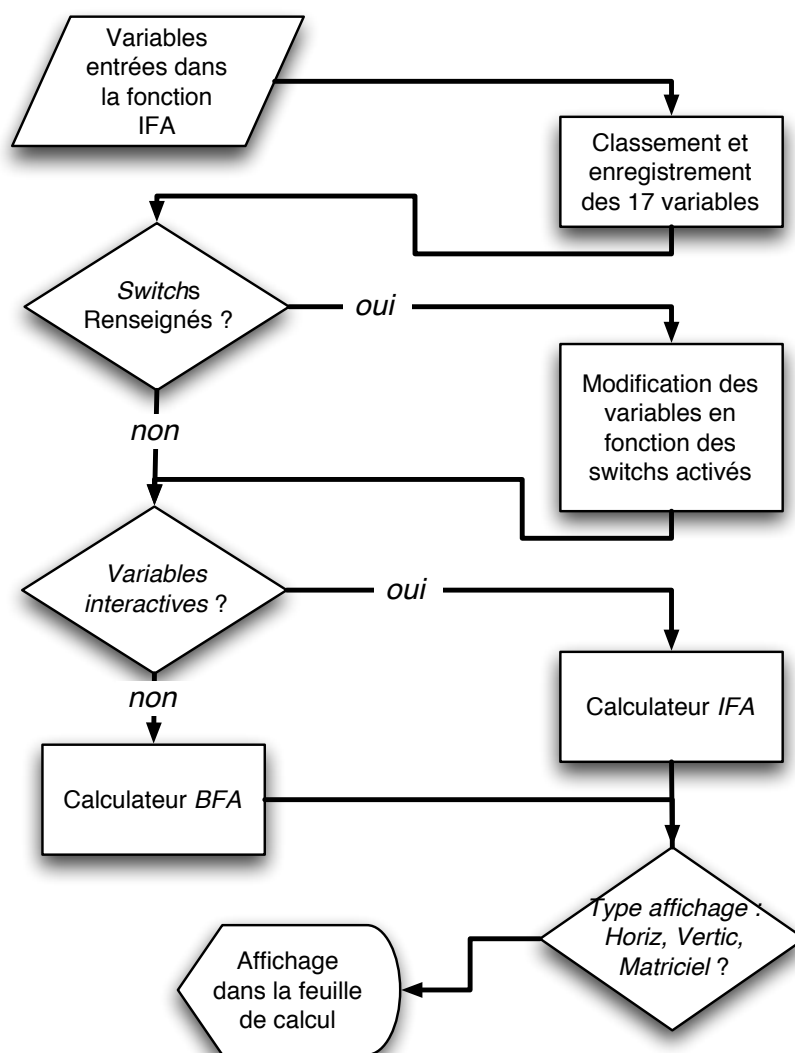
### 4.2.2.1 Fonctionnement de la macro « calculateur flou interactif » (IFA)

La macro *fonction IFA* fonctionne comme une fonction classique de tableur, avec une série d'arguments à transmettre à la fonction, et ceci par la sélection d'une ou plusieurs zones de cellules ou en entrant les valeurs directement dans la formule de la fonction (figure 4.7 page suivante).

La macro commence par trier les variables (jusqu'à 17 selon les configurations) pour en déduire les coordonnées des deux NFT *input* et les différents *switchs*, type d'interaction, niveau d'interaction et opération à effectuer entre les variables. Chaque variable d'entrée peut avoir jusqu'à 5 valeurs : 4 coordonnées pour le NFT plus une (*XP*, pour « X parfait ») représentant la valeur que l'utilisateur souhaiterait conserver s'il était dans le « paradigme de la mesure ». Nous avons choisi d'ainsi mettre en œuvre sous forme d'un « XP » la fonction que nous avons spécifiée « un interrupteur « *défuzzification* immédiate », permettant d'obtenir immédiatement un résultat moyen basé sur les hypothèses soit moyennes, soit parfaites de chacune des variables d'entrée » à la section 4.1.2 page 176, afin que l'utilisateur puisse garder dans une seule modélisation ses hypothèses floues, mais également l'hypothèse parfaite qu'il présente à ses partenaires. Ceci étant nécessaire afin qu'il ne remplace pas le nombre flou par un nombre parfait (même si notre Calculateur Flou calcule des NFT aux 4 coordonnées identiques) pour tester ses calculs et qu'il évite de ce fait de trop facilement tomber dans un biais d'ancrage en risquant d'oublier ou de restreindre prématurément ses hypothèses de départ. Nous conseillons d'ailleurs

---

<sup>21</sup>Cf. figure 4.1 page 176.

FIG. 4.7 – Diagramme de la macro *Fonction IFA*

aux utilisateurs (« Mode d'emploi livré avec les Business Plans Flous V4.44 » à la page 403) de ne remplacer le NFT par un nombre parfait que s'ils avaient la certitude de ce nombre parfait (contrat signé par exemple).

Si des *switchs* sont activés, la macro modifie les 4 coordonnées des NFT *input* concernés en conséquence selon la variable alphanumérique entrée :

- ENT diminue l'entropie du NFT de 10 % en changeant les valeurs de  $U_1$  et  $U_0$ . Ce *switch* sert au *Test Sensibilité Entropie* ;
- RES décale le NFT de 10 % en ajoutant 10 % de la moyenne du noyau à chaque coordonnée du NFT. Ce *switch* sert au *Test Sensibilité Résultat*<sup>22</sup> ;
- MOY prend la moyenne du noyau du NFT dans les calculs en lieu et place des 4 coordonnées du NFT ;
- MES prend la 5<sup>e</sup> valeur ( $XP$ ) affectée à la variable d'entrée ;
- NUL remplace le NFT dans les calculs par la valeur zéro ;
- IND ou BFA annulent les relations prises en compte dans le calcul (calcul forcé en BFA).

Ensuite, la macro effectuera le calcul soit directement en BFA, soit en IFA, selon que des niveaux d'interaction ont été entrés dans la formule ou non.

Nous avons choisi un curseur à 6 graduations pour les niveaux d'interaction entre variables. Cela signifie que la variable  $S$  – « nombre de niveaux de dépendance que l'on veut pouvoir donner au curseur » – du paragraphe « Calculs avec relations de dépendances » à la page 105 est réglée à la valeur 6. Cependant, cette valeur est très facilement modifiable en éditant le code des macros, il suffit de changer la valeur affectée à la variable  $S$  de la macro IFA.

Nous avons donc retenu 7 pas de réglage car nous avons jugé cela suffisant comme variantes de gradation, et conforme aux échelles de Likert. L'expérience de la première version de l'IFA (Calculateur Flou V 1.0), comportant par construction obligatoirement 18 niveaux de relation nous a en effet convaincu d'opter pour une échelle plus courte, le choix d'un niveau étant difficile lorsqu'il y en a trop. L'échelle comporte donc 7 niveaux avec les significations suivantes :

0	1	2	3	4	5	6
aucune	très faible	faible	moyenne	forte	très forte	linéaire

En plus des quatre opérateurs de base  $+$ ,  $-$ ,  $\times$ ,  $/$ , décrits dans l'« Arithmétique floue » à la page 101, nous avons ajouté les opérateurs suivants dans le Calculateur Flou :

<sup>22</sup>Il s'agit d'un calcul du levier opérationnel, nous l'avons appelé ainsi pour le rendre plus compréhensible aux utilisateurs néophytes en contrôle de gestion.

- *minimum* et *maximum*. Ces deux opérateurs nous ont servi pour calculer la TVA à décaisser dans des plans de trésorerie ;
- *puissance* effectue le calcul  $X^Y$ . Nous avons besoin de la fonction puissance pour calculer des annuités d'emprunt.

Enfin, nous avons modifié la formule IFA proposée par Lesage (2003)<sup>23</sup> : en effet, au niveau du calcul du support, l'auteur avait choisi d'effectuer une combinaison linéaire de niveau « niveau de relation  $k$  » entre le support du calcul effectué en BFA et le « noyau incompressible ». Nous avons choisi dans notre macro d'effectuer ce calcul par rapport à un *support incompressible*. La formule que notre macro *Fonction IFA* utilise est donc la suivante :

Soit  $(X *_bk Y)$  opération arithmétique interactive de niveau d'interaction  $k$  croissante  $\uparrow$  ou décroissante  $\downarrow$  (Signalé par  $_b$  de façon générale).

$$L_0(X *_bk Y) = \frac{S-k}{S} L_0(X *_0 Y) + \frac{k}{S} L_0(X *_bS Y)$$

$$U_0(X *_bk Y) = \frac{S-k}{S} U_0(X *_0 Y) + \frac{k}{S} U_0(X *_bS Y)$$

Nous avons choisi de modifier le calcul pour les raisons suivantes :

- nous nous sommes aperçu que lors d'utilisation de NFT ayant une base beaucoup plus large que le support, le NFT résultat ne tenait pas tellement compte de ce support large, surtout lors de niveaux élevés de relation. Or, si l'utilisateur a fourni un support large, c'est qu'il estime qu'un aléa existe. Nous risquons donc là de pêcher par surréduction de l'entropie. Le cas caricatural est le choix de l'interaction maximale : le NFT résultat aura alors une forme de rectangle, faisant fi des indications de l'utilisateur quant à l'intervalle large du support de ses variables *input* (figure 4.8 page suivante) ;
- en outre, si l'utilisateur a choisi une interaction forte entre les deux variables, c'est-à-dire qu'il sait que ces deux variables sont corrélées, il n'y a pas de raison de ne pas paier  $L_0(X)$  et  $L_0(Y)$  par exemple ;
- enfin, cette solution, en considérant un support incompressible au lieu d'un noyau incompressible, réduit moins l'entropie que la solution initiale, elle est donc plus générale.

Un fichier permettant de tester les différentes solutions se trouve dans le répertoire « CalcFlou » du CD-Rom joint :

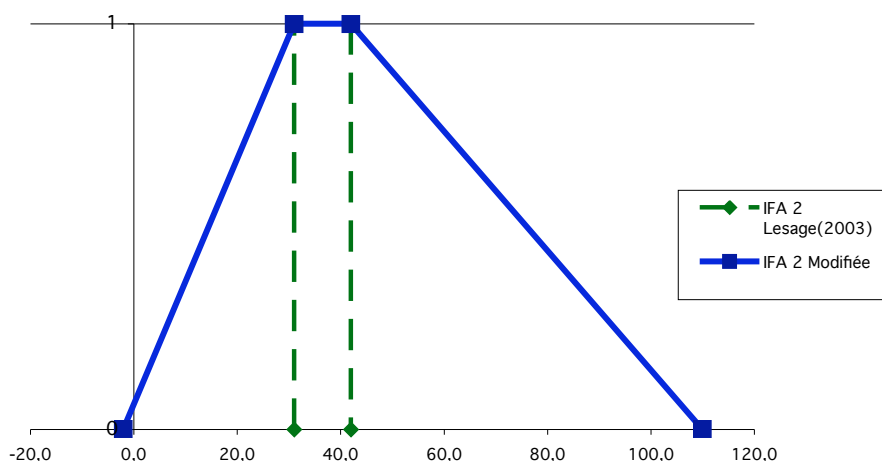
Nous avons également intégré dans notre macro un mécanisme recalant les valeurs du support du NFT *output* si celles-ci passent sous le noyau (**figure 4.9**

<sup>23</sup>Cf. page 104.

FIG. 4.8 – Illustration de biais du calcul IFA

Soit une soustraction entre deux NFT avec interaction maximale (linéaire entre variables) :

	$L_0$	$L_1$	$U_1$	$U_0$
$X$	10	70	120	190
$- Y$	12	39	78	80
<b>Resultat IFA 2 Lesage (2003)</b>	31	31	42	42
<b>Resultat IFA 2 modifiée</b>	-2	31	42	110



page suivante). Ce phénomène peut, en effet, arriver dans certains calculs. Bien qu'il ne soit pas gênant sur un calcul isolé, il l'est en revanche pour l'interprétation des chiffres affichés lorsqu'il apparaît dans une série de calculs .

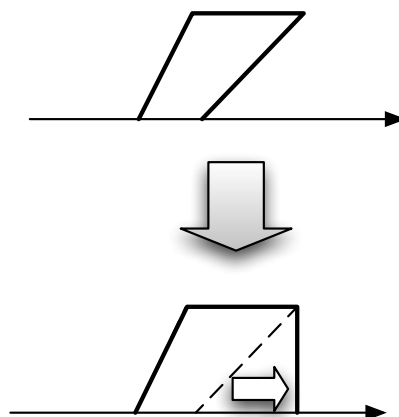
Enfin, signalons que le détail du code de la macro se trouve dans l'annexe Code des macros, à la page 434.

#### 4.2.2.2 Fonctionnement de la macro « Graphique »

La macro « Graphique » suit le processus suivant (figure 4.10 page 197). Le lancement de la macro déclenche une vérification du sens dans lequel les NFT sélectionnés sont placés dans la feuille de calcul. La macro détermine ceci par rapport à la zone de cellule sélectionnée. Il faut que l'un des deux côtés de la zone corresponde à 4 cellules (soit 4 coordonnées de NFT). La macro est ainsi autonome et ne dépend pas d'autres macros ou d'indices qui auraient été placés dans la feuille.

La macro affiche ensuite une boîte de dialogue demandant à l'utilisateur s'il

FIG. 4.9 – Illustration graphique du mécanisme de recalage du support



souhaite que les données soient affichées dans la courbe pour leurs valeurs telles quelles ou en cumulé.

La macro enregistre alors l'ensemble des valeurs contenues dans la zone de cellules sélectionnée dans une variable matrice, en extrait les valeurs minimum et maximum pour en déduire la zone d'affichage nécessaire. Sur la base de l'intervalle ainsi trouvé, un algorithme recherche la meilleure solution aux alentours de 50 découpages pour permettre à ces sous-intervalles d'avoir une valeur intelligible (par exemple, éviter que les sous-intervalles aient une valeur de 333,33).

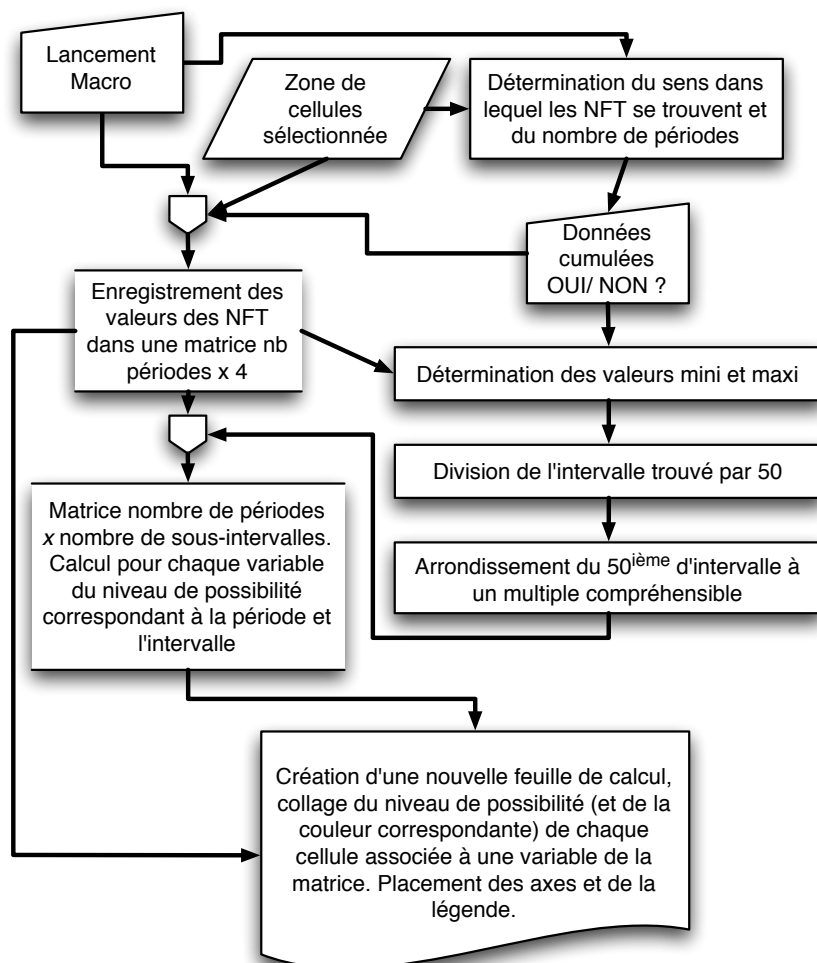
Une nouvelle variable-matrice est créée de la taille du nombre de sous-intervalles retenus fois le nombre de périodes sélectionnées. Cette matrice est renseignée avec le niveau de possibilité de chaque couple (unité de période, unité de valeur).

Enfin, la macro crée une nouvelle feuille de calcul et place dans chaque cellule, pour chaque couple (unité de période, unité de valeur) le niveau de possibilité et la couleur qui lui est associée. Elle place les valeurs (unité de période, unité de valeur) sur les axes et colle une légende.

Cette macro donne en sortie un graphique tel que celui illustré à la figure 4.5 page 186.

Le détail du code de la macro se trouve dans l'annexe Code des macros, à la page 468.

FIG. 4.10 – Diagramme de la macro Graphique





### 4.2.2.3 Fonctionnement de la macro « Test Sensibilité »

La macro « Test Sensibilité » se base sur le formatage du modèle pour fonctionner (figure 4.11 page suivante). Elle réclame en effet que soient configurées différentes zones de cellules, commençant par :

- « *SWX* » pour les *switchs* de variables ;
- « *SWC* » pour les *switchs* modifiant les calculs entiers ;
- « *NRL* » pour les cellules contenant les niveaux de relation ;
- et enfin « *RES* » pour les zones de cellules *output* du calcul dont on veut mesurer la sensibilité.

La macro commence par nettoyer toutes les zones de *switch*, pour s'assurer qu'aucun paramétrage particulier de l'utilisateur ne vienne perturber les calculs de sensibilité. Elle enregistre l'intégralité de ces informations dans des variables-matrice afin que le modèle soit dans l'état dans lequel il était avant le lancement des tests. La macro en déduit le résultat moyen et l'AireEntropie de référence pour les calculs.

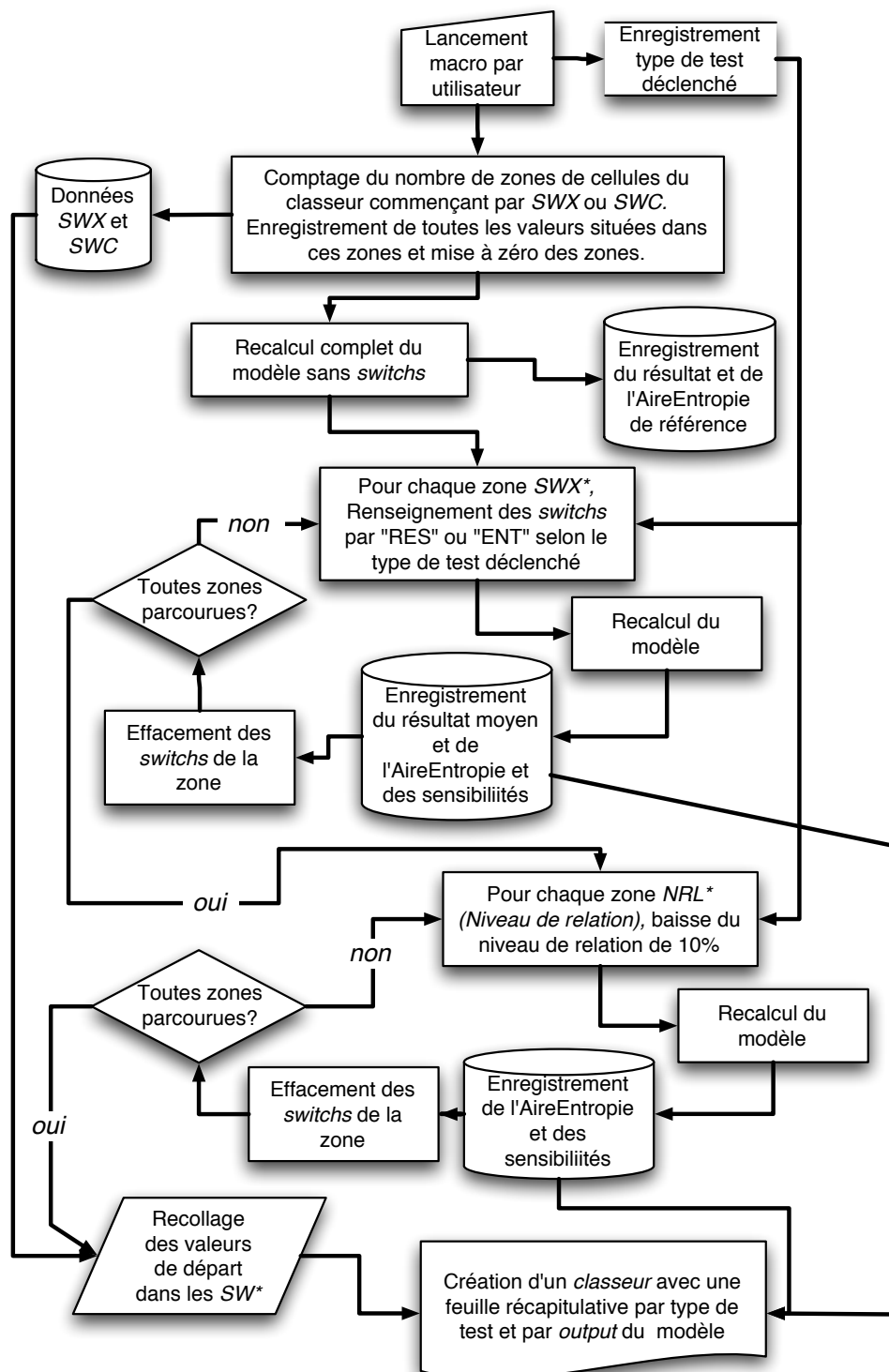
Ensuite, la macro place dans chaque zone « *ZWX* », zone après zone, le *switch* ENT – pour diminuer l'entropie des NFT de 10 % –, et / ou le *switch* RES – pour augmenter la valeur du NFT de 10 % – alternativement et selon le type de test lancé par l'utilisateur. Le modèle est recalculé, les valeurs données par les différentes zones « *RES* » sont extraites et les sensibilités calculées, puis le nom de la zone concernée et ses sensibilités sont enregistrés dans une variable-matrice.

La macro effectue alors le même genre d'opération sur les zones de cellules contenant les niveaux d'interaction entre variables « *NRL* ». Ici, au lieu de diminuer l'entropie entrée nous l'augmentons, en diminuant le niveau de la relation de 10 %. Nous avons fait ce choix car augmenter le niveau de relation de 10 % n'est pas possible : le test étant en effet bloqué si le niveau de relation est déjà au maximum. La macro teste donc tour à tour chaque niveau de relation et enregistre les résultats des tests dans une variable-matrice.

Une fois tous les tests effectués, la macro replace les *switchs* que l'utilisateur avait dans son modèle avant de lancer les tests (rappelons que la macro les avait effacés en début de procédure) puis crée un nouveau classeur, et place une feuille par type de test (entropie et levier opérationnel) et par zone *output* mesurée.

Elle indique également le sens dans lequel la sensibilité opère, car avec l'IFA, il peut arriver que la diminution de l'entropie d'une variable d'entrée augmente l'entropie de la variable en sortie, notamment lorsque plusieurs prises en compte d'interaction ont lieu dans un calcul (voir « Analyse des phénomènes observés » à la page 267).

FIG. 4.11 – Diagramme de la macro Test Sensibilités



Les résultats sont triés par ordre décroissant de variables les plus sensibles, les sensibilités ayant trait aux niveaux de relations sont surlignées et le niveau de la relation retenu rappelé. Les valeurs absolues de l'AireEntropie et de la moyenne de l'*output* sont également reportés dans les rapports, dans une colonne masquée (pour des besoins d'analyse plus poussés, ou des vérifications de cohérence du modèle).

Le détail du code de la macro se trouve dans l'annexe Code des macros, à la page 451.

Les algorithmes et les logiques de fonctionnement de nos macros ayant à présent été explicités, nous pouvons désormais montrer de quelles façons elles peuvent être utilisées pour la modélisation économique.

### 4.3 Mode d'emploi de la macro IFA et de la modélisation de calcul de coûts flou

Ainsi que nous l'avons dit en introduction de cette seconde partie (figure 3.5 page 171 – la construction pyramidale de la Recherche) notre recherche comporte trois niveaux. Nous souhaitons ici documenter la base et le niveau médian, c'est-à-dire expliquer en détail au lecteur comment :

- utiliser la formule IFA seule, pour poser rapidement un calcul flou ;
- se créer un modèle utilisant toutes les fonctionnalités offertes par les macros que nous avons développées.

Le mode d'emploi ayant trait au troisième niveau de la pyramide, c'est-à-dire celui de l'utilisateur, se trouve en annexe, chapitre C page 399, « Mode d'emploi Business Plans Flous », il s'agit du document que nous avons livré aux porteurs de projets pour l'utilisation des modélisations que nous leur avons fournies.

#### 4.3.1 Utilisation de la formule IFA

Il est possible de poser très facilement une opération en arithmétique floue à l'aide de notre Calculateur Flou. Il faut pour cela ouvrir le fichier , du répertoire « CalcFlou » du CD-Rom joint, ou repartir d'un classeur de calcul qui aurait déjà été modifié sur la base de ce modèle. Il faut en effet que le classeur contienne toutes les macros pour pouvoir fonctionner.

La macro a besoin de savoir si les NFT vont être posés horizontalement ou verticalement. Une cellule nommée est prévue pour cela « AFF » (pour affichage)<sup>24</sup>. Si le calcul est posé horizontalement, il faut entrer un « H » dans cette cellule. Sinon, en l'absence de précision dans la cellule, ou même en l'absence de cellule nommée « AFF », le calcul s'effectuera verticalement par défaut<sup>25</sup>. Enfin, si les coordonnées sont calculées une à une (voir page 206), la configuration de cette variable n'a plus d'importance<sup>26</sup>.

Il y a une seule formule pour tous les opérateurs, *IFA*. Il faut donc spécifier à la formule quelle opération doit être effectuée. Le calcul le plus simple consiste en une opération sur deux variables, il sera alors de la forme suivante :

=IFA(4 coordonnées du NFT X ; "E"<sup>27</sup> ; 4 coordonnées du NFT Y ;  
Opérateur)

En posant par exemple la formule suivante dans *Excel* :

= IFA(B1 : E1;"E"; B2 : E2;"MUL")

nous obtenons le résultat suivant :

	A	B	C	D	E
1	x	12	23	35	50
2	y	34	55	70	90
3		408	1265	2450	4500

Étant donné que nous n'avons spécifié aucune interaction entre les variables à la formule, ce calcul revient en fait à un calcul BFA.

Si nous voulons prendre en compte une interaction entre les variables, il faudra alors donner à la formule les arguments suivants :

=IFA(4 coordonnées du NFT X ; "E" ; 4 coordonnées du NFT Y ;  
Opérateur ; Type de relation ; Niveau de la relation)

<sup>24</sup>Pour trouver la cellule nommée *AFF*, le moyen le plus simple est de cliquer sur la flèche qui se trouve sur le côté de la fenêtre qui affiche les coordonnées de la cellule active. En cliquant sur la flèche apparaît un menu déroulant. Il suffit alors de choisir « AFF » dans la liste pour se retrouver sur la cellule nommée *AFF*. Un autre moyen pour atteindre cette cellule est de passer par le menu 'Édition/ Aller à' et de choisir « AFF ».

<sup>25</sup>Dans notre fichier modèle, nous avons déjà configuré cette cellule. Elle se trouve dans la feuille 2.

<sup>26</sup>Cette solution nous semble cependant *a priori* contre-productive. Nous avons conservé cette option par souci de compatibilité avec les versions plus anciennes de la fonction.

<sup>27</sup>Le "E" est un séparateur qui permet à la formule de marquer la frontière entre les NFT X et Y.

En posant à présent la formule suivante dans *Excel* :

$$= IFA(C1 : F1; "E"; C2 : F2; B3; B4; B5)$$

nous obtenons alors le résultat suivant :

	A	B	C	D	E	F
1	X		12	23	35	50
2	Y		34	55	70	90
3	MUL		744	1437,5	2187,5	3100
4	D					
5		3				

Remarquons qu'à présent le NFT *output* est moins flou que celui du calcul précédent, puisque nous avons pris une relation décroissante en compte (il n'aurait pas réduit si nous avions mis une relation croissante, comme l'illustre figure 2.13 page 104).

Cette formule correspond à celle que nous avons entrée par défaut comme exemple dans le fichier .

Si nous n'avions pas désiré pouvoir modifier l'opérateur, le type de la relation et le niveau de la relation directement dans les cellules du tableur, nous aurions pu également poser la formule de la façon suivante :

$$= IFA(C1 : F1; "E"; C2 : F2; "MUL"; "D"; 3)$$

Le niveau de complexité supérieur dans l'utilisation de la formule apparaît si nous voulons « retourner au paradigme de la mesure » ; les arguments que nous fournirons à la formule seront alors les suivants :

=IFA(4 coordonnées du NFT *X* ; Valeur « parfaite » retenue pour *X* le cas échéant ; *switch* de la variable *X* ; 4 coordonnées du NFT *Y* ; Valeur « parfaite » retenue pour *Y* le cas échéant ; *switch* de la variable *Y* ; Opérateur ; Type de relation ; Niveau de la relation)

En posant la formule suivante dans le tableur :

$$= IFA(B2 : G2; "E"; B3 : G3; A4; A5; A6; G4)$$

nous obtenons le résultat suivant :

	A	B	C	D	E	F	G
1		L0	L1	U1	U0	XP	SW
2	X	12	23	35	50	4	MES
3	Y	34	55	70	90		
4	MUL	136	220	280	360		
5	D						
6		3					

Ce calcul-ci est posé dans le fichier .

Dans le calcul illustré dans cette copie d'écran, la valeur de la variable  $X$  dans le calcul a été bloquée sur la valeur parfaite 4 grâce au *switch* « MES ». Le résultat du calcul correspond donc à 4 fois  $Y$ .

Maintenant que nous avons vu comment la formule IFA peut être utilisée, il faut préciser les arguments qu'elle accepte.

La formule entrée doit respecter la structure suivante (les arguments entre crochets sont optionnels) :

=IFA(1 ou 4 coordonnées du NFT  $X$  ; [Valeur « parfaite » retenue pour  $X$  le cas échéant] ; [*switch* de la variable  $X$ ] ; "E"<sup>28</sup> ; 1 ou 4 coordonnées du NFT  $Y$  ; [Valeur « parfaite » retenue pour  $Y$  le cas échéant] ; [*switch* de la variable  $Y$ ] ; Opérateur ; [Type de relation] ; [Niveau de la relation] ; [*switch* centralisé du calcul] ; [Coordonnée de sortie à afficher])

Les arguments peuvent prendre les valeurs décrites dans le tableau 4.5 page suivante. Les différents opérateurs sont donnés par le tableau 4.6 page suivante.

Les arguments *alphanumériques* peuvent être entrés tels quels dans une cellule *Excel*. En revanche, s'ils sont intégrés directement dans la formule, ils devront être placés entre guillemets pour être compris par la formule : "*ENT*" par exemple.

Les arguments optionnels peuvent être utilisés *indépendamment*. Prévoir la possibilité d'un  $X$  parfait et d'un *switch* sur  $X$  n'oblige pas à prévoir de même sur  $Y$ , ni à prévoir un *switch* au niveau du calcul. Seule la spécification d'un niveau d'interaction entre les variables demande évidemment que soit donné le type de relation concernée.

Il y a donc des *switchs* par variable, mais également un *switch* au niveau du calcul. Certains de leurs arguments sont communs, d'autres non, comme le montre le tableau 4.7 page 205. Il existe, en outre, un *switch* central au classeur de calcul.

<sup>28</sup>Le « E » permet à la fonction d'identifier formellement la séparation entre la variable  $X$  et la variable  $Y$ . Elle peut être soit entrée directement dans la formule ("E") entre deux plages de cellules correspondant aux arguments pour  $X$  et  $Y$ , soit se trouver dans la plage de cellules entre  $X$  et  $Y$ .

TAB. 4.5 – Valeurs des arguments de la Fonction IFA

Argument	Valeurs
Coordonnées NFT $X$ et $Y$	1 ou 4 variables numériques, dans des cellules distinctes
Valeur parfaite retenue pour $X$ ou $Y$ ( $XP$ )	1 variable numérique
<i>Switchs</i> des variables $X$ et $Y$ ( $SWX$ )	ENT, RES, MOY, MES, NUL ou rien
Opérateur	ADD, SOU, MUL, DIV, MIN, MAX ou PUIS
Type de la relation	C (ou I) ou D
Niveau de la relation	entre 0 (BFA) et 6 (linéaire), voir page 193
<i>Switch</i> centralisé du calcul ( $SWC$ )	MES, MOY, IND (ou BFA) ou rien
Coordonnée de sortie	L0, L1, U1 ou U0

TAB. 4.6 – Commandes des opérateurs acceptés par la fonction IFA

Commande	Opérateur
ADD	Addition
SOU	Soustraction
MUL	Multiplication
DIV	Division
MIN	Minimum
MAX	Maximum
PUIS	Puissance

Celui-ci permet de basculer le classeur entier dans l'un des modes prévus pour le *SWC*. Il fonctionne de la même façon que l'argument « AFF », c'est-à-dire par le biais d'une cellule nommée. La cellule doit porter le nom « SWCC » (pour *switch* de Calcul Centralisé). Contrairement à la cellule « AFF », le classeur doit impérativement comporter une cellule nommée « SWCC » pour que la fonction IFA puisse fonctionner.

Au niveau de l'ordre de priorité entre les *switchs*, *SWX* prime sur *SWCC* qui lui-même prime sur *SWC*. C'est-à-dire que si le modèle est basculé centralement depuis *SWCC*, les paramétrages que nous aurons pu mettre dans les *SWC* de différents calculs n'auront plus aucune influence. En revanche, si un *SWX* est resté configuré, celui-ci sera encore actif. Cela permet par exemple de basculer tout le modèle en MOY, sauf quelques variables pour lesquelles on aura préféré

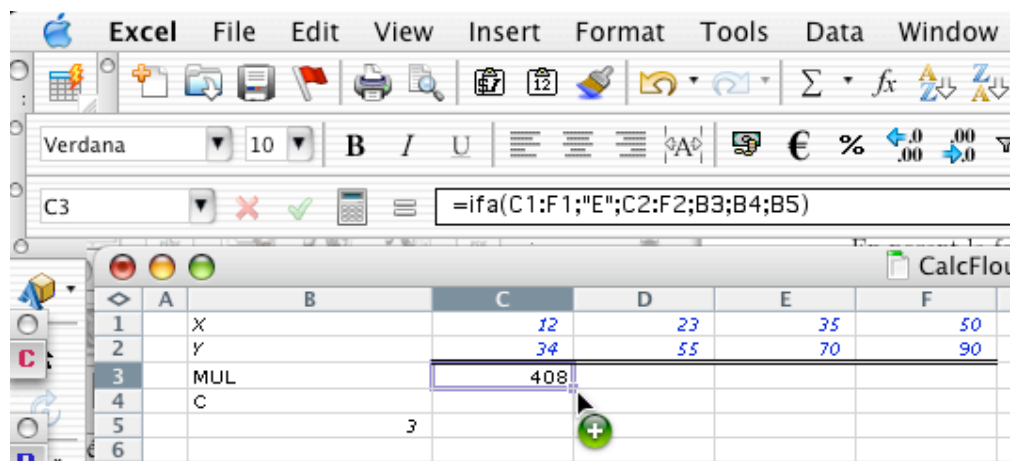
TAB. 4.7 – Types de *switchs* et leurs effets

<i>Switch</i>	SWX	SWC/SWCC	Effet
ENT	X		Test sensibilité entropie : réduit l'entropie du NFT de 10 %
RES	X		Test sensibilité résultat (levier opérationnel) : augmente la valeur du NFT de 10 %
NUL	X		Met la variable à zéro
MOY	X	X	Valeurs Moyennes : prend les moyennes des noyaux du/des NFT
MES	X	X	Paradigme de la mesure : remplace le(s) NFT par XP
IND ou BFA		X	Annule le niveau d'interaction donné dans la formule (revient à effectuer le calcul en BFA)

entrer une valeur parfaite.

Enfin, les cellules entrées en argument de la formule peuvent être fournies en une seule plage de cellules, ou en plusieurs – jusqu'au nombre maximum d'arguments – sachant qu'elles peuvent être arrangées par plages de quelque forme que ce soit <sup>29</sup>, et qu'elles peuvent également se trouver sur d'autres feuilles de calcul du classeur dans lequel se trouve la formule, ou dans des classeurs liés.

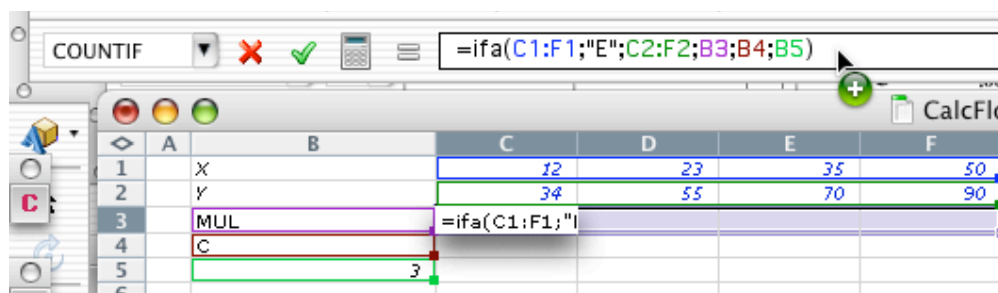
Pour que la formule affiche les 4 coordonnées du NFT résultat, il faut d'abord la saisir dans une première cellule.



<sup>29</sup>Sachant que les cellules sont lues de gauche à droite, et du haut vers le bas.



Ensuite, sélectionner la première cellule et 3 cellules à sa droite, ou 3 cellules au-dessous, selon ce qui aura été choisi comme paramétrage d'affichage dans "AFF". Il faut après cliquer dans la barre d'outil d'édition de formule pour l'éditer tout en gardant la zone de cellules sélectionnée.



Il faut alors faire Cmd-Maj-Retour sous *Mac OS* ou Ctrl-Maj-Retour sous *Windows* pour que la formule soit entrée matriciellement.

	A	B	C	D	E	F
1	X		12	23	35	50
2	Y		34	55	70	90
3	MUL		744	1437,5	2187,5	3100
4	D					
5		3				

Si les 4 coordonnées du NFT *output* indiquent la même valeur et que ni les deux variables *input* ne sont parfaites, ni aucun *SWC* ou *SWCC* n'est configuré sur MES ou MOY, c'est que l'affichage n'est pas paramétré dans le sens où la formule a été entrée (horizontal au lieu de vertical ou vice-versa).

Il est possible de ne pas utiliser l'affichage matriciel de la fonction IFA, il faut alors indiquer à la fonction quelle est la coordonnée du NFT que nous voulons afficher. Cela se fait en donnant en dernier argument à la formule le nom de la coordonnée, soit L0, L1, etc. (tableau 4.5 page 204). L0, L1, etc. peuvent également être les intitulés des cellules en-tête de lignes ou de colonnes et la formule directement liée à ces cellules.

### 4.3.2 Constitution d'un modèle

Il faut pour constituer un modèle respecter quelques règles de formatage afin de pouvoir utiliser les macros associées au Calculateur Flou. Ces macros apparaissent dans un menu « BPF » qui s'ajoute à la droite des autres menus d'*Excel* lorsqu'un fichier contenant nos macros est ouvert.

## Tests Sensibilité

Comme nous l'avons expliqué dans Fonctionnement de la macro « Test Sensibilité », la macro Test Sensibilité se sert de zones de cellules nommées pour repérer les variables *input* et *output* à tester. Il sera donc nécessaire, pour que la macro puisse effectuer ses tests, de prévoir une cellule *switch* pour chaque NFT *input* (*SWX*). Les formules minimales à poser seront donc de la forme suivante :

=IFA(4 coordonnées du NFT *X* ; *switch* de la variable *X* ; 4 coordonnées du NFT *Y* ; *switch* de la variable *Y* ; Opérateur)

Les arguments : Valeur « parfaite » retenue pour *X* le cas échéant ; Valeur « parfaite » retenue pour *Y* le cas échéant ; Type de relation ; Niveau de la relation ; *switch* centralisé du calcul (SWC) seront utilisés en fonction des besoins de calcul.

### Paramétrage des variables *input* à tester

Il faut ensuite indiquer les zones pour que la macro puisse les repérer. Les zones contenant les *switchs* de variables (*SWX*) doivent être indiquées par une zone de cellule commençant par *SWX* suivi du nom de la variable que l'on veut voir apparaître dans les rapports de la macro Tests Sensibilité. Par exemple, la variable qui définit le montant des achats immobiliers pourrait prendre comme nom pour la zone des cellules contenant ses *switchs* : *SWXAchats\_Immos* (la procédure à suivre pour nommer les zones de cellules sous *Excel* est expliquée page suivante).

Les zones peuvent être composées d'une ou plusieurs cellules, continues ou discontinues. Pour chaque zone différente, la macro effectuera un test. Sur un modèle mensualisé par exemple, sélectionner en une fois les 12 cellules *SWX* d'une variable reviendra à tester l'influence de la variable *Achats immobiliers* en une fois. En revanche, créer une zone pour chaque mois *SWXAchats\_Immos\_1*, *SWXAchats\_Immos\_2*, *SWXAchats\_Immos\_3*, etc. reviendra à tester l'influence des hypothèses liées à chaque mois différent sur le résultat.

Il faut de même identifier les cellules définissant un niveau de relation entre variables avec un nom commençant par *NRL* suivi d'un nom caractérisant l'interaction, comme : *NRLRelCE\_Relat\_Ch\_Pduits*<sup>30</sup>.

---

<sup>30</sup>Nous conseillons de placer directement après « *NRL* » un moyen dans le nom d'identifier facilement qu'il s'agit d'une variable définissant la relation, ici nous avons ajouté « *Rel* ». En effet, dans les états édités par la macro Tests Sensibilité, les préfixes en 3 lettres n'apparaissent pas. Il est donc plus difficile à la lecture des rapports de saisir quels sont les types des variables si nous n'avons pas pris cette précaution.

### ***Paramétrage des variables output à tester***

De la même façon que pour les variables *input*, il faut indiquer à la macro sur quelles variables *output* le test porte en nommant des zones de cellules.

La macro peut tester plusieurs variables *output*, par exemple la trésorerie cumulée et le compte d'exploitation d'une modélisation. Cependant, contrairement aux variables *input*, les variables *output* ne doivent comporter une zone d'*exclusivement* 4 cellules, représentant les 4 coordonnées du NFT *output*. Cela signifie que sur un plan de trésorerie par exemple, la variable *output* devra être la trésorerie cumulée au terme du plan envisagé.

### ***Autres variables à identifier***

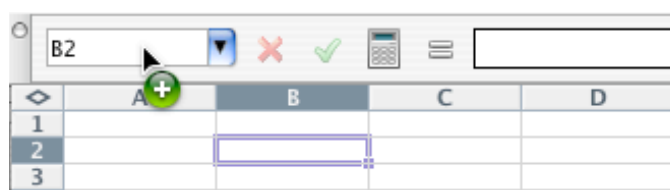
La macro nécessite également que soient indiquées les zones où se trouvent des *switchs* de calcul (*SWC*). Ces zones doivent être identifiées de la même façon que pour les zones contenant des *switchs* de variable, mais avec « SWC » en préfixe. Elles doivent avoir des codes les différenciant, car *Excel* n'accepte pas que des zones différentes aient le même nom. Cependant, ces intitulés n'apparaîtront ici dans aucun rapport. Ils pourront seulement servir à l'utilisateur s'il se sert des noms des zones pour naviguer dans le document, comme nous allons l'expliquer ci-dessous.

Identifier ces zones permet à la macro d'effacer tous les paramétrages utilisateur avant d'effectuer les tests de sensibilité. La macro recolle les paramétrages de l'utilisateur une fois les tests effectués. Cette procédure assure la fiabilité des tests, en s'assurant que l'utilisateur n'oublie pas un code restreignant le calcul et qui fausserait ainsi les rapports donnés par la macro. Cela signifie que la macro ne travaille que sur les données *brutes* entrées dans les NFT et les niveaux de relation entre variables, et ne tient en aucun cas compte des paramétrages locaux de l'utilisateur.

### ***Nommer une zone de cellules***

Pour nommer une cellule ou une zone de cellules, après l'avoir sélectionnée il faut :

- soit cliquer dans la fenêtre de la barre d'outils formules qui affiche les coordonnées de la cellule active, entrer un nom et valider par un retour chariot ;



- soit passer par le menu : « Insérer » / « Nom » / « Définir ».

Remarquons qu'en nommant ainsi chaque variable, l'indicateur du nom de cellules de la barre d'outils procure un moyen facile pour naviguer d'une variable à l'autre dans le modèle, soit directement depuis cet indicateur, soit en faisant : « Édition » / « Aller à » (Ctrl-T sous *Windows*).

Un autre mode d'emploi détaillant l'*utilisation* des modèles ainsi créés pour gérer l'amélioration progressive des hypothèses se trouve en annexe : chapitre C page 399, « Mode d'emploi Business Plans Flous ».

## Conclusion du Chapitre 4

Nous venons de dévoiler une partie importante de notre recherche qu'est la construction des artefacts. Celle-ci étant le moyen d'accéder à l'expérimentation des modélisations de projets, nous avons dû produire des outils adaptables à chaque nouveau projet, fiables et compréhensibles par les utilisateurs.

Nous avons pour définir au mieux les fonctions à inclure dans nos macros fait appel aux outils de l'analyse de la valeur, puis les avons incrémentalement améliorées à l'usage.

Dans un souci d'enseignabilité, nous avons explicité les améliorations successives et le fonctionnement des différentes macros ainsi que nos choix techniques. Nous avons également expliqué les modifications que nous avons apportées dans la formulation de l'IFA en vue d'un calcul plus respectueux du sens donné par l'utilisateur. Nous pouvons d'ailleurs noter la difficulté – pour un praticien isolé contraint par l'urgence – à développer de tels outils.

Nous avons enfin donné les instructions à respecter pour poser un calcul à l'aide de nos macros ou créer un modèle doté de toutes les fonctionnalités offertes par ces macros.

Nous allons à présent voir le second niveau de la construction pyramidale de notre recherche, les modèles développés, en d'autres termes, les cas traités.



# Chapitre 5

## Études de cas et recherches-interventions

Comme nous l'avons expliqué en introduction de cette seconde partie, conception de l'outil et études de cas se sont mutuellement influencées dans une démarche dialogique. Nous venons, dans le chapitre précédent, de décrire la conception et les fonctions de l'outil *Excel* que nous avons développé, et nous allons à présent expliciter la partie de notre recherche qui a trait à l'étude de cas.

Nous présenterons d'abord l'historique des cas présentés, cet historique présentant les versions des outils mis en œuvre dans chaque cas et permettant de retrouver le lien dialogique avec les outils développés (section 1). Nous verrons ensuite en détail nos cas « en chambre » (section 2) puis les caractéristiques de nos recherches-interventions (section 3).

### 5.1 Introduction : Historique des études de cas et des recherches-interventions

Nous avons mené un ensemble d'études de cas pour :

- tester et comprendre l'intérêt de la logique floue dans le calcul de coûts et en saisir les avantages et limites à travers l'étude de problématiques différenciées ;
- tester et améliorer les outils créés.

Ces études de cas sont de deux types très différents :

- des études de cas « en chambre », correspondant généralement à des questionnements personnels du chercheur qui étaient quantitativement / financièrement modélisables. Ces études de cas ont surtout caractérisé le début du travail de recherche, et ont permis à la fois au chercheur de s'approprier le calcul de coûts à l'aide de la logique floue, mais aussi de tester les prototypes de calculateur flou ;
- une série de six recherches-interventions, qui ont permis de tester la viabilité des outils créés et des concepts sous-jacents, mais également de faire progresser l'utilisabilité des outils et le savoir-faire du chercheur par rapport à de nouvelles problématiques de modélisation.

Le tableau 5.1 page suivante reprend les principaux cas étudiés et les croise avec la version des outils créés utilisés pour les modéliser.

Le premier cas étudié (ATEA) a porté sur un modèle ABC. Nous souhaitions par ce premier essai vérifier la possibilité d'appliquer les propositions de Zadeh et Lesage aux apports de la méthode ABC et comprendre l'intérêt d'un tel croisement. Une préoccupation similaire occupait d'ailleurs LaScola Needy et Nachtmann (2001), mais avec une approche théorique un peu différente (revoir Comparaison d'un calcul de coûts par la logique floue avec un calcul de coûts basé sur une simulation Monte-Carlo à la page 119). Nous n'avions pour ce premier cas développé encore aucun outil dédié, et il était donc modélisé à l'aide de formules de type BFA (il ne prenait pas en compte les relations entre variables).

Le deuxième cas (ATEA IFA) est le même, retravaillé, pour pouvoir prendre en compte l'IFA selon la méthodologie proposée par Lesage (2001b). Il a été le support de la création du calculateur flou V1.0.

Les trois cas suivants ont été l'occasion d'améliorer l'outil (V1.2) et de modéliser trois problématiques de gestion intéressant le chercheur sur le coût d'achat d'un véhicule à l'étranger (Achat Voiture), le délai de retour sur investissement d'une installation GPL<sup>1</sup> sur un véhicule (Conversion GPL) et le compte de résultat prévisionnel d'une construction pour location (Constructions pour Location) . Ce dernier cas inaugurerait la version bêta de la macro Test Sensibilités. L'ensemble de ces cas illustre bien l'intérêt de l'ancien praticien du contrôle de gestion devenu chercheur pour cette nouvelle approche du contrôle de gestion que permet la logique floue .

Après avoir approfondi l'utilisation de la logique floue pour la prévision budgétaire sur des problématiques nous intéressant personnellement et avoir constaté qu'une telle approche nous faisait sens, nous avons voulu proposer cette approche à des acteurs extérieurs. Nous avons choisi plus particulièrement des porteurs de

---

<sup>1</sup>Gaz de Pétrole Liquéfié.

TAB. 5.1 – Récapitulatif historique des cas / recherches-interventions réalisés et des versions des macros utilisées

Cas	Livrais.	Calculateur Flou IFA <sup>a</sup>					T.S. <sup>b</sup>		Graphique <sup>c</sup>			A. <sup>d</sup>
		1	1.2	2.2	3.	4.44	$\beta$	1.	1.	2.1	2.5	1.
ATEA	oct. 01											
ATEA IFA	juill. 02	•										
Constructions pour Location	janv. 03		•				•					
Achat Voiture	janv. 03		•									
Agence Immobilière	avr. 03		•				•					
Appareillage de Mesure	juin 03			•					•			
Conseil en Informatique Libre	déc. 03				•					•		
Constructions pour Location	juin 04					4.0						
« Itinéraire »	août 04					4.32						
Ferme Biologique	sep. 04					•		•			•	•
Graphistes	oct. 04					•		•			•	•
Accueil Enfants	nov. 04					•		•			•	•

<sup>a</sup>Voir tableau 4.1 page 181<sup>b</sup>Tests Sensibilité, voir tableau 4.3 page 188<sup>c</sup>Voir tableau 4.2 page 187<sup>d</sup>Autres Macros, voir tableau 4.4 page 189



projet pour la position quasi caricaturale dans laquelle ils se trouvent vis-à-vis de l'incertitude. Le premier des cas de recherche-intervention a été mené sur le projet d'un ami qui souhaitait ouvrir une agence immobilière. Il s'agissait surtout pour nous d'un premier test d'applicabilité des outils créés à une demande extérieure. Cette application a démontré la nécessité de créer des outils dont le fonctionnement serait plus « transparent » pour l'utilisateur et plus fiable (rappelons que la version 1.2 du calculateur flou IFA nécessite une feuille de calcul pour chaque opération prenant en compte une relation de dépendance, ce qui rend assez rapidement le modèle difficile à manipuler et à comprendre).

Une fois obtenue l'autorisation de proposer un service de conseil en plans d'affaires flous aux porteurs de projet de la couveuse de l'Université de Caen<sup>2</sup>, nous avons alors choisi d'améliorer notre outil en confiant les calculs à une macro VBA. Cette macro s'utilise sous forme d'une fonction additionnelle d'*Excel*. La suite de nos recherches-interventions s'est donc exclusivement déroulée dans le cadre de ce service de conseil. La nouvelle macro a servi (V2.2) pour la deuxième recherche-intervention (Appareillage de Mesure), qui concernait un projet de création d'entreprise de fabrication de matériel pour la recherche agricole. Nous n'avions alors plus de macro Tests Sensibilité opérationnelle, en revanche, nous avons développé une première version de la macro Graphique pour cette intervention.

La troisième recherche-intervention (Conseil en Informatique Libre) portait sur la création d'une société de conseil en implantation de logiciels Open-Source. Le porteur de ce projet n'étant utilisateur que de logiciels issus de cette communauté, nous avons porté notre Calculateur Flou V.3 - version nettement améliorée du calcul IFA (Lesage, 2003)- sous *OpenOffice* pour pouvoir lui créer une modélisation de son projet. Nous lui avons également créé une nouvelle version de la macro Graphique (V2.1).

À l'occasion de l'amélioration du moteur de calcul du Calculateur Flou (de la V1.2 à la V3.0) et de son ergonomie (V4 et suivantes), nous avons repris notre cas de construction pour location pour valider les améliorations apportées et mettre au point les nouvelles fonctionnalités.

Durant l'été 2004, nous nous sommes trouvé face à un problème de choix d'itinéraire optimal pour traverser la France, cet itinéraire optimal étant basé sur des critères de choix plus larges que le seul kilométrage ou la seule durée. De tels critères rendent d'ailleurs assez souvent des résultats peu satisfaisants sur les calculateurs d'itinéraires tels que *Route66*, *Autoroute Express* ou *viamichelin.fr*. Nous avons ré-

---

<sup>2</sup>Nous tenons à remercier tout particulièrement Cécile Le Corroller pour cet accès à un terrain passionnant et riche, ainsi que Sylvie Cieply pour le suivi des relations avec la couveuse.

solu cette problématique grâce à un mini-cas (« Itinéraire ») basé sur la dernière version du Calculateur Flou que nous étions en train de développer (V4.32).

Après avoir réussi à implémenter les améliorations ergonomiques souhaitées dans le Calculateur Flou (V4.44) et à lui offrir les macros complémentaires que nous jugions également indispensables (macro Test Sensibilité enfin flexible, Macro Graphique adaptable –voir page 185– et autres macros améliorant l'utilisabilité du modèle), nous avons achevé trois recherches-interventions pour le compte de porteurs de projet de la couveuse (Ferme Biologique, Accueil Enfants et Graphistes).

Ce bref exposé chronologique des cas réalisés et des outils développés devrait donner au lecteur l'aperçu macroscopique de notre travail. Dans le souci de restituer le plus fidèlement possible le contexte, les traits saillants et la problématique générale de chaque cas ou de chaque recherche-intervention, nous choisissons ici de décrire dans le détail et le plus objectivement possible chacun d'eux. Une fois seulement cette connaissance mise en commun, nous nous appliquerons dans les sections suivantes, à analyser les cas et recherches-interventions menés selon deux angles. Nous chercherons en effet à analyser les modélisations floues réalisées d'un point de vue technique et d'un point de vue cognitif (section 6 page 267). Nous choisissons de présenter les cas de cette façon, afin que notre lecteur ait le matériau pour pouvoir créer sa propre interprétation des résultats, et la confronter à notre analyse présentée plus bas. Nous allons donc dans une première sous-section présenter l'ensemble des Cas « en chambre » que nous avons menés et dans une seconde sous-section l'ensemble des Recherches-Interventions.

## 5.2 Description détaillée des cas « en chambre »

### 5.2.1 Cas ATEA

Notre cas prend pour exemple une société industrielle, la société ATEA Motoren<sup>3</sup>, spécialisée dans la production de moteurs électriques. Nous allons d'abord évoquer la situation de départ de notre exemple, puis expliquer le plan de développement que la direction se propose de mettre en place.

---

<sup>3</sup>Nous nous sommes inspirés du cas « Altona Motoren » de Baranger et Mouton (1997, p. 192).

### 5.2.1.1 Énoncé de la situation de départ

La société ATEA produit des moteurs électriques en grande série. Elle propose exclusivement des moteurs standards, plusieurs modèles figurant à son catalogue. Pour son analyse stratégique et commerciale, la direction d'ATEA estime que l'entreprise a principalement deux portefeuilles de clients : des gros clients, et des petits clients, la segmentation provenant donc des volumes d'affaires, car les deux types de clientèle consomment les mêmes produits. ATEA a réalisé une première méthode ABC sur la base de cette distinction, afin de mettre en évidence la principale différence de consommation de ressources, qui selon elle provient de la taille des commandes qu'elle reçoit. Voici les principales caractéristiques chiffrées de ATEA :

#### Typologie Clients

Catégorie	Segment
<b>1</b>	Gros clients, achat de moteurs standards
<b>2</b>	Petits clients, achat de moteurs standards

#### Clients, CA et Ventes par catégories (annuels)

	Catégorie 1	Catégorie 3	Total
<b>Nombre de clients</b>	15	90	105
<b>Chiffre d'Affaires</b>	21 240 000	7 700 000	28 940 000
<b>%</b>	73,4 %	26,6 %	100,0 %
<b>Moteurs Vendus</b>	23 600	7 700	31 300
<b>PVU</b>	900	1 000	
<b>Coût Variable Unitaire</b>	400	400	
<b>CA Moyen / Client</b>	1 416 000	85 556	

#### Coûts variables

<b>Moteurs standards</b>	400
--------------------------	-----

#### Charges Indirectes

	Montant	Unité d'œuvre
<b>Production</b>	5 617 438	h MOD
<b>Distribution</b>	2 799 262	CA
<b>Administration Générale</b>	2 000 000	Non répartis

Le compte d'exploitation analytique d'ATEA, avant la méthode ABC, donnait les résultats suivants :

	Catégorie 1	Catégorie 3	Total
Chiffre d'Affaires	21 240 000	7 700 000	28 940 000
Coûts Variables	- 9 440 000	- 3 080 000	-12 520 000
<b>Marge sur coûts variables</b>	<b>11 800 000</b>	<b>4 620 000</b>	<b>16 420 000</b>
<i>Taux de marge s/ coûts variables</i>	<i>55,6 %</i>	<i>60,0 %</i>	<i>56,7 %</i>
Charges indirectes Production	- 4 235 512	- 1 381 926	-5 617 438
Charges Distribution	- 2 054 469	-744 793	-2 799 262
<b>Marge sur Coûts Spécifiques</b>	<b>5 510 019</b>	<b>2 493 281</b>	<b>8 003 300</b>
<i>Taux de marge s/ coûts spécifiques</i>	<i>25,9 %</i>	<i>32,4 %</i>	<i>27,7 %</i>
Administration Générale			-2 000 000
<b>Résultat</b>			<b>6 003 300</b>
<i>en % du CA</i>			<i>20,7 %</i>

Pour pouvoir appliquer la méthode ABC, les contrôleurs de gestion d'ATEA ont recherché les principales activités effectuées dans les centres de production et de direction et les ont regroupées en processus en fonction de leurs unités d'œuvres communes. Ils ont finalement récolté les données supplémentaires suivantes :

Processus	Unité d'œuvre	Activités	Ressources consommées
<b>Gestion des commandes</b>	Nombre de commandes	Saisie demande, mise à jour dossier client, transmission ordre au planning, production, livraison	3 924 500
<b>Gestion des lots</b>	Nombre de lots mis en fabrication	Préparation, réglage des machines, production, contrôle qualité	2 392 200
<b>Gestion des références</b>	Nombre de références	Conception des produits, modifications techniques, gestion d'un dossier par produit, planification des ordres de production	2 100 000
			8 416 700

	Catégorie 1	Catégorie 3	Total
<b>Nombre de commandes</b>	320	515	835
<b>Taille moyenne des lots</b>	25	20	

### Nombre de Références

<b>Moteurs standards</b>	70
--------------------------	----

Grâce à ces nouvelles données, les charges indirectes peuvent être réparties

entre les deux catégories de clients en fonction de leur consommation des différents processus<sup>4</sup> :

Processus	Coût Total	Unité d'œuvre Taux de l'u.o.		Catégorie 1	Catégorie 3
<b>Gestion des commandes</b>	3 924 500	835 Nb de commandes  <b>4 700 €</b>	<i>Quantité</i>	<i>320</i>	<i>515</i>
			Montant	1 504 000	2 420 500
			<i>Nb Unités/ Processus</i> Coût/ Unité	<i>74</i> 63,73 €	<i>15</i> 314,35 €
<b>Gestion des Lots</b>	2 392 200	1329 Nb lots en fabrication  <b>1 800 €</b>	<i>Quantité</i>	<i>944</i>	<i>385</i>
			Montant	1 699 200	693 000
			<i>Nb Unités/ Processus</i> Coût/ Unité	<i>25</i> 72,00 €	<i>20</i> 90,00 €
<b>Gestion des Références</b>	2 100 000	70 Nb de références  <b>30 000 €</b>	<i>Quantité</i>		
			Montant		
<b>Gestion des Références Moteurs Standards</b>	70 2 100 000  Répartition	31300 Nb de moteurs Std  <b>67,09 €</b>	<i>Quantité</i>	<i>23600</i>	<i>7700</i>
			Montant	1 583 387	516 613
			Coût/ Unité	67,09 €	67,09 €
<b>TOTAL</b>	8 416 700 Coût Unitaire			<i>23600</i> 4 786 587 202,82 €	<i>7700</i> 3 630 113 471,44 €

Une fois réintégré dans le compte d'exploitation, nous obtenons donc le compte d'exploitation ABC suivant :

<sup>4</sup>Le détail des calculs intermédiaires se trouve en annexe Coûts des processus ATEA - Réalisé, à la page 485.

Produits	TOTAL	Catégorie 1	Catégorie 3
Chiffre d’Affaires	28 940 000	21 240 000	7 700 000
Charges directes de Production	-12 520 000	-9 440 000	-3 080 000
Charges support ABC	-8 416 700	-4 786 587	-3 630 113
Marge sur coûts spécifiques	<b>8 003 300</b>	<b>7 013 413</b>	<b>989 887</b>
Taux de marge s/ coûts spécifiques	27,7 %	33,0 %	12,9 %

Nous constatons, comme nous pouvions le penser intuitivement, que la catégorie 3 est plus coûteuse que ce que ne le laissait entendre le compte d’exploitation traditionnel. La méthode ABC tient effectivement compte des phénomènes de lots et de commandes, qui sont de moindre importance dans la catégorie 3. Ce phénomène a été maintes fois illustré, et n’est pas le but de notre démonstration. Nous allons, en revanche, partir de ce compte d’exploitation ABC de la société ATEA pour la suite de notre cas.

### 5.2.1.2 Le plan de développement envisagé par la direction

Face à l’insistance de ses clients pour pouvoir commander à ATEA des produits sur mesure, la direction cherche à savoir si elle peut se lancer dans cette nouvelle activité sans pour autant mettre en danger la pérennité de l’entreprise. Le diagnostic est urgent, car certains concurrents ont commencé à proposer du sur-mesure, et ce nouveau marché met en jeu la position de leadership d’ATEA. La direction envisage donc d’effectuer des productions hors série pour ses clients, mais s’inquiète du dérapage des coûts non proportionnels qui pourrait en découler. Elle demande donc au contrôle de gestion, en accord avec les technico-commerciaux et les ingénieurs de la recherche et développement de faire une simulation sur les résultats probables de cette diversification, en segmentant cette nouvelle production entre gros clients (catégorie 2) et petits clients (catégorie 4).

Les contrôleurs de gestion font le tour des services de la société et obtiennent les informations suivantes :

- D’après les technico-commerciaux :
  - En cas de fabrication hors série, les ventes de moteurs standards devraient chuter de 15 à 30 %. Ils pensent qu’en tout état de cause, cette baisse sera au moins de 5 %, mais ne pourra pas dépasser 40 % ;
  - Les ventes de moteurs hors série devraient représenter environ deux fois la diminution des ventes de moteurs standards ;

- Les lots devraient être 2 fois moins importants sur les productions hors série que sur les productions de type standard, dans une fourchette de +/- 20 % ;
  - Le nombre de produits par commande devrait être 2 fois moins important sur les productions hors série que sur les productions standard, dans une fourchette de +/- 20 % ;
  - Les clients sont prêts à payer entre 50 et 70 % plus cher des produits qui leur seraient spécifiquement destinés.
- D'après le service recherche et développement :
- La fabrication de moteurs hors série, devrait nécessiter de 80 à 130 nouvelles références. Les ingénieurs estiment que dans le meilleur des cas, au moins 60 nouvelles références seront nécessaires, mais que ce chiffre ne pourra jamais dépasser 150 ;
  - Les charges directes de production des moteurs hors série devraient représenter 160 % de celles des moteurs standards.

### 5.2.1.3 Simulation à partir d'une modélisation ABC utilisant la mesure parfaite

Les contrôleurs de gestion d'ATEA intègrent donc dans leur méthode ABC ces deux nouvelles typologies client et, connaissant le taux de chaque processus, arrivent à en déduire un compte d'exploitation prévisionnel. Pour faire leur simulation ils doivent prendre un seul chiffre par variable, ils entrent donc dans un premier temps des valeurs moyennes pour chacun des *inputs*, ce qui revient aux données suivantes :

	Catégorie 1	Catégorie 2	Catégorie 3	Catégorie 4
<b>Moteurs Vendus</b>				
Moyenne	18 290	10 620	5 967	3 465
<b>Taille Moyenne des Lots</b>	25	12,5	20	10
Nombre de lots	732	850	298	347
<b>Nombre de commandes</b>	248	288	399	463,5
Valeur des Produits <sup>a</sup>	900	1 440	1 000	1 600
<b>Nombre de Références</b>	70	105	70	105

<sup>a</sup>La valeur prévisionnelle des produits correspond ici à leur prix de vente moyen espéré.

<b>Surcoût Moteurs Hors-Série</b>	+60 %
-----------------------------------	-------

A partir de ces *inputs*, ils obtiennent la répartition des charges indirectes suivante :

Segmentation Processus	Coût Total	Unité d'œuvre Taux de l'u.o.		Cat. 1	Cat. 2	Cat. 3	Cat. 4
<b>Gestion des commandes</b>	6 573 538	<i>1 399</i> Nb de cdes <b>4 700 €</b>	<i>Quantité</i> Montant <i>Nb Utés/Pcus</i> Coût/ Unité	<i>248</i> 1 165 600 <i>74</i> 63,73 €	<i>288</i> 1 353 600 <i>37</i> 127,46 €	<i>399</i> 1 875 888 <i>15</i> 314,35 €	<i>464</i> 2 178 450 <i>7</i> 628,70 €
<b>Gestion des Lots</b>	4 006 935	<i>2 226</i> Nb lots en fab. <b>1 800 €</b>	<i>Quantité</i> Montant <i>Nb Utés/Pcus</i> Coût/ Unité	<i>732</i> 1 316 880 <i>25</i> 72,00 €	<i>850</i> 1 529 280 <i>13</i> 144,00 €	<i>298</i> 537 075 <i>20</i> 90,00 €	<i>347</i> 623 700 <i>10</i> 180,00 €
<b>Gestion des Références</b>	5 250 000	<i>175</i> Nb de références <b>30 000 €</b>	<i>Quantité</i> Montant Coût/ Unité				
<b>Gestion des Références Moteurs Std.</b>	<i>70</i> 2 100 000 Répartition	<i>24 257,5</i> Nb de mot. Std <b>86,57 €</b>	<i>Quantité</i> Montant Coût/ Unité	<i>18 290</i> 1 583 387 86,57 €	- - €	<i>5 968</i> 516 613 86,57 €	- - €
<b>Gestion des Références Moteurs H-S.</b>	<i>105</i> 3 150 000 Répartition	<i>14 085</i> Nb de mot. HS <b>223,64 €</b>	<i>Quantité</i> Montant Coût/ Unité	- - €	<i>10 620</i> 2 375 080 223,64 €	- - €	<i>3465</i> 774 920 223,64 €
<b>TOTAL</b>	15 830 473 Ct Unitaire			<i>18 290</i> 4 065 867 222,30 €	<i>10 620</i> 5 257 960 495,10 €	<i>5 967,5</i> 2 929 576 490,92 €	<i>3 465</i> 3 577 070 1 032,34 €

Et le compte d'exploitation prévisionnel suivant :

Produits	Total	Catégorie 1	Catégorie 2	Catégorie 3	Catégorie 4
<b>Chiffre d'Affaires</b>	43 265 300	16 461 000	15 292 800	5 967 500	5 544 000
<b>Charges directes de Production</b>	-18 717 400	-7 316 000	-6 796 800	-2 387 000	-2 217 600
<b>Charges support ABC</b>	-15 830 473	-4 065 867	-5 257 960	-2 929 576	-3 577 070
<b>Marge sur coûts spécifiques</b>	<b>8 717 428</b>	<b>5 079 133</b>	<b>3 238 040</b>	<b>650 924</b>	<b>-250 670</b>
<b>Taux de marge s/coûts spécifiques</b>	20,10 %	30,90 %	21,20 %	10,90 %	-4,50 %



La marge sur coûts spécifiques de la simulation est en progression de 700 k€ par rapport au chiffre actuel, mais le taux de marge sur coûts spécifiques perd quant à lui plus de 7 points. La rentabilité marginale de cette diversification est donc inférieure à la rentabilité actuelle de la société. Une solution pourrait être de ne pas créer la catégorie 4, qui sera visiblement déficitaire, afin de limiter cet effet et de quand même répondre à la demande des gros clients. Face à ce résultat en « demi-teinte », les dirigeants pourraient être tentés de « prendre des hypothèses hautes » ou de se « fixer des objectifs volontaristes », autrement dit, privilégier les *inputs* les plus optimistes. Cela reviendrait aux *inputs* suivants :

	Catégorie 1	Catégorie 2	Catégorie 3	Catégorie 4
<b>Moteurs Vendus</b>				
Hypothèse Haute	20 060	14 160	6 545	4 620
<b>Taille Moyenne des Lots</b>	25	15	20	12
Nombre de lots	802	944	327	385
<b>Nombre de commandes</b>	272	320	438	515
<b>Valeur des Produits</b>	900	1 530	1 000	1 700
<b>Nombre de Références</b>	70	80	70	80

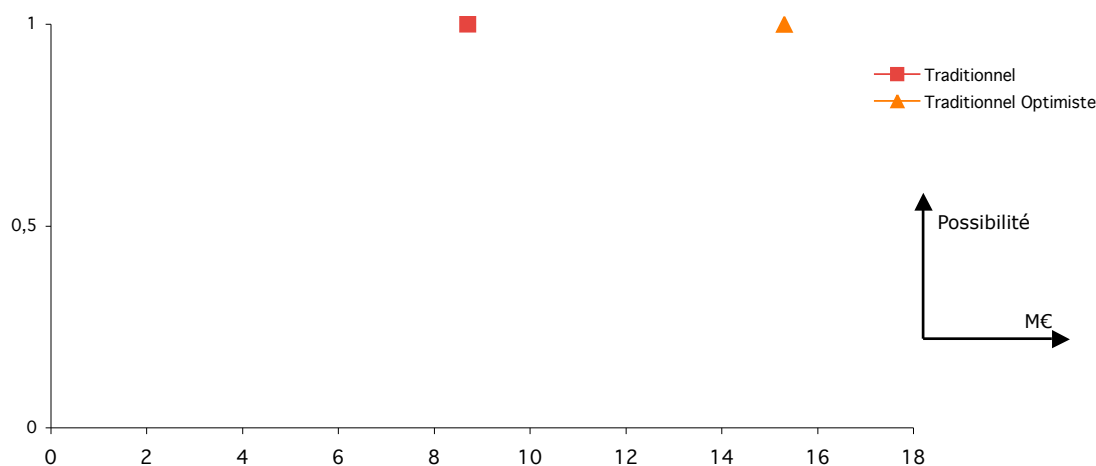
<b>Surcoût Moteurs Hors-Série</b>	+60 %
-----------------------------------	-------

À partir de ces *inputs*, le résultat prévisionnel ABC devient :

Produits	Total	Catégorie 1	Catégorie 2	Catégorie 3	Catégorie 4
<b>Chiffre d’Affaires</b>	54 117 800	18 054 000	21 664 800	6 545 000	7 854 000
<b>Charges directes de Production</b>	-22 661 200	-8 024 000	-9 062 400	-2 618 000	-2 956 800
<b>Charges support ABC</b>	-16 185 895	-4 306 107	-5 012 785	-3 163 088	-3 703 915
<b>Marge sur coûts spécifiques</b>	<b>15 270 705</b>	<b>5 723 893</b>	<b>7 589 615</b>	<b>763 912</b>	<b>1 193 285</b>
<b>Taux de marge s/coûts spécifiques</b>	28,20 %	31,70 %	35,00 %	11,70 %	15,20 %

La marge sur coûts spécifiques est à présent beaucoup plus présentable, avec un taux en légère hausse et une valeur absolue qui a doublé par rapport aux chiffres actuels. De plus, la catégorie 4 s'avère finalement plus rentable que la catégorie 3, ce qui infirme l'idée de ne pas la lancer. Les deux marges sur coûts spécifiques que nous venons de trouver à l'aide du modèle utilisant l'information parfaite correspondent à la représentation graphique de la figure 5.1.

FIG. 5.1 – Représentation graphique de la marge sur coûts spécifiques d'ATEA avec la méthode ABC « parfaite »



#### 5.2.1.4 Construction d'un outil de modélisation ABC Flou

Nous allons à présent transformer cette simulation afin de l'adapter aux nombres flous. Si nous considérons les informations prévisionnelles récoltées par le contrôle de gestion, elles représentent les *inputs* suivants :

		Cat. 1	Cat. 2	Cat. 3	Cat. 4
<b>Moteurs Vendus</b>					
Minimum Concevable	-40 %	14 160	2 360	4 620	770
Minimum Vraisemblable	-30 %	16 520	7 080	5 390	2 310
Maximum Vraisemblable	-15 %	20 060	14 160	6 545	4 620
Maximum Concevable	-5 %	22 420	18 880	7 315	6 160
<b>Taille Moyenne des Lots</b>					
Minimum Concevable	-20 %		10		8
Moyenne		25	12,5	20	10
Maximum Concevable	20 %		15		12
<b>Nombre de commandes</b>					
Nb de commandes actuel		320		515	
Nb de pduits / commandes		73,75		14,95	
Multiplicateur Hors Série / Standard			2		2
Nb de pduits / cmdes Hors Série			36,88		7,48
Minimum Concevable	-20 %		29,5		6
Moyenne			36,9		7,5
Maximum Concevable	20 %		44,3		9
<b>Valeur des Produits</b>					
Minimum Concevable	50 %		1 350		1 500
Moyenne	60 %	900	1 440	1 000	1 600
Maximum Concevable	70 %		1 530		1 700
<b>Nombre de Références</b>					
Minimum Concevable		70	60	70	60
Minimum Vraisemblable		70	80	70	80
Maximum Vraisemblable		70	130	70	130
Maximum Concevable		70	150	70	150

<b>Surcoût Moteurs Hors-Série</b>	+60 %
-----------------------------------	-------

Le traitement de ces inputs à l'aide de l'arithmétique floue BFA nous donne le compte d'exploitation ABC Flou suivant<sup>5</sup> :

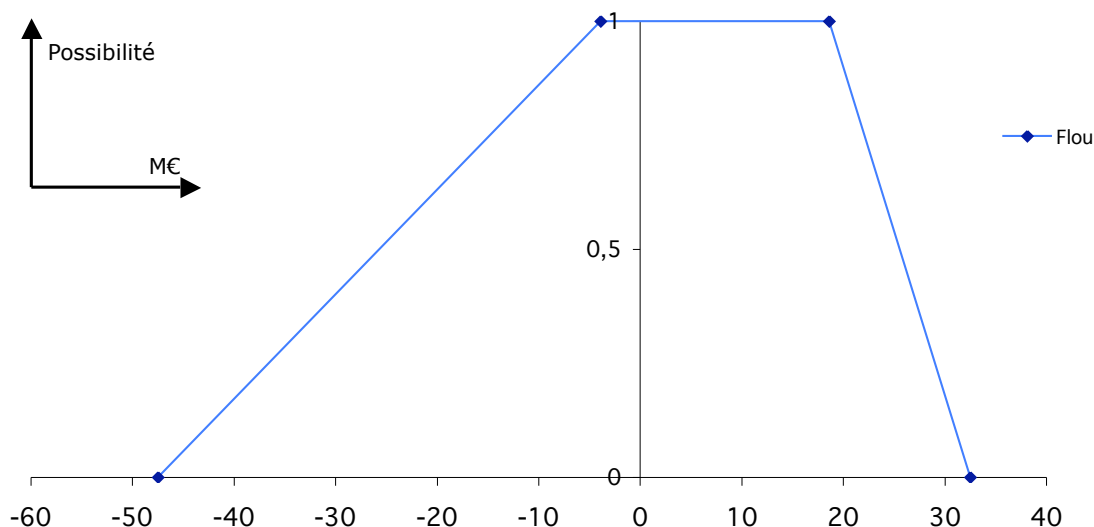
<sup>5</sup>Le détail du calcul des coûts des processus se trouve en annexe Coût prévisionnel flou des processus ATEA, à la page 486.

Portefeuille Processus Unité d'œuvre	Coût Total	Taux de l'u.o.		Cat. 1	Cat. 2	Cat. 3	Cat. 4
<b>Chiffre d'Affaires</b>	21 705 000 34 149 200 52 381 400 66 851 400		Min Conc. Min Vrais. Max Vrais. Max Conc.	12 744 000 14 868 000 18 054 000 20 178 000	3 186 000 10 195 200 20 390 400 28 886 400	4 620 000 5 390 000 6 545 000 7 315 000	1 155 000 3 696 000 7 392 000 10 472 000
<b>Coûts directs</b>	9 515 200 14 773 600 22 661 200 27 919 600		Min Conc. Min Vrais. Max Vrais. Max Conc.	5 664 000 6 608 000 8 024 000 8 968 000	1 510 400 4 531 200 9 062 400 12 083 200	1 848 000 2 156 000 2 618 000 2 926 000	492 800 1 478 400 2 956 800 3 942 400
<b>Marge sur coûts Directs</b>	12 189 800 19 375 600 29 720 200 38 931 800		Min Conc. Min Vrais. Max Vrais. Max Conc.	7 080 000 8 260 000 10 030 000 11 210 000	1 675 600 5 664 000 11 328 000 16 803 200	2 772 000 3 234 000 3 927 000 4 389 000	662 200 2 217 600 4 435 200 6 529 600
<b>Gestion des Commandes</b>	-3 008 783 -5 101 850 -8 045 225 -11 577 275	<b>4 700 €</b> <b>4 700 €</b> <b>4 700 €</b> <b>4 700 €</b>	Min Conc. Min Vrais. Max Vrais. Max Conc.	-902 400 -1 052 800 -1 278 400 -1 428 800	-250 667 -902 400 -1 804 800 -3 008 000	-1 452 300 -1 694 350 -2 057 425 -2 299 475	-403 417 -1 452 300 -2 904 600 -4 841 000
<b>Gestion des Lots</b>	-1 834 020 -3 109 860 -4 904 010 -7 056 990	<b>1 800 €</b> <b>1 800 €</b> <b>1 800 €</b> <b>1 800 €</b>	Min Conc. Min Vrais. Max Vrais. Max Conc.	-1 019 520 -1 189 440 -1 444 320 -1 614 240	-283 200 -1 019 520 -2 039 040 -3 398 400	-415 800 -485 100 -589 050 -658 350	-115 500 -415 800 -831 600 -1 386 000
<b>Gestion des Références</b>	-1 551 316 -2 929 412 -10 350 000 -39 325 000	<b>5 967 €</b> <b>9 765 €</b> <b>25 875 €</b> <b>89 375 €</b>	Min Conc. Min Vrais. Max Vrais. Max Conc.	-1 000 034 -1 303 965 -1 922 684 -2 507 029	-169 649 -904 792 -5 881 150 -27 143 770	-326 282 -425 446 -627 316 -817 971	-55 351 -295 208 -1 918 850 -8 856 230
<b>TOTAL DES COÛTS INDIRECTS ABC FLOU</b>	-6 394 119 -11 141 122 -23 299 235 -57 959 265		Min Conc. Min Vrais. Max Vrais. Max Conc.	-2 921 954 -3 546 205 -4 645 404 -5 550 069	-703 515 -2 826 712 -9 724 990 -33 550 170	-2 194 382 -2 604 896 -3 273 791 -3 775 796	-574 268 -2 163 308 -5 655 050 -15 083 230
<b>Marge sur Coûts Spécifiques</b>	-45 769 465 -3 923 635 18 579 078 32 537 681		Min Conc. Min Vrais. Max Vrais. Max Conc.	1 529 931 3 614 596 6 483 795 8 288 046	-31 874 570 -4 060 990 8 501 288 16 099 685	-1 003 796 -39 791 1 322 104 2 194 618	-14 421 030 -3 437 450 2 271 892 5 955 332
<b>Taux de Marge sur coûts spécifiques</b>	-68 % -7 % 54 % 150 %		Min Conc. Min Vrais. Max Vrais. Max Conc.	8 % 20 % 44 % 65 %	-110 % -20 % 83 % 505 %	-14 % -1 % 25 % 48 %	-138 % -47 % 61 % 516 %

Ce compte d'exploitation est bien sûr plus compliqué que celui de l'ABC en mesure parfaite, puisque le nombre de chiffres est multiplié par quatre. Il prend toute sa signification en lisant sa représentation graphique (voir figure 5.2 page suivante).

Sur ce graphique, nous voyons immédiatement que la marge sur coûts spécifiques prévisionnelle d'ATEA peut se situer avec un même niveau de possibilité entre les valeurs de -3,9 M€ et 18,6 M€. Ce qui veut dire que toutes les valeurs comprises entre ces deux bornes ont autant de possibilités d'apparaître que le chiffre de 8,7 M€ donné par la première simulation « parfaite » ou le chiffre de 15,3 M€ donné par la seconde simulation (hypothèse haute). Nous voyons aussi

FIG. 5.2 – Représentation graphique de la marge sur coûts spécifiques prévisionnelle d'ATEA avec la méthode ABC Floue



qu'il est possible, même si cela se situe à un niveau bien moindre, d'enregistrer des pertes jusqu'à -45,7 M€ ou des gains jusqu'à 32,5 M€. Ce type de graphique est reproductible pour chacune des variables, et permet de beaucoup mieux en comprendre le sens.

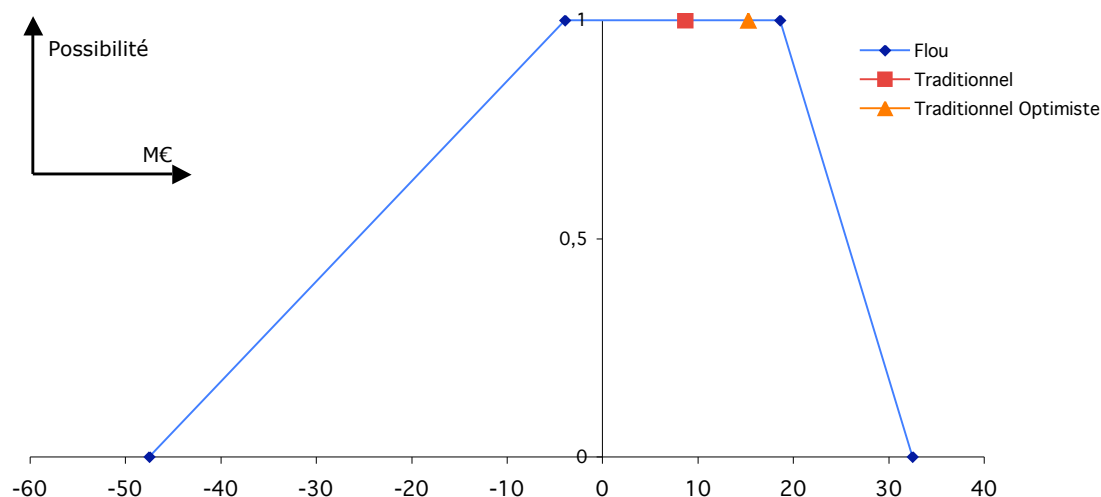
#### 5.2.1.5 Résultats comparés et perspectives d'affinement des résultats donnés par l'ABC Flou

Ainsi, comme l'illustre le graphique ci-dessus, la direction de l'entreprise a en une seule simulation l'intégralité des résultats que donne la combinaison de tous les scénarios possibles si on respecte les intervalles flous des données récoltées au départ. Les deux premières simulations en ABC « parfait » font partie des solutions données par l'ABC flou (voir figure 5.3 page suivante), ce qui est logique, puisqu'elles constituent deux cas particuliers de l'ABC flou.

Reconstituer l'intégralité des résultats donnés par la méthode ABC Floue nécessiterait le calcul de milliers de scénarios par la méthode « parfaite ». En outre, le résultat ainsi obtenu ne ferait pas apparaître le degré de possibilité de chaque résultat, rendant le jugement plus difficile.

Bien sûr, la direction de l'entreprise ne sera peut-être pas à même de décider du lancement ou non de nouvelles activités au vu d'une telle courbe, sauf si son

FIG. 5.3 – Représentation graphique des marges sur coûts spécifiques prévisionnelles de la méthode ABC « parfaite » et de la méthode ABC Floue



aversion au risque est faible (le nombre flou trapézoïdal penche plus en faveur d'une marge sur coûts spécifiques positive que négative). Néanmoins, elle est parfaitement informée de l'intégralité des possibilités de son action, dans la connaissance actuelle de ses hypothèses de départ (*inputs*). La totalité des informations connues par les opérationnels interrogés est transmise à la direction par le biais de ce nombre flou trapézoïdal, alors qu'en ABC « parfait », la direction n'aurait été consciente que d'une seule solution, résultat des différentes influences et arbitrages de chacun des niveaux de la pyramide hiérarchique.

Le nombre flou trapézoïdal obtenu ici peut être affiné grâce à la logique floue par deux principaux moyens :

Dans un premier temps, la connaissance de relations de dépendance entre les variables peut permettre de réduire l'entropie (degré de flou) de l'*output*. Ainsi, dans notre modèle, le traitement par les mathématiques floues privilégie systématiquement l'entropie maximale<sup>6</sup> (maximisation des possibilités, vision la plus large possible). Au niveau des prévisions de ventes, par exemple, notre modèle considère qu'il n'y a pas de relations entre la quantité de moteurs standards vendus et la quantité de moteurs hors série. Si nous respectons à la lettre le pronostic des technico-commerciaux, ceux-ci prévoyaient que les ventes de hors série représenteraient deux fois la diminution des ventes de moteurs standards. La prise en compte de cette hypothèse plus restrictive d'une relation de décroissance entre les

<sup>6</sup>Nous rappelons au lecteur que ce premier modèle était en BFA (Arithmétique Floue Basique).

deux variables permettrait de faire diminuer le nombre de possibilités de résultats, et donc de diminuer l'entropie du résultat final (le fait que l'entropie diminue est logique puisqu'une information de plus aura été apportée au modèle). De même, notre modèle considère que les variables nombre de lots et nombre de commandes sont indépendantes, alors qu'il est probable qu'une relation croissante les lie.

Dans un second temps, la mesure de la sensibilité de l'*output* de notre modèle aux différents *inputs* permet de savoir lequel ou lesquels des *inputs* sont responsables majoritairement de l'entropie du résultat final, et donc d'agir prioritairement sur l'amélioration des hypothèses qui améliorent la certitude du résultat final. Lesage (1999) propose à cet effet un outil de gestion qu'il nomme « L'AireEntropie », que nous avons présenté dans la section 2.1.6 page 108. L'AireEntropie correspond à l'aire du NFT, dont la grandeur détermine le niveau de flou du nombre (plus l'aire du trapèze est grande, plus le nombre est flou). On peut ainsi calculer l'AireEntropie de chaque NFT *input*, puis en faisant varier de 10 % par exemple chacun de ces NFT *input* un à un, observer l'impact produit sur le NFT *output*. On obtient ainsi la sensibilité du NFT *output* à l'entropie de chacun des NFT *input*, et l'on peut alors agir sur la consolidation des hypothèses qui produisent le plus d'incertitude.

## 5.2.2 Cas Constructions pour Location

Le cas Constructions pour Location est le premier d'une série de cas correspondant à des questionnements personnels que nous nous sommes posés parallèlement à nos travaux de recherche. Alors que pour chacun d'entre eux, nous avons généralement débuté par un « calcul coin de table », nous avons fini par établir un modèle en logique floue afin de mieux nous révéler nos préférences, de mieux comprendre le véritable « périmètre » du problème en question ou afin de nous aider à faire nos choix pour une option ou une autre. Ces cas peuvent parfois paraître simplistes ou insolites, mais ils ont le mérite d'illustrer de façon simple et didactique des utilisations possibles de la logique floue pour la modélisation économique de projets. Ils ont permis en outre de mettre nos *artefacts* à l'épreuve de diverses problématiques et de soulever certaines difficultés techniques.

### 5.2.2.1 Énoncé de la problématique

Nous avons hérité avec notre fratrie d'un terrain. Ce terrain disposant d'une surface confortable et en zone constructible, la question s'est posée de savoir s'il fallait le valoriser en y établissant une ou plusieurs constructions. Aucun des trois

protagonistes n'étant suffisamment installé dans la vie pour envisager la construction d'une maison secondaire, une solution économique semblait être de louer la ou les constructions le temps d'amortir son /leurs coût(s) avant de pouvoir en profiter.

### 5.2.2.2 Constitution d'un modèle

Afin de savoir si les revenus de la location pouvaient éventuellement s'équilibrer avec les annuités de l'emprunt que nous aurions à faire pour pouvoir construire ces maisons, nous avons créé un modèle en logique floue pour pouvoir y entrer les *a priori* que nous avions sur un tel projet (figure 5.4 page suivante).

Nous avons choisi d'évaluer la construction de trois maisons, car il s'agit de la solution la plus pragmatique dès lors qu'entrent en jeux trois propriétaires. Le modèle constitué suit la logique suivante :

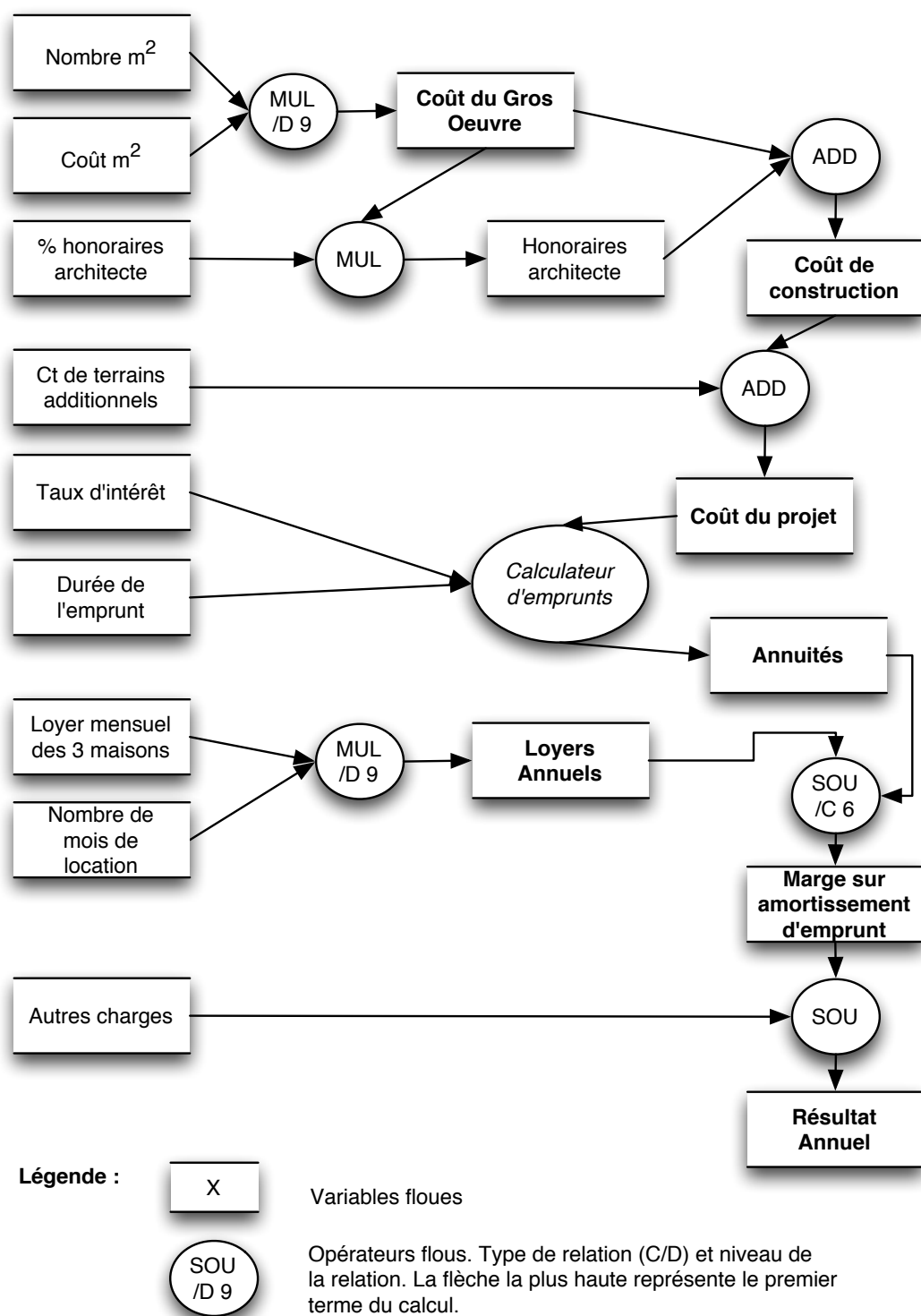
- le nombre de m<sup>2</sup> multiplié par le coût de construction d'un m<sup>2</sup> donne le coût du gros-œuvre. Nous incluons dans cette multiplication une *relation décroissante de niveau moyen* (9/18<sup>7</sup>), car généralement les coûts marginaux des m<sup>2</sup> construits ont tendance à décroître ;
- le coût du gros-œuvre multiplié par le coefficient d'honoraires de l'architecte donne le montant des honoraires d'architecte ;
- les honoraires d'architecte viennent s'ajouter au coût du gros-œuvre et au coût d'achat d'éventuelles parcelles de terrains limitrophes pour donner le coût total du projet ;
- le coût du projet est traité par une formule calculatrice d'emprunt pour en déduire, à l'aide du taux d'intérêt et de la durée prévue de l'emprunt les montants annuels à rembourser ;
- le loyer potentiel des trois maisons est multiplié par le nombre de mois de location dans l'année pour en déduire le montant des loyers annuel. Nous intégrons ici une *relation décroissante moyenne* (9/18) entre loyer mensuel et nombre de mois de location en partant du principe qu'un loyer bon marché aura tendance à fidéliser les locataires et vice-versa ;
- les annuités d'emprunt sont soustraites au loyer pour en déduire une marge sur amortissement d'emprunts. Nous intégrons entre ces deux variables une *relation croissante faible* (6/18) pour tenir compte du fait qu'une construction de qualité aura tendance à coûter plus cher, mais se louera plus cher également, et vice-versa ;

---

<sup>7</sup>Ce modèle ayant été constitué avec le Calculateur Flou V. 1.2, le calcul IFA première version (Lesage, 2001b) était alors basé sur une matrice et comportait par construction 18 niveaux de relation (voir section 2.1.6 page 105). Le niveau 9 correspond donc à un niveau moyen, soit l'équivalent du niveau 3 du Calculateur Flou V4.44, puisque l'échelle de ce dernier ne comporte plus que 6 niveaux.



FIG. 5.4 – Diagramme du modèle développé pour Constructions pour Location



- enfin une série d'autres charges vient se soustraire à cette marge sur amortissement d'emprunt pour en déduire un résultat annuel.

### 5.2.2.3 Utilisation du modèle

Nous avons commencé à renseigner ce modèle avec les connaissances que nous avons *a priori* sur notre projet, c'est-à-dire des données très vagues, car nous n'étions au fait ni du marché de la location, ni de celui de la construction. Le résultat annuel de notre projet lors de notre premier calcul fut donc le suivant<sup>8</sup> :

$$[-541\ 842; -93\ 119; 113\ 151; 537\ 531]^9$$

Ce résultat est assez équilibré autour de la valeur zéro et demande donc que soient approfondies les connaissances des différentes variables composant le modèle afin de progressivement réduire le risque et améliorer la fiabilité des résultats du projet.

Pour mieux appréhender le projet et pouvoir « durcir » ses hypothèses, nous avons commencé par demander conseil à un architecte. Cela nous a permis d'avoir un premier avis éclairé sur les coûts de construction, sur ce qui devait être réalisable sur notre terrain, ainsi qu'une première évaluation concernant le marché de la location.

Nous avons ensuite complété cette étude en interrogeant :

- une agence immobilière spécialisée dans la location et dans les opérations immobilières, ce qui nous a permis de confirmer les coûts de construction et d'appréhender le marché de la location dans la région, ainsi que de prendre connaissance des assurances permettant de garantir la régularité des revenus de la location ;
- une agence immobilière détenant le plus grand parc en location de la région, qui nous a permis de confirmer les intervalles retenus pour les loyers et qui nous a donné les critères déterminants à la location aisée d'un bien ;
- enfin une troisième agence plus spécialisée dans le secteur où se trouve le terrain et également spécialisée en locations saisonnières.

Nous avons également rencontré un banquier pour vérifier son aversion au risque sur un projet de ce genre et connaître les taux d'emprunt sur lesquels nous pouvions tabler avant toute négociation. Cette enquête nous a permis d'affiner nos prévisions

---

<sup>8</sup>Une édition des calculs se trouve en annexe Détail des calculs de Constructions pour Location, valeurs initiales, à la page 488.

<sup>9</sup>Les calculs ont été effectués en Francs.

et notre modèle mis à jour nous a alors donné comme résultat annuel prévisionnel le NFT suivant <sup>10</sup> :

$$[-338\,344; -53\,219; 102\,925; 250\,999]^{11}$$

La prise en compte de ces nouvelles connaissances a permis de réduire l'entropie du résultat final de 42 %. Nous voyons qu'à présent le noyau du NFT se trouve plus du côté positif que négatif, cependant nous n'excluons complètement les pertes annuelles qu'au-delà de 340 000 F, ce qui reste une somme et un risque considérables.

Le modèle a donc permis de déterminer rationnellement et en peu de temps (5 appels téléphoniques) qu'il était pleinement possible de monter un projet qui puisse s'autofinancer. L'affinement du modèle demande à présent que soit étudiée la réelle possibilité technique et esthétique de construire 3 maisons d'une centaine de m<sup>2</sup> sur ce terrain avant de pouvoir, en fonction des choix de construction retenus, affiner encore les variables le composant et dans une dialogique, utiliser le modèle pour s'assurer que les solutions retenues permettent de ne pas dépasser un niveau de pertes possibles qui reste raisonnable.

À l'heure actuelle, chercher à réduire l'entropie de notre modèle sans passer par cette phase d'étude de faisabilité reviendrait à « tricher » et à nous élaborer des représentations biaisées par rapport à ce que nous savons réellement de ce projet.

### 5.2.3 Cas Achat Voiture

Ce cas est également né d'une problématique personnelle. Nous souhaitions en effet acheter une voiture d'occasion en Allemagne. Étant donné que notre budget était limité, et que dans une telle opération, les coûts de « logistique » peuvent rapidement représenter une part importante du coût total, il était nécessaire de veiller aux différents coûts susceptibles de grever notre budget. Nous avons commencé par un calcul sur tableur, puis, face à la difficulté à cerner l'ensemble des situations possibles, nous avons rapidement modifié le modèle utilisé dans Constructions pour Location pour l'adapter à cette problématique-ci.

---

<sup>10</sup>Le détail des calculs se trouve en annexe Détail des calculs de Constructions pour Location, valeurs mises à jour suite à enquête, à la page 490.

<sup>11</sup>Les calculs ont été effectués en Francs.

### 5.2.3.1 Énoncé de la problématique

Nous souhaitions acheter en Allemagne un véhicule peu répandu de ce côté-ci de la frontière et qui de plus a une cote de deux à trois fois inférieure en Allemagne (en outre le marché français pour ce modèle étant très peu actif, il était difficile de trouver exactement ce que nous cherchions en nous limitant à nos frontières). Nous suivions donc les offres allemandes via Internet. Dès qu'un véhicule correspondant à nos critères apparaissait, il fallait être capable de prendre une décision rapidement, car nous souffrions bien évidemment par rapport aux acheteurs locaux à la fois de la distance à parcourir pour remporter la transaction et de notre statut d'étranger.

Nous avons considéré ce projet d'achat de véhicule selon deux modalités, la première étant le capital à déboursier au moment de l'achat et la seconde étant le coût additionnel de ce nouveau véhicule dans notre budget voitures.

## Coût à l'achat

Le coût à l'achat se compose :

- du prix d'achat du véhicule ;
- du coût du rapatriement ;
- du coût des éventuelles réparations et remises à niveau s'agissant d'un véhicule d'occasion ;
- du coût des papiers d'homologation en France et de la carte grise.

Le coût à l'achat permet de réaliser si nous avons la trésorerie nécessaire à l'amorçage du projet. Nous considérons que pour ce premier volet nous allons mobiliser une partie de nos économies qu'il faudra donc reconstituer. Nous mensualisons donc la reconstitution de cette épargne en calculant la mensualité correspondant à l'amortissement du coût à l'achat sur quatre ans à un taux de 3 %.

## Coût additionnel à l'utilisation

Viennent ensuite s'ajouter à cet amortissement du coût à l'achat, des charges de fonctionnement correspondant à l'assurance et au surcoût en carburant de cette nouvelle voiture par rapport à notre voiture courante (la nouvelle voiture consomme en effet plus et d'un carburant plus cher). Nous ne calculons en revanche pas de coûts d'entretien, car nous considérons qu'ils sont proportionnels aux kilométrages parcourus, et les kilomètres étant parcourus par la nouvelle voiture viendront en déduction des kilomètres normalement parcourus par notre voiture courante. Étant donné que nous n'avons pas de raisons de penser que la nouvelle

voiture ait tendance à coûter plus ou moins cher que la voiture courante en entretien, le coût d'entretien de la nouvelle voiture est donc considéré comme se substituant au coût d'entretien de notre voiture courante.

La somme de l'amortissement du coût à l'achat et des coûts additionnels à l'utilisation donne un montant à comparer avec notre budget mensuel pour évaluer si ce projet est raisonnable ou non.

### 5.2.3.2 Établissement d'un modèle en logique floue

#### Un modèle pour valider la viabilité du projet

Au début de nos prospections, nous avons donc établi un premier modèle, dans lequel nous avons pu entrer les prix généralement demandés pour le véhicule que nous cherchions (voir figure 5.5 page suivante<sup>12</sup>).

#### Choix d'une solution de rapatriement

Le modèle présenté figure 5.5 prévoit de ramener le véhicule acheté par la route. Cependant, lors de l'établissement de ce modèle, nous nous trouvons en fait confronté à deux solutions concurrentes pour le rapatriement du véhicule acheté. Le rapatriement peut en effet s'opérer :

- soit en louant un camion plateau et en allant chercher la voiture achetée avec ;
- soit en ramenant la voiture achetée par la route, en allant la chercher à deux conducteurs à l'aide d'une autre voiture. Ce cas-ci nécessite l'établissement de plaques provisoires allemandes pour pouvoir circuler avec le véhicule acheté.

Au niveau des frais de péage, ils sont assez variables selon que le lieu à rallier en Allemagne se trouve vers le Nord ou l'Est. En effet, s'il faut aller vers l'Est, toute la France est à traverser, d'où des frais autoroutiers importants. Si la destination est vers le Nord, seule une faible partie du réseau autoroutier français est payant, laissant ensuite place à des autoroutes belges et allemandes gratuites.

Pour les kilomètres à parcourir, une simulation sur *viamichelin.fr* permet de constater qu'un aller vers l'Allemagne correspond au NFT suivant :

$$[566, 566, 1220, 1220]^{13}$$

<sup>12</sup>Pour les besoins de l'exposé, nous avons refait ce modèle avec la version 4.44 de nos macros. Le lecteur trouvera ce modèle réécrit sous le nom dans le répertoire « Modeles ».

<sup>13</sup>Ce NFT correspond à la distance la plus courte et à la distance la plus longue entre Caen et le territoire Allemand, en passant par des voies principales.

FIG. 5.5 – Premier calcul du coût différentiel de l'achat d'une nouvelle voiture

	Prévision			
	<b>L0</b>	<b>L1</b>	<b>U1</b>	<b>U0</b>
<i>Prix voiture</i>	<i>2900</i>	<i>3800</i>	<i>5000</i>	<i>7000</i>
Conso Nelle voiture	11	12	15	18
Prix SP98	0,9	0,96	1	1,1
<i>Coût au km</i>	<i>0,099</i>	<i>0,115</i>	<i>0,150</i>	<i>0,198</i>
Ct au km de voiture courante	0,05	0,059	0,063	0,08
Nb km aller	566	566	1220	1220
<i>Essence Nelle voiture</i>	<i>56</i>	<i>65</i>	<i>183</i>	<i>242</i>
<i>Essence voiture courante</i>	<i>57</i>	<i>67</i>	<i>154</i>	<i>195</i>
Péage	38,1	38,1	116,4	155,2
Plaques provisoires	170	170	170	170
Autres				
<i>Coût rapatriement</i>	<i>321</i>	<i>340</i>	<i>623</i>	<i>762</i>
<i>Coût des réparations</i>				
Coût du cheval fiscal	14,87	14,87	14,87	14,87
Nb de CV du véhicule	10	10	13	13
Ct Contrôle Technique				
Ct certificat constructeur	0	111,29	111,29	111,29
Plaques minéralogiques				
<i>Coût immatriculation</i>	<i>149</i>	<i>260</i>	<i>305</i>	<i>305</i>
<b>Coût de démar. du projet</b>	<b>3369</b>	<b>4400</b>	<b>5928</b>	<b>8066</b>
Rémun. du Capital (%)	3	3	3	3
Durée d'amortissement	4	4	4	4
Amortissement	906	1184	1595	2170
Soit par mois	76	99	133	181
Assurance Annuelle	132	244	576	576
Soit par mois	11	20	48	48
Conso Nelle voiture réglée	10	11	12	15
<i>Coût au km</i>	<i>0,090</i>	<i>0,106</i>	<i>0,120</i>	<i>0,165</i>
<i>Surcoût au km/ courante</i>	<i>0,025</i>	<i>0,045</i>	<i>0,059</i>	<i>0,100</i>
Nb de km annuels	3 000	5 000	10 000	12 000
<i>Différentiel de carburant</i>	<i>75</i>	<i>223</i>	<i>590</i>	<i>1200</i>
<i>Soit par mois</i>	<i>6</i>	<i>19</i>	<i>49</i>	<i>100</i>
<b>Charge mensuelle moyenne représentée par le projet:</b>	<b>93</b>	<b>138</b>	<b>230</b>	<b>329</b>

Une enquête téléphonique nous a permis de constater qu'il y avait peu de camions plateau à louer dans notre région. L'un des loueurs proposait un plateau à 399 €, mais se servant également souvent de son camion, il était difficile à obtenir. Deux autres loueurs en proposaient à 415 et 430 € et enfin un dernier demandait 650 € pour la location de son camion. Nous avons donc retenu le NFT suivant pour représenter le coût de la location du plateau :

$$[399, 415, 430, 650]$$

Pour choisir entre « solution route » et « solution plateau », il faut donc comparer le coût d'un aller-retour avec un camion plateau de location, le carburant qu'il va consommer ainsi que les frais de péage (plus élevés pour les camions) avec le coût d'un aller-retour avec notre voiture habituelle plus un retour avec la nouvelle voiture. Nous avons fait un calcul à l'aide de la logique floue pour déterminer la solution à privilégier. Nous avons renseigné chaque variable sur la base de nos connaissances du moment, et cela nous a donné le calcul de la figure 5.6 page ci-contre. Comme illustré par la figure 5.6, la soustraction finale entre « solution plateau » et « solution route » nous a donc donné le résultat suivant :

	$L_0$	$L_1$	$U_1$	$U_0$
<b>Coût plateau</b>	554	587	981	1334
<b>- Coût route</b>	321	340	623	762
<b>Resultat BFA</b>	-208	-36	641	1013

Nous voyons dès ce premier calcul que la solution « plateau » a largement plus de risques d'être plus coûteuse que la solution « route ». Nous pouvons cependant affiner notre calcul facilement. En effet, dans les coûts de ces deux solutions, le coût total dépend principalement du coût des péages, du carburant, du kilométrage effectué et de la consommation des véhicules :

- le coût des péages et du carburant variera dans les mêmes proportions à partir du moment où l'itinéraire aura été choisi ;
- la consommation des véhicules, si elle est bien connue pour le véhicule devant faire l'aller-retour dans le cas de la solution « route », est en revanche relativement inconnue pour le véhicule acheté (nous nous sommes basé sur des données constructeur et des témoignages utilisateurs) et franchement estimée pour le camion plateau (11-15 litres aux 100 km *a priori*). On peut

FIG. 5.6 – Calcul du coût différentiel entre solution de rapatriement par la route ou par camion plateau

	<b>L0</b>	<b>L1</b>	<b>U1</b>	<b>U0</b>
Conso Plateau	10	11	15	17
Coût Gazoil	0,7	0,77	0,87	0,9
Coût Carburant/km	0,07	0,08	0,13	0,15
km AR	1132	1132	2440	2440
Coût AR Carburant	79	96	318	373
Coût péage	76,2	76,2	232,8	310,4
Location Plateau	399	415	430	650
<b>Coût solution Plateau</b>	<b>554</b>	<b>587</b>	<b>981</b>	<b>1334</b>
Ct au km nelle voiture	0,099	0,115	0,150	0,198
km Retour	566	566	1220	1220
Coût Carb. Nelle voiture	56	65	183	242
Plaques provisoires	170	170	170	170
Coût péage	12,7	12,7	38,8	51,7
Coût retour nelle voiture	239	248	392	463
Ct au km voiture courante	0,050	0,059	0,063	0,080
km AR	1132	1132	2440	2440
Coût AR Carburant	57	67	154	195
Coût péage	25,4	25,4	77,6	103,5
Coût AR voiture courante	82	92	231	299
<b>Coût solution route</b>	<b>321</b>	<b>340</b>	<b>623</b>	<b>762</b>
Ct plateau	554	587	981	1334
Ct route	321	340	623	762
<b>Coût différentiel</b>	<b>-208</b>	<b>-36</b>	<b>641</b>	<b>1013</b>

cependant estimer que la physionomie du parcours aura tendance à faire évoluer ces deux niveaux de consommation dans le même sens, mais sans doute de façon moins « linéaire » que les coûts de péage et carburants ;

- enfin, le coût de la location du plateau n'est quant à lui corrélé à aucun autre coût, cependant le noyau que nous avons retenu pour celui-ci est assez restreint (415, 430).

Nous pouvons par conséquent estimer qu'il existe une relation croissante moyenne<sup>14</sup> entre le coût d'un rapatriement par plateau et le coût d'un rapatriement par la route. Nous obtenons alors le résultat suivant :

<sup>14</sup>Nous choisissons alors un niveau de relation de 3 sur une échelle de 6, revoir Utilisation de la formule IFA à la page 200



	$L_0$	$L_1$	$U_1$	$U_0$
<b>Coût plateau</b>	554	587	981	1334
<b>- Coût route</b>	321	340	623	762
<b>Resultat IFA croissant niv. 3</b>	13	105	500	792

Le résultat du calcul est ainsi moins flou, et ne se trouve plus à cheval sur la valeur zéro. Même sans posséder de chiffres précis, nous voyons que la solution « plateau » est plus coûteuse que la solution « route ». La première coûtera très vraisemblablement entre 105 et 500 € de plus que la seconde, et de toute façon au moins 13 € et peut-être jusqu'à 792 € de plus.

Nous voyons donc là en quelques calculs que la solution route est à privilégier. Elle a cependant ses contraintes propres qu'il faut garder à l'esprit : le vendeur doit accepter d'aller établir l'immatriculation provisoire pour notre compte, sans quoi nous serions obligé de prévoir un séjour plus long en Allemagne, ce qui remettrait en cause la conclusion de ce calcul. En outre, elle sous-entend que le véhicule acheté est capable de parcourir un long trajet !

Nous avons donc conservé dans la modélisation de notre projet la solution « route ».

### ***Modélisation alternative comprenant l'intégralité de l'aléa « rapatriement »***

Une autre façon de modéliser le coût du projet aurait été de considérer qu'étant donné que nous ne savions pas si le vendeur accepterait de s'occuper de l'immatriculation provisoire pour notre compte, il aurait fallu considérer que le coût du rapatriement est le coût le plus flou entre la « solution route » et la « solution plateau ». Cela reviendrait à choisir les valeurs les plus larges entre les 4 coordonnées des deux NFT représentant les deux solutions :

	$L_0$	$L_1$	$U_1$	$U_0$
<b>Coût plateau</b>	554	587	981	1334
<b>- Coût route</b>	321	340	623	762
<b>NFT retenu pour représenter le coût du rapatriement</b>	321	340	981	1334

Le modèle aurait alors donné les valeurs de la figure 5.7 page suivante.

FIG. 5.7 – Premier calcul du coût différentiel de l'achat d'une nouvelle voiture - Entropie maximale sur les coûts de rapatriement

	Prévision			
	<i>L0</i>	<i>L1</i>	<i>U1</i>	<i>U0</i>
Prix voiture	2900	3800	5000	7000
Coût des réparations				
Coût rapatriement	321	340	981	1334
Coût de l'immatriculation	149	260	305	305
<b>Coût de démar. du projet</b>	<b>3369</b>	<b>4400</b>	<b>6286</b>	<b>8638</b>
Rémun. du Capital (%)	3	3	3	3
Durée d'amortissement	4	4	4	4
Amortissement	906	1184	1691	2324
Soit par mois	76	99	141	194
Assurance Annuelle	132	244	576	576
Soit par mois	11	20	48	48
Différentiel de carburant	75	223	590	1200
Soit par mois	6	19	49	100
<b>Charge mensuelle moyenne représentée par le projet:</b>	<b>93</b>	<b>138</b>	<b>238</b>	<b>342</b>

### *La concrétisation du projet*

Notre observation du marché a duré 6 mois, durant lesquels nous avons approfondi nos connaissances sur le véhicule recherché et son marché. Lorsque nous avons trouvé la voiture correspondant à nos attentes, nous avons pu mettre à jour notre modèle (voir figure 5.8 page 241<sup>15</sup>). Les variables ayant changé par rapport au modèle initial sont les suivantes :

- la consommation de la nouvelle voiture, sur le trajet du rapatriement<sup>16</sup>, a été revue à la hausse, car le vendeur nous a dit que le moteur nécessitait un réglage. En revanche, nous avons revu à la baisse la consommation prévue dans le coût additionnel à l'utilisation<sup>17</sup>, suite aux témoignages additionnels de propriétaires de la même motorisation ;
- le prix du sans-plomb 98 a été revu à la hausse (évolution haussière sur les six mois de recherche) ;

<sup>15</sup>Le lecteur trouvera ce modèle réécrit lui aussi en V4.44 sous le nom dans le répertoire « Modeles ».

<sup>16</sup>Sur la troisième ligne de la figure 5.8.

<sup>17</sup>Vers le bas du tableau de la figure 5.8, dans le calcul « Différentiel de carburant ».

- le nombre de kilomètres aller a été précisé, puisque nous savions à présent où nous devons aller exactement. Il reste néanmoins flou parce qu'il comprend différentes options pour se rendre au lieu de destination, ainsi que le fait que nous devons peut-être passer par Paris pour aller y chercher notre « covoitureur » ;
- les frais de péage ont évolué pour les mêmes raisons que le nombre de kilomètres ;
- enfin, nous avons ajouté le coût du contrôle technique initial, à notre charge dans le cas d'un import, et que nous avons oublié dans notre premier calcul.

La mise à jour des variables dans le calcul « route ou plateau » confirme que la solution route est bien toujours préférable. En effet, le calcul différentiel entre rapatriement par la route ou par camion plateau donne alors :

	$L_0$	$L_1$	$U_1$	$U_0$
<b>Coût plateau</b>	575	619	802	1162
<b>- Coût route</b>	371	405	547	766
<b>Resultat IFA croissant niv. 3</b>	6	143	326	593

### ***Au sujet du choix du mode de rapatriement à privilégier***

Notre décision initiale, bien que prise en situation d'incertitude plus élevée, est cependant toujours valable. La conclusion de la décision aurait pu être remise en cause dans le cas particulier où il y aurait eu « cisaillement » dans l'amélioration de l'entropie des coûts du plateau et du coût de la route, c'est-à-dire dans le cas particulier où :

- l'entropie du coût du rapatriement par plateau se serait exclusivement réduite par les valeurs supérieures du NFT ;
- l'entropie du coût du rapatriement par la route se serait exclusivement réduite par les valeurs inférieures du NFT.

Un tel cas de figure a peu de chances de se produire, car ces deux variables dépendent elles-mêmes d'une série de variables qui devraient elles aussi subir cet effet de « cisaillement »<sup>18</sup>.

### **5.2.3.3 Comparaison de la prévision avec le réalisé**

Le projet évalué dans ce cas ayant été réalisé, nous sommes en mesure de présenter le bilan de l'opération : la figure 5.8 contient dans la colonne « réalisé » les

<sup>18</sup>Nous reviendrons sur ces risques de cisaillement dans la section 6.2.2.3 page 295.

FIG. 5.8 – Calcul du coût différentiel de l'achat d'une nouvelle voiture - calcul mis à jour à la date d'achat

	Prévision				Réalisé
	L0	L1	U1	U0	
Prix voiture	3600	3600	3600	3600	3100
Coût des réparations					509
Conso Nelle voiture	10	11	16	20	env. 13
Prix SP98	0,9	0,96	1,1	1,3	1,01
Coût au km	0,090	0,106	0,176	0,260	
Ct au km de voiture courante	0,05	0,059	0,063	0,08	0,058
Nb km aller	818	844	922	1113	1008
Carburant Nelle voiture	74	89	162	289	135
Carburant voiture courante	82	100	116	178	114
Péage	30,6	30,6	65,6	85,8	70,37
Plaques provisoires	170	170	170	170	170
Autres					
Coût rapatriement	356	389	514	723	489
Coût du cheval fiscal	14,87	14,87	14,87	14,87	14,83
Nb de CV du véhicule	10	10	13	13	12
Ct Contrôle Technique	44	44	50	50	55
Ct certificat constructeur	0	111,29	111,29	111,29	76,97
Plaques minéralogiques					28
Coût de l'immatriculation	193	304	355	355	338
<b>Coût de démar. du projet</b>	<b>4149</b>	<b>4293</b>	<b>4469</b>	<b>4678</b>	<b>4436</b>
Rémun. du Capital (%)	3	3	3	3	
Durée d'amortissement	4	4	4	4	
Amortissement	1116	1155	1202	1258	
Soit par mois	93	96	100	105	107
Assurance Annuelle	132	244	576	576	252
Soit par mois	11	20	48	48	21
Conso Nelle voiture réglée	10	11	12	15	11,3
Coût au km	0,090	0,106	0,132	0,195	0,123
Surcoût au km/ courante	0,025	0,045	0,071	0,130	0,054
Nb de km annuels	3 000	5 000	10 000	12 000	10 133
Différentiel de carburant	75	223	710	1560	547
Soit par mois	6	19	59	130	46
<b>Charge mensuelle moyenne représentée par le projet:</b>	<b>110</b>	<b>135</b>	<b>207</b>	<b>283</b>	<b>166</b>

chiffres correspondant au coût d'achat réel de la voiture. Pour le coût additionnel à l'utilisation, nous avons reporté les chiffres constatés sur deux années d'utilisation.

Le lecteur pourra remarquer que le réalisé est bien en ligne avec la prévision, même si quelques variables ne sont pas toujours en ligne (Prix de la voiture, réparation, Péage, Contrôle Technique, Coût certificat constructeur, plaques minéralogiques). Cela provient en fait plus d'oublis ou de choix de solutions différentes que d'erreurs dans les variables de la prévision. Ainsi :

- nous avons payé la voiture moins cher que ce que nous nous étions engagé auprès du vendeur après avoir constaté certains problèmes que le vendeur ne nous avait pas mentionné expressément ;
- de ce fait nous avons eu des coûts de réparation non budgétés, mais qui correspondent assez fidèlement à la réduction de prix obtenue pour effectuer la mise à niveau ;
- le réalisé du péage contient le paiement du billet SNCF retour pour notre covoitureur (35 €). Ainsi, le vrai coût du péage (35 €) est bien en ligne avec la prévision ;
- le dépassement du budget Contrôle Technique vient du fait que nous avons finalement choisi un forfait incluant une contre-visite. Il ne s'agit donc pas exactement de la même chose que ce qui est budgété ;
- pour le certificat constructeur, nous avons en fait trouvé une alternative deux fois moins chère en demandant le certificat de conformité à la DRIRE<sup>19</sup> au lieu de la demander au constructeur ;
- et enfin, nous avons oublié le coût des plaques minéralogiques.

Il est cependant intéressant de constater que ces quelques écarts n'entachent pas le résultat final et que globalement notre prévision représentait assez bien le coût de notre projet.

## 5.2.4 Cas Conversion GPL

### 5.2.4.1 Énoncé de la problématique

Le cas Conversion GPL est la suite logique du cas Achat Voiture. En effet, la voiture recherchée étant gourmande en sans-plomb 98, un moyen efficace de la rendre moins coûteuse et plus écologique serait de lui adapter un système de carburation au GPL<sup>20</sup>.

---

<sup>19</sup>Direction Régionale de l'Industrie, de la Recherche et de l'Environnement.

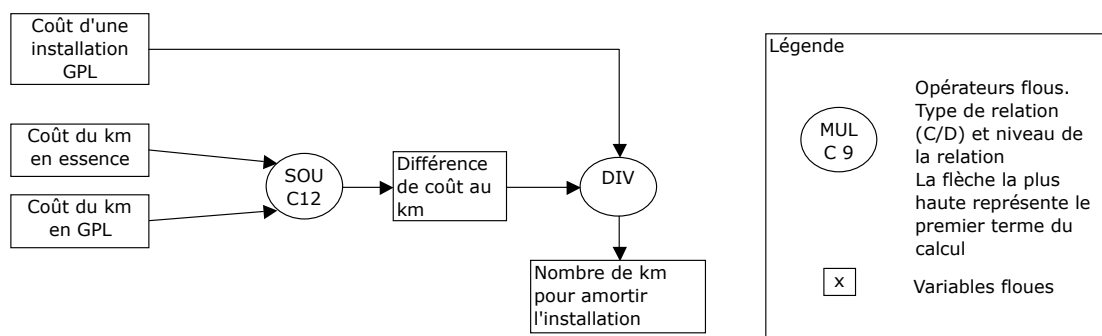
<sup>20</sup>Gaz de Pétrole Liquéfié.

### 5.2.4.2 Première solution

Nous voulions calculer au bout de combien de kilomètres le passage du véhicule au GPL serait amorti. Nous pouvons calculer un coût de l'essence au km et un coût du GPL au km, sur la base de la consommation du véhicule et des prix de ces deux carburants. Nous calculons ensuite (voir figure 5.9) la différence de coût au km entre l'essence et le GPL, sachant que l'on peut considérer qu'il y a entre ces deux variables une relation de croissance moyenne<sup>21</sup>, car généralement lorsque le pétrole augmente, l'essence et le GPL augmentent aussi tous les deux, sauf en cas de changement de politique fiscale radical. En divisant ensuite le prix d'une installation GPL par cette différence de coût du carburant au km, nous obtenons le nombre de km à parcourir pour amortir l'installation (voir le détail du calcul en figure 5.10 page suivante<sup>22</sup>). Cela nous donne le NFT suivant :

$$\text{Nb de km à parcourir}_1 = [-200\,000; 10\,519; 101\,137; 101\,137]^{23}$$

FIG. 5.9 – Diagramme du calcul du nombre de km à effectuer pour amortir une installation GPL



Il est donc très possible que nous arrivions à amortir l'installation entre 10 000 et 100 000 km mais, selon le coût de l'installation et l'évolution des prix des carburants, il n'est pas exclu que notre investissement ne soit jamais rentable (c'est ce

<sup>21</sup>Nous choisissons donc un niveau de relation de 3 sur une échelle de 6.

<sup>22</sup>Pour les besoins de l'exposé, nous avons refait ce modèle avec la version 4.44 de nos macros. Le lecteur trouvera ce modèle réécrit sous le nom dans le répertoire « Modeles ». L'onglet « Calcul 1 » contient le calcul exposé ici, le calcul alternatif expliqué ci-après se trouvant dans l'onglet « Calcul 2 ».

<sup>23</sup>Remarquons que le même calcul effectué sans prise en compte des relations (BFA) nous donne comme résultat :

$$\text{Nb de km à parcourir}_1 \text{ BFA} = [-30\,303; 8\,029; 683\,594; 683\,594]$$

Il est difficile de prendre une décision avec un résultat aussi flou !

FIG. 5.10 – Calcul du nombre de km à effectuer pour amortir une installation GPL

	<b>L0</b>	<b>L1</b>	<b>U1</b>	<b>U0</b>
<i>Prix installation GPL</i>	<b>1000</b>	<b>1000</b>	<b>3500</b>	<b>4000</b>
<i>Coût des réparations</i>				
Conso Nelle voiture	<b>8</b>	<b>10,5</b>	<b>16</b>	<b>20</b>
Prix SP98	<b>0,9</b>	<b>0,96</b>	<b>1,1</b>	<b>1,3</b>
<i>Coût au km SP 98</i>	<b>0,072</b>	<b>0,101</b>	<b>0,176</b>	<b>0,260</b>
Coeff surconso GPL	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1,15</b>	<b>1,7</b>
Conso Nelle voiture si GPL	<b>8</b>	<b>11</b>	<b>18</b>	<b>34</b>
Prix GPL	<b>0,45</b>	<b>0,49</b>	<b>0,52</b>	<b>0,6</b>
<i>Coût au km GPL</i>	<b>0,036</b>	<b>0,051</b>	<b>0,096</b>	<b>0,204</b>
<i>Différence de coût au km</i>	<b>-0,020</b>	<b>0,035</b>	<b>0,095</b>	<b>0,112</b>
<i>(Niveau de relation)</i>	<b>4</b>			
<b>Délai d'amortissement (en km)</b>	<b>-200 000</b>	<b>10 519</b>	<b>101 137</b>	<b>101 137</b>

que nous signifie la coordonnée  $L_0$  du NFT : -200 000 km). Nous excluons, de plus, dans nos calculs les phénomènes d'actualisation du coût de l'argent, qui rendent la limite haute de 100 000 km sans doute plus lointaine. En effet, une fois l'investissement effectué, l'argent est immobilisé immédiatement et définitivement dans ce projet, contrairement au cas de l'achat d'essence qui permet de payer au fur et à mesure des besoins et permet de changer de solution (changer de voiture) plus facilement.

### 5.2.4.3 Deuxième solution

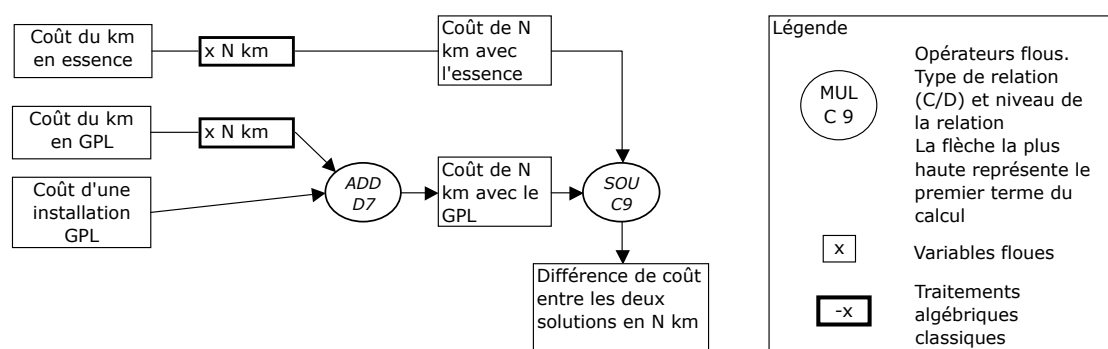
Nous pouvons aborder le problème autrement et calculer, pour un kilométrage donné ( $N$ ), le coût ou le gain obtenu en installant le GPL (voir figure 5.11 page ci-contre). Nous calculons alors le coût de  $N$  km en carburant GPL, que nous additionnons au coût d'une installation GPL, en prenant en compte dans cette addition une relation décroissante faible (2/6) car les installations GPL les plus chères sont généralement les plus performantes et conduisent aux consommations les plus faibles<sup>24</sup>. Nous soustrayons ensuite ce coût global du GPL sur  $N$  km au coût de  $N$  km au sans-plomb 98, et ceci avec une relation croissante moyenne (3/6) puisque nous estimons que prix du GPL et prix de l'essence sont relativement corrélés. Nous obtenons donc une différence de coût sur  $N$  km. En annulant une à

<sup>24</sup>Il ne s'agit pas d'un *préjugé*, mais bien d'une réalité technique : les installations les plus chères fonctionnent à l'aide d'un calculateur et d'une injection, alors que les moins chères sont basées sur le principe de l'aspiration du gaz par le moteur, technique plus ancienne et moins économe en carburant.

une chacune des coordonnées du NFT ainsi obtenu<sup>25</sup>, nous pouvons reconstituer le NFT « nombre de km à parcourir pour amortir l'installation » (voir le détail du calcul en figure 5.12 page suivante<sup>26</sup>) :

$$\text{Nb de km à parcourir}_2 = [ 10\,019; 13\,849; 82\,614; \text{Pas de solution} ]^{27}$$

FIG. 5.11 – Diagramme du calcul de la différence de coût entre essence et GPL au bout de  $N$  km parcourus



La quatrième coordonnée est introuvable, *confirmant qu'il est faiblement possible que la transformation du véhicule ne soit jamais rentable*. Nous remarquons qu'à présent notre calcul nous indique qu'il est très vraisemblable que nous amortissions notre installation sur un nombre de km compris entre 14 000 et 82 000.

<sup>25</sup>Excel propose un outil automatisant la recherche d'une solution par itérations. Cet outil se trouve dans le menu >outils >valeur cible.

<sup>26</sup>Nous voyons dans ce calcul que pour un nombre de kilomètres parcourus égal à 10 019, la coordonnée  $U_0$  s'annule. Il faut procéder ainsi pour rechercher chacune des 4 coordonnées du NFT afin d'obtenir le résultat de ce second calcul.

<sup>27</sup>Ce second modèle donne comme résultat si on l'effectue hors relations (BFA), le résultat suivant :

$$\text{Nb de km à parcourir}_2 \text{ BFA} = [ 4\,464; 8\,029; 683\,593; \text{Pas de solution} ]$$

Nous voyons que le noyau de ce résultat est le même que pour le premier calcul (pied de page 23 page 243), ce qui est normal, puisque ces deux façons de calculer, si on les considère hors relations, contiennent la même information. Le support du NFT résultat est différent de celui du premier calcul pour des raisons techniques : la coordonnée  $U_0$  n'a pas de solution du fait de la technique de calcul (recherche d'une valeur cible à zéro), la coordonnée  $L_0$  (4 464) diffère de la coordonnée  $L_0$  de la note de pied de page 23 (683 594) parce que le système de recalage du support sur le noyau de notre macro IFA (« Fonctionnement de la macro « calculateur flou interactif » (IFA) » à la page 191) l'a recalé sur une valeur correspondant à une extrémité du noyau.



FIG. 5.12 – Calcul de la différence de coût entre essence et GPL au bout de  $N$  km parcourus

	<b>L0</b>	<b>L1</b>	<b>U1</b>	<b>U0</b>
Nombre de kilomètres	10 019			
Coût au km SP 98	0,072	0,101	0,176	0,260
Coût en SP 98 sur n km	721	1010	1763	2605
Coût au km GPL	0,036	0,051	0,096	0,204
Coût en GPL sur n km	361	515	959	2044
Prix installation GPL	1000	1000	3500	4000
Coût total n km en GPL	1663	1663	4311	5483
(Niveau de relation)	2			
<b>Différence de coût entre les deux solutions sur n km</b>	<b>-3 820</b>	<b>-2 924</b>	<b>-277</b>	<b>0</b>
(Niveau de relation)	3			

#### 5.2.4.4 Conclusion

Nous avons considérablement réduit l'intervalle du noyau par rapport à notre premier calcul, parce que *nous avons pu prendre en compte le fait qu'une installation chère consommait moins*. La prise en compte d'une information supplémentaire nous a donc *permis de gagner en finesse*. Cependant, il faut remarquer que nous avons dû amoindrir le niveau de la relation de croissance entre coût du GPL et coût de l'essence que nous avons utilisée dans notre second calcul, car le coût du GPL, dans ce second calcul, contient aussi le coût de l'installation GPL elle-même. Nous avons donc diminué cette relation de croissance située à un niveau 4 (forte) dans notre premier calcul à un niveau 3 (moyenne) à présent.

#### 5.2.5 Cas « Itinéraire »

Le cas « Itinéraire » est lui aussi né d'une problématique personnelle. Nous devons traverser la France de la Bretagne à la région Rhône-Alpes. Nous avons commencé par interroger des logiciels calculant des itinéraires routiers tels que *Route66*, *Autoroute Express* ou *viamichelin.fr*.

### 5.2.5.1 Énoncé de la problématique

La première constatation est que *pour un parcours identique, les différents outils ne donnent pas le même kilométrage* (en respectant bien le même itinéraire). Ceci illustre bien le fait que *même en situation non incertaine, l'information parfaite n'est pas toujours disponible*.

La seconde constatation est que tous les outils conseillent de passer par la région parisienne. Cela s'explique pour Route 66 par exemple parce que l'option de calcul choisie étant « trajet le plus rapide », il indiquera celui mettant le moins de temps, même si la différence n'est que de quelques minutes. En revanche, *viamichelin.fr* proposant outre les choix classiques d'itinéraires (plus rapide, plus court, moins cher, favorisant les autoroutes) un type intitulé « Conseillé par Michelin », nous nous attendions à une proposition plus originale. Ce type de logiciel propose donc dans les faits soit un type d'itinéraire « le plus court », pour lequel le kilométrage est optimisé, soit un type d'itinéraire « le plus rapide », pour lequel la durée sera optimisée. L'option « le moins cher » revient souvent au plus court, puisque le plus court représente la moindre consommation (sauf si le plus court était un trajet autoroutier, mais ce cas de figure est rare). De même, l'option « favorisant les autoroutes » est bien souvent le même que le plus rapide. Ces outils ne prévoient donc pas la possibilité de présenter des itinéraires un peu nouveaux<sup>28</sup>.

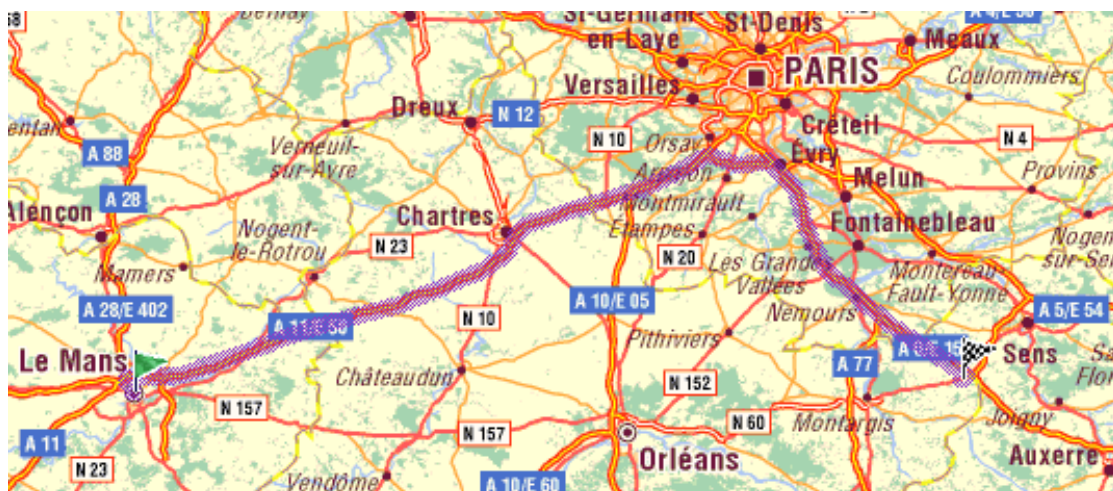
Si l'on regarde une carte routière (figure 5.13 page suivante), on s'aperçoit aussitôt que passer par la région parisienne représente un détour, et qu'il existe par exemple une nationale, qui a l'air relativement droite, et qui coupe du Mans à Courtenay en passant par Orléans. Sachant que nous avons à aller de la Bretagne à la région Rhône-Alpes, que le trajet allait donc être long, et ceci en période de migration estivale, nous cherchions à peser le pour et le contre des deux itinéraires, à savoir, passer par Paris ou couper par Orléans.

Nous avons donc essayé de trouver le moyen le plus rationnel pour choisir entre les deux. Une rapide comparaison des kilométrages donnés par *Route66*, par *viamichelin.fr* et par notre carte routière *Blay-Foldex* nous permet d'établir le tableau suivant :

	Route 66	viamichelin.fr	Carte routière
<b>Le plus rapide</b>	278	285	265
<b>Le plus court</b>	243	233	239

<sup>28</sup>Remarque : de ce genre de résultat nous pouvons déduire que les logiciels cités ici n'utilisent pas la logique floue pour effectuer leur classement. Ils devraient sinon donner un résultat plus nuancé, montrant les solutions ne mettant pas beaucoup plus de temps, comme par exemple l'outil en démonstration sur [www.irit.fr/PRETI/](http://www.irit.fr/PRETI/).

FIG. 5.13 – Carte de l'itinéraire le plus rapide entre Le Mans et Courtenay



Source : *viamichelin.fr*

### 5.2.5.2 Création d'un modèle

Nous retenons donc comme NFT décrivant la distance par la nationale :

$$[ 233 ; 233 ; 243 ; 260^{29} ]$$

Pour la distance par l'autoroute nous choisissons le NFT suivant :

$$[ 265^{30} ; 278 ; 285 ; 285 ]$$

En divisant chacune de ces variables par les vitesses moyennes possibles sur chacun des deux types de voies, nous obtenons la durée possible de chacune des alternatives (voir calcul figure 5.14 page ci-contre<sup>31</sup>).

Les deux calculs nous donnent comme durée de trajet :

<sup>29</sup>Nous nous ajoutons un aléa d'une quinzaine de kilomètres pour erreur d'itinéraire, les directions étant souvent moins bien indiquées sur les voies secondaires.

<sup>30</sup>Les kilométrages étant difficiles à lire sur une carte routière, nous accordons une moindre possibilité à cette valeur en estimant qu'il est fort probable que nous ayons oublié une balise kilométrique en calculant la longueur du parcours.

<sup>31</sup>Comme pour les cas précédents, pour les besoins de l'exposé, nous avons refait ce modèle avec la version 4.44 de nos macros. Le lecteur trouvera ce modèle réécrit sous le nom dans le répertoire « Modeles ».

FIG. 5.14 – Calcul de la durée possible de chaque itinéraire

	<b>L0</b>	<b>L1</b>	<b>U1</b>	<b>U0</b>
Nb de Km par la nationale	233	233	243	260
Vitesse moyenne	60	70	90	100
<i>Nb d'heures de route</i>	2,3	2,6	3,5	4,3
Nb de Km par l'autoroute	265	278	285	285
Vitesse moyenne	80	100	115	120
<i>Nb d'heures de route</i>	2,2	2,4	2,8	3,6
<b>Différence entre les deux solutions</b> (niveau de relation)	<b>-0,6</b> 3	<b>0,0</b>	<b>0,8</b>	<b>1,4</b>
Différence de coût	26			
Soit à l'heure:	-580	-580	31	31

[ 2h18 ; 2h36 ; 3h30 ; 4h18 ]

pour le passage par la nationale, et

[ 2h12 ; 2h24 ; 2h48 ; 3h36 ]

pour le passage par l'autoroute.

Pour les comparer nous pouvons retrancher ces deux NFT l'un à l'autre. Nous choisissons de le faire avec une relation entre les deux variables. En effet, on peut raisonnablement considérer que si le temps de parcours avait tendance à être long par la nationale, cela proviendrait d'une saturation du réseau. Or aucune raison ne nous pousse à croire *a priori* que la saturation du réseau ne soit pas un phénomène relativement homogène sur la région traversée. *A contrario*, le risque viendrait même plutôt de la région parisienne et de ses embouteillages<sup>32</sup>. La saturation du réseau étant *a priori* homogène sur la région, des événements locaux peuvent cependant avoir lieu (accidents, travaux), nous choisissons donc une *relation croissante de niveau moyen (3)* entre nos deux temps de parcours. Nous obtenons alors une durée différentielle de temps de parcours entre nationale et autoroute de :

[ -36 min ; 0 min ; 48 min ; 1 h 24 min ]

<sup>32</sup>Remarquons ici au passage que nous n'avons pas intégré ce risque de véritable « bouchon » à notre modèle. Nous l'avons en effet ici considéré comme un événement aléatoire ne pouvant pas faire partie de notre décision rationnelle. Il y a bien évidemment moyen d'intégrer un aléa de plusieurs heures sur chacun des parcours, mais l'entropie que cela risque de générer risque de faire perdre à notre calcul toute capacité d'aide à la décision.

### 5.2.5.3 Arbitrage

Nous nous apercevons donc que la différence, sur un trajet de plus de 1 000 km n'est pas flagrante puisqu'il est très vraisemblable que passer par la nationale ne mette qu'entre le même temps ou 48 minutes de plus que par l'autoroute. De plus, le choix de la nationale présente quelques avantages :

- une vitesse moins élevée donc une moindre consommation ;
- une distance moins grande donc une moindre consommation également ;
- l'économie de frais de péage ;
- le moyen de rompre la monotonie d'un trajet constitué quasi exclusivement d'autoroute ;
- la possibilité de ravitailler en carburant (puisque cela se situe en plein milieu du trajet global) à un moindre coût que sur l'autoroute.

Nous pouvons pousser un peu plus loin la modélisation en considérant que l'économie minimale permise par le choix de la nationale est de 26 € : 19,5 € de péage<sup>33</sup> et au moins 7 € de différence sur un plein de carburant. Nous pouvons donc en rapportant ces 26 € au temps de parcours économisé calculer un *coût horaire minimal du temps de parcours économisé*. Dans le cas le plus favorable à l'autoroute, il est de  $26/0,8 = 31$ <sup>34</sup>. Le coût du temps gagné en passant par l'autoroute sera donc *vraisemblablement au minimum de 31€ de l'heure*, à comparer avec l'indicateur correspondant le mieux à l'utilité de chacun (la rémunération de l'heure TD, par exemple...).

### 5.2.5.4 Retour d'expérience

Nous avons finalement choisi la nationale. Plusieurs passages par cet itinéraire nous permettent d'évaluer la vitesse moyenne par cette portion de nationale aux environs de 90 km/h. Rapporté aux vitesses moyennes que nous faisons habituellement sur autoroute, cela nous donne comme durée différentielle de temps de parcours entre nationale et autoroute (voir figure 5.15 page suivante) :

$$[-48 \text{ Mn} ; -12 \text{ min} ; + 12 \text{ min} ; +30 \text{ min}]$$

Ce résultat conforte notre choix puisque le NFT résultat est à cheval sur le zéro, les deux solutions sont équivalentes en termes de durée. En revanche, en termes de coûts, ce calcul mis à jour valorise le *coût horaire minimal du temps de parcours économisé* à 113 € de l'heure !

<sup>33</sup>Chiffre donné par *viamichelin.fr*.

<sup>34</sup>Les éventuelles différences que le lecteur pourrait constater viennent de la précision de l'affichage.

FIG. 5.15 – Calcul de la durée possible de chaque itinéraire - Mise à jour avec chiffres réalisés sur nationale

	<b>L0</b>	<b>L1</b>	<b>U1</b>	<b>U0</b>
Nb de Km par la nationale	233	233	243	260
Vitesse moyenne	85	88	92	95
Nb d'heures de route	2,5	2,5	2,8	3,1
Nb de Km par l'autoroute	265	278	285	285
Vitesse moyenne	80	100	115	120
Nb d'heures de route	2,2	2,4	2,8	3,6
<b>Différence entre les deux solutions</b> (niveau de relation)	<b>-0,8</b> 3	<b>-0,2</b>	<b>0,2</b>	<b>0,5</b>
Différence de coût	26			
Soit à l'heure:	-128	-128	113	113

## 5.3 Description détaillée des recherches-interventions

### 5.3.1 Caractéristiques communes aux recherches-interventions

Hormis la première intervention (Agence Immobilière), tous les cas de recherche-intervention ont été menés au sein de la couveuse de l'Université de Caen.

#### 5.3.1.1 Présentation de la Couveruse de l'Université de Caen

La Couveruse a été créée en 1998 et son objectif est d'accompagner des porteurs de projet de création d'entreprise. La Couveruse d'Entreprise de Caen est un acteur dynamique du développement économique local notamment grâce aux partenariats avec des chefs d'entreprises et d'autres acteurs d'aide à la création d'entreprise comme la technopole bas-normande Synergia. La Couveruse évolue ainsi au sein d'un réseau constitué :

- du CEEI<sup>35</sup> du Grand Caen ;
- du Réseau Entreprendre en France ;

<sup>35</sup>Centre Européen d'Entreprise et d'Innovation.

- de la PFIL<sup>36</sup> Calvados Création ;
- de Normandie Initiatives (incubateur).

La Couveuse d'Entreprise de Caen a *pour particularité d'être gérée par l'UFR de Sciences Économiques et de Gestion, en partenariat avec Synergia.*

La Couveuse offre un accompagnement adapté à chaque participant afin d'aider à la concrétisation des projets. Cette aide comporte entre autres :

- l'apport des connaissances nécessaires à la création de projet. Il s'agit de sept modules d'enseignement : « *oser entreprendre, savoir communiquer, construire sa stratégie marketing, construire sa structure juridique, construire sa stratégie financière, gérer les ressources humaines, importer-exporter* » ;
- des rencontres avec des chefs d'entreprises et des acteurs du développement économique régional ;
- *des heures de consultance* dédiées à chaque projet et financées par la couveuse.

Les promotions de la Couveuse de l'Université de Caen ne respectent pas de calendrier particulier, une nouvelle promotion étant lancée lorsque dix projets ont été retenus. La formation est *diplômante* (Diplôme Universitaire « Création d'Activités : Entreprises, Associations, Coopératives ») et dure six mois.

Nous avons ainsi proposé nos services de conseil au sein de la couveuse - dans le cadre des heures de consultance - auprès des promotions n° 5 (2002/2003) et n° 6 (2003/2004).

### 5.3.1.2 Argumentaire développé auprès des porteurs de projet

A chacune des deux promotions, nous avons été présenté comme l'un des *consultants* pouvant aider à la formalisation de leur projet. Nous ne souhaitons pas être présenté comme chercheur, afin de ne pas leur créer d'*a priori* vis-à-vis de notre proposition<sup>37</sup>. En outre, une participation financière leur était demandée, ceci afin de s'assurer de leur réel engagement dans la relation de conseil. Cette participation s'élevait à 3 heures des 20 heures de conseil gratuit dont ils bénéficient avec la formation. Nous avons à chaque fois fait une rapide présentation de notre proposition de prestation (environ 30 minutes, voir annexe « Présentation faite aux

<sup>36</sup>Plate-Forme d'Initiative Locale.

<sup>37</sup>De plus, étant donné la gestion originale et unique de cette Couveuse (Co-direction au sein de l'UFR de Sciences Économiques et de Gestion), celle-ci se trouve régulièrement sollicitée pour des problématiques de recherche sur l'entrepreneuriat. La direction n'accepte en conséquence d'interventions de la part de chercheurs que dans les cas où elle estime que l'intervention est de nature à aider les créateurs à concrétiser leur projet. Les interventions visant à effectuer des tests ou des enquêtes sur les créateurs sont systématiquement refusées.

participants de la couveuse » à la page 389), puis pris rendez-vous ou relevé les coordonnées des créateurs intéressés. Notre argumentaire suivait la démonstration suivante :

- la création d’entreprise est souvent présentée comme une suite de phases, allant de l’idée au projet personnel, puis à l’étude de marché, etc. *Le moment des prévisions financières apparaît assez tard dans cette énumération*, alors que le financier est le « seul langage commun à toutes les activités d’un projet, et le seul agrégable permettant d’en calculer un tout ». De plus, c’est bien toujours l’aspect financier qui décide de la poursuite ou de la non-poursuite d’un projet, en fonction du niveau d’investissement que les parties prenantes pourront lui allouer et des contreparties qu’elles en attendent ;
- la difficulté d’élaborer un plan financier lorsqu’on est en début de réflexion sur un projet, provient du fait que pratiquement toutes les variables sont imprécises et incertaines, et il est donc particulièrement difficile d’élaborer un calcul financier. « Il est cependant rare que lors d’une idée de création d’entreprise, le créateur n’aie pas déjà perçu un produit ou un service manquant sur le marché et grâce auquel il pourrait tirer des revenus ». Simplement, il est difficile de traduire ce pressenti dans les outils traditionnels de gestion prévisionnelle ;
- en outre, le risque pour le créateur qui se lancerait trop rapidement dans les considérations financières de son projet serait l’*ancrage* sur quelques valeurs choisies parmi un ensemble de valeurs ayant tout autant de chances d’apparaître. Le fait de se focaliser sur une valeur unique pour chaque variable risque bien de le pousser à chercher la maximisation du résultat par exemple, et d’oublier progressivement le risque et l’incertitude liés à son projet. Une telle démarche pousse à *omettre de réfléchir* de préférence sur la *flexibilité du projet* ou sur des *stratégies ou des organisations permettant d’assurer une constance du résultat et une robustesse du projet* ;
- un exemple permettant de comparer la modélisation du résultat prévisionnel d’une société de négoce sous forme classique puis avec la logique floue illustre les propos précédents et permettait d’expliquer la signification des NFT ;
- enfin, la proposition de prestation leur était expliquée ; les aider à créer un plan chiffré/ business plan qui leur *permette de mieux comprendre leur projet*, dont le déroulement suivrait les phases suivantes :
  - organisation d’un premier rendez-vous durant lequel le porteur de projet explique le modèle économique (*business model*) de son projet,
  - création d’un modèle par le conseil,
  - restitution du modèle créé, et explication du résultat prévisionnel étant donné les connaissances actuelles du créateur sur son projet lors d’un second rendez-vous. Explication du fonctionnement de l’outil, modifications éventuelles du modèle si la représentation que le créateur se fait de son



- projet a évolué, et explication des variables influençant le plus le résultat,
- vient ensuite une phase de suivi plus informelle, durant laquelle le créateur peut demander l'aide du conseil pour tout problème technique, mise à jour de la structure du modèle, etc.

### 5.3.2 Caractérisation des interventions menées auprès de la couveuse

Nous avons mené nos deux présentations auprès de la couveuse les 20 mai 2003 et 22 avril 2004 (voir tableau 5.2). Nous allons présenter chacune des recherches-

TAB. 5.2 – Taux d'interventions réalisées par présentation

	Promotion n° 5	Promotion n° 6
Date de rentrée	février 03	janvier 04
Date de la présentation	20 mai 03	27 avril 04
Parcours déjà effectué par les créateurs lors de la présentation	4 mois	4 mois
Effectif théorique de la promotion <sup>a</sup>	14	11
Effectif présent lors de la présentation	8	9
Soit en % de l'effectif inscrit	57 %	82 <sup>b</sup> %
Contacts pris lors de la présentation	3	8 <sup>c</sup>
Soit en % de l'effectif présent	37 %	89 %
Interventions réalisées	2	3 <sup>d</sup>
Soit en % de l'effectif présent	25 %	33 %
Soit en % de l'effectif inscrit	14 %	27 %

<sup>a</sup>Il s'agit du nombre d'inscrits à la Couveruse, certains n'ayant finalement pas suivi le parcours.

<sup>b</sup>Ce taux élevé peut s'expliquer par le fait que quelque temps avant ils avaient eu l'occasion de rencontrer les participants de la promotion n° 5. À cette occasion, les créateurs auprès desquels nous étions intervenu un an auparavant leur avaient recommandé notre prestation.

<sup>c</sup>Les créateurs étaient assez enthousiastes lors de notre présentation. Lorsque nous les avons relancés quelques mois plus tard, plusieurs d'entre eux ont décliné l'offre, l'un d'eux parce qu'il avait abandonné son projet pour reprendre un travail salarié, les autres suite à une présentation de leurs projets à un « *Business Angel* » qui les avait visiblement « découragés » au sujet des *business plans*. Plusieurs se sont déclarés « encore pas du tout prêts à faire leur plan financier ».

<sup>d</sup>Nous avons débuté une intervention de plus avec un créateur dont l'entreprise (du secteur de la biotechnologie) était déjà en fonctionnement depuis plusieurs mois. L'outil devait ici porter sur une prévision budgétaire beaucoup plus « tactique ». Face au temps nécessaire au développement du modèle, nous avons préféré suspendre cette intervention.

interventions que nous avons menées avec les porteurs de projets. Remarquons que pour plusieurs d'entre eux nous avons fourni un schéma récapitulant la modélisation que nous leur avons faite. Nous avons joint ces schémas à la présentation de chacune des interventions le cas échéant.

### 5.3.2.1 Intervention Agence Immobilière

Le porteur du projet Agence Immobilière (voir tableau 5.3) est âgé d'une trentaine d'années, de formation école supérieure de commerce, il projette au moment de notre intervention de quitter son emploi de commercial dans une société fabricant des solutions de gestion par code-barres. Avant ce passage par la fonction commerciale, il avait assuré la fonction de contrôleur de gestion/conseiller financier dans l'industrie. Dans ce cadre, il a travaillé aussi bien sur des calculs de coûts des procédés de fabrication que sur des diagnostics financiers et budgets prévisionnels pour des artisans clients de son employeur.

Cette intervention a été assez succincte pour deux raisons. La première vient de l'éloignement : 800 km nous séparant lors de l'établissement de ce plan, nous avons exclusivement opéré par téléphone et messagerie électronique. La seconde vient du fait de son adhésion à un réseau de franchise qui lui a rapidement mis à disposition statistiques et études de marché, variables clés à surveiller dans ce type d'activité ainsi que les outils nécessaires pour effectuer ses prévisions, rendant de ce fait notre intervention caduque.

Ce cas a cependant eu le mérite d'être une première modélisation effectuée pour le compte d'autrui.

TAB. 5.3 – Fiche signalétique de l'intervention Agence Immobilière

Age du porteur de projet	32
Sexe	Masculin
Profil	Gestionnaire (ESC)- Comptabilité/ Contrôle/ Commerce
Statut	Salarié
Niveau d'utilisation tableur	Supérieur
Date 1 <sup>er</sup> RDV	26 mars 2003
Date 2 <sup>e</sup> RDV	12 avril 2003
Délai livraison	17 jours
Autres conseils sollicités	Package complet d'aide à la création d'agence immobilière fourni par le franchiseur : Formation, support au recrutement, progiciels de gestion, etc.
Date lancement du projet	3 décembre 2003 et 7 mars 2005
Délai intervention/ lancement	8 mois
Date entretien bilan	10 août 2005
Schéma de la modélisation	non

Le créateur a depuis ouvert deux agences sous franchise dans la région de Bordeaux.

### 5.3.2.2 Intervention Appareillage de Mesure

Le porteur de projet Appareillage de Mesure est un ingénieur d'une cinquantaine d'années ayant fait carrière dans l'industrie agro-alimentaire. Son passé dans ce secteur lui a donné l'idée de plusieurs produits manquants sur le marché, ces produits intéressant soit les fabricants de semences et organismes de recherche pour la mesure des rendements de plantations tests, soit les agriculteurs dans leur travail quotidien. Une période de chômage a pour lui été l'occasion de mettre ses idées à profit.

S'agissant d'un projet d'entreprise de type industriel, sa problématique s'axait donc autour de deux processus principaux : le planning des ventes et le planning de production. Une forte saisonnalité des ventes et un coût unitaire élevé rendent en effet les prévisions de production particulièrement importantes pour cette entreprise en création.

TAB. 5.4 – Fiche signalétique de l'intervention Appareillage de Mesure

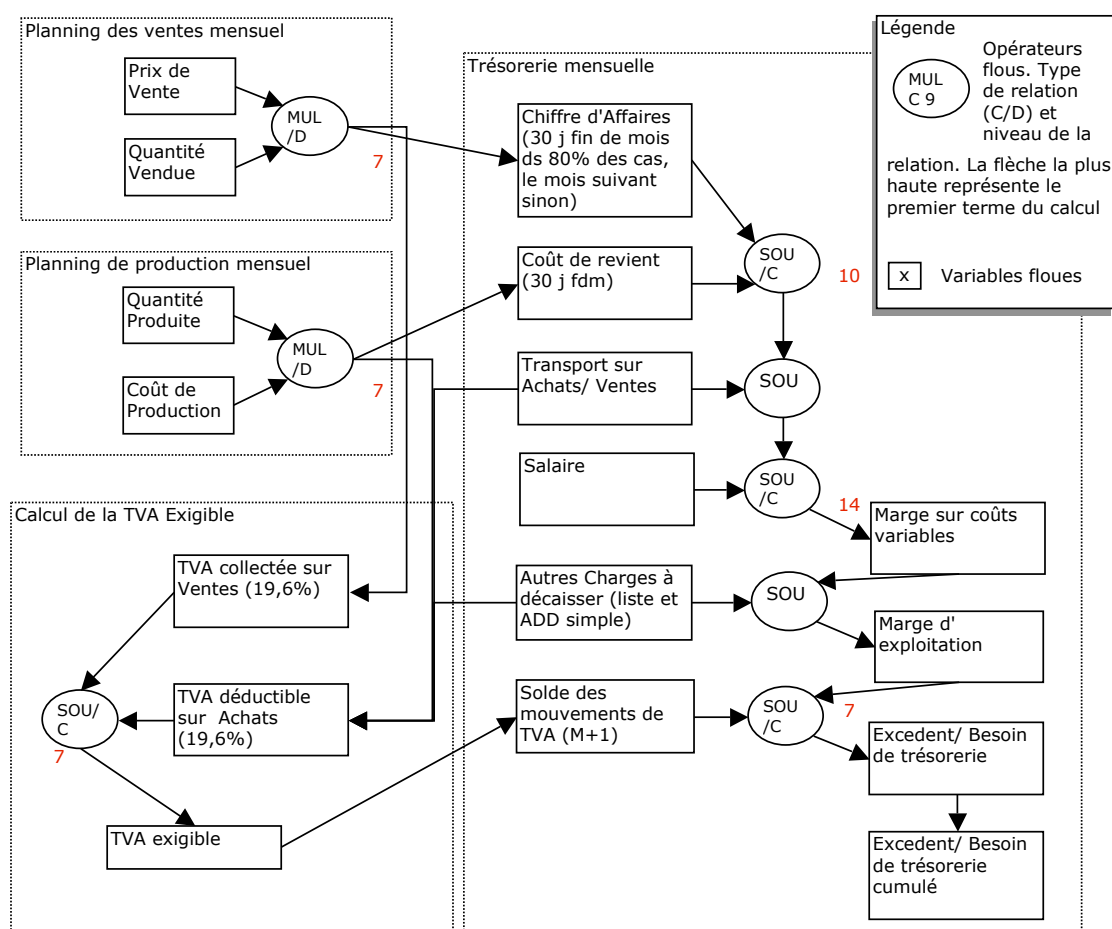
Age du porteur de projet	Cinquantaine
Sexe	Masculin
Profil	Ingénieur - Agronome
Statut	Chômeur
Niveau d'utilisation tableur	Supérieur
Date 1 <sup>er</sup> RDV	3 juin 2003
Délai début formation/1 <sup>er</sup> RDV	3 mois
Date 2 <sup>e</sup> RDV	3 juillet 2003
Délai livraison	1 mois
Autres conseils sollicités	Plan de trésorerie avec expert-comptable, avocat pour les statuts de l'entreprise.
Date lancement du projet	2 juillet 2003
Délai intervention/ lancement	0 jours
Date entretien bilan	10 août 2005
Schéma de la modélisation	non
Date entretien bilan	4 août 2005
Schéma de la modélisation	figure 5.16 page ci-contre

Lors de notre présentation à sa promotion (revoir tableau 5.2 page 254), Appareillage de Mesure avait déjà établi son plan d'affaires. Il a cependant souhaité

une intervention principalement par intérêt intellectuel pour la démarche<sup>38</sup>. Il nous avait transmis son plan financier classique lors de notre premier entretien. Le modèle lui a donc assez peu servi, mais il a cependant eu l'occasion de le tester et de nous faire part de ses remarques.

L'architecture du modèle que nous lui avons créé est décrite dans la figure 5.16.

FIG. 5.16 – Schéma récapitulatif de la modélisation effectuée pour Appareillage de Mesure



<sup>38</sup>Il était déjà sensibilisé à la logique floue et connaissait déjà l'existence des mathématiques floues.

### 5.3.2.3 Intervention Conseil en Informatique Libre

Le porteur de projet Conseil en Informatique Libre est informaticien de formation, ancien directeur informatique. En situation de recherche d'emploi, son projet était la création d'une société de conseil en systèmes informatiques, et plus particulièrement en logiciels *open-source*<sup>39</sup>. Lors de notre premier entretien il avait déjà travaillé sur un business plan individuellement.

TAB. 5.5 – Fiche signalétique de l'intervention Conseil en Informatique Libre

Age du porteur de projet	Quarantaine
Sexe	Masculin
Profil	Informaticien
Statut	Chômeur
Niveau d'utilisation tableur	Intermédiaire
Date 1 <sup>er</sup> RDV	10 octobre 2003
Délai début formation/1 <sup>er</sup> RDV	8 mois
Date 2 <sup>e</sup> RDV	28 novembre 2003, livraison modèle opérationnel : 10 décembre 2003 <sup>a</sup>
Délai livraison	2 mois <sup>b</sup>
Autres conseils sollicités	Plan de trésorerie avec expert comptable, avocat pour les statuts de l'entreprise.
Date lancement du projet	15 mars 2003
Délai intervention/ lancement	3 mois <sup>1/2</sup>
Date entretien bilan	3 février 2004
Schéma de la modélisation	figure 5.17 page suivante

<sup>a</sup>Le modèle livré le 28 novembre 2003 nécessitait de nombreux stratagèmes à suivre pour contourner à la fois des limitations liées à l'adaptation de nos macros à *OpenOffice* ainsi que des bogues propres à *OpenOffice*. Ces contraintes se sont révélées trop importantes pour une utilisation par un novice du calcul sur tableur, et ont donc nécessité la réécriture du modèle.

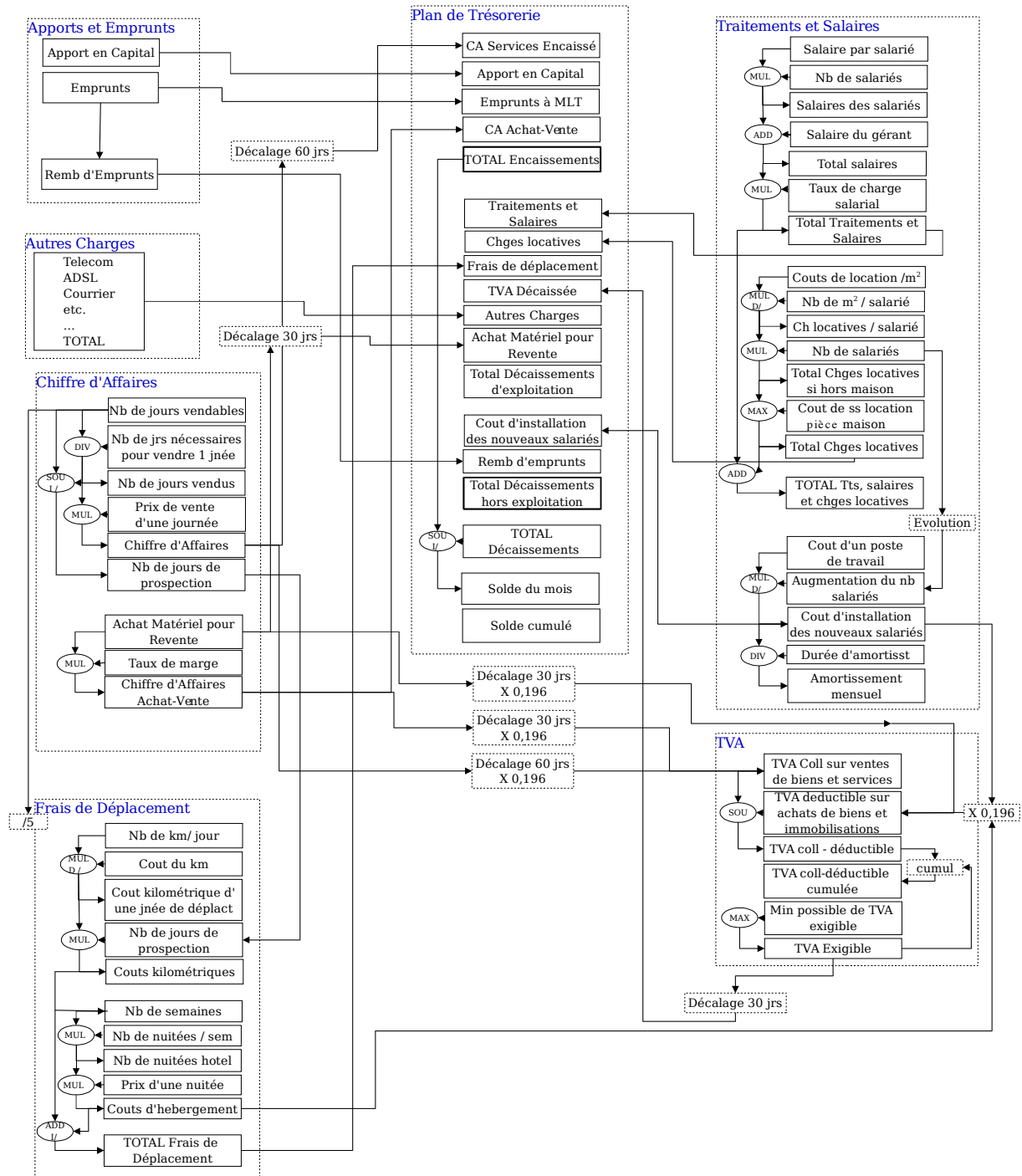
<sup>b</sup>Ce délai comprend la réécriture des macros en *OpenOffice*.

L'architecture du modèle que nous lui avons créé est décrite dans la figure 5.17 page ci-contre.

---

<sup>39</sup>Également appelés *logiciels libres*.

FIG. 5.17 – Schéma récapitulatif de la modélisation effectuée pour Conseil en Informatique Libre



### 5.3.2.4 Intervention Ferme Biologique

La porteuse du projet Ferme Biologique est une femme d'une trentaine d'années responsable d'un centre de loisirs (tableau 5.6). Son projet est la création d'une ferme pédagogique assurant en parallèle de l'accueil une petite production de produits biologiques (sirops, herboristerie). Sa problématique est donc d'arriver à assurer un volume suffisant de journées d'accueil pour pouvoir amortir ses investissements et dégager un petit revenu (l'exploitation doit permettre de couvrir une bonne part des besoins alimentaires de la famille).

TAB. 5.6 – Fiche signalétique de l'intervention Ferme Biologique

Age du porteur de projet	Trentaine
Sexe	Féminin
Profil	Animatrice/ Responsable centre loisirs
Statut	Salariée
Niveau d'utilisation tableur	Élémentaire
Date 1 <sup>er</sup> RDV	24 juin 2004
Délai début formation/1 <sup>er</sup> RDV	5 mois
Date 2 <sup>e</sup> RDV	20 septembre 2004
Délai livraison	3 mois <sup>a</sup>
Autres conseils sollicités	Projet suivi et coaché par l'ARDES <sup>b</sup> : Aide au montage financier, au montage des dossiers, à la définition du statut du projet, mise en relation avec les subventionneurs, etc.
Date lancement du projet	mars 2005 : achat d'un terrain et début de son exploitation. La partie « ferme pédagogique » n'est pas encore amorcée
Délai intervention/ lancement	6 mois
Date entretien bilan	non
Schéma de la modélisation	non

<sup>a</sup>Ce délai s'explique par le passage du Calculateur Flou à la V4 et suivantes ainsi que l'écriture de plusieurs macros améliorant *l'utilisabilité* des modèles flous (voir section 4.2.1 page 179 ainsi que tableau 4.1 page 181) et par le développement en parallèle des modèles Ferme Biologique, Accueil Enfants et Graphistes.

<sup>b</sup>Association Régionale pour le Développement de l'Économie Solidaire en Basse Normandie.

### 5.3.2.5 Intervention Accueil Enfants

Le projet Accueil Enfants avait pour objectif la création d'un café pour enfants de zéro à huit ans et leurs familles. Le café est sans alcool ni tabac et est axé sur les enfants avec un mobilier en grande partie à leur taille, un comptoir des jeux, des spectacles et diverses animations qui leur sont dédiés (tableau 5.7).

TAB. 5.7 – Fiche signalétique de l'intervention Accueil Enfants

Age du porteur de projet	27
Sexe	Féminin
Profil	Arts du spectacle, audio-visuel
Statut	Recherche d'emploi
Niveau d'utilisation tableur	Élémentaire
Date 1 <sup>er</sup> RDV	24 mai 2004
Délai début formation/1 <sup>er</sup> RDV	4 mois
Date 2 <sup>e</sup> RDV	15 novembre 2004
Délai livraison	4 mois et 3 semaines <sup>a</sup>
Autres conseils sollicités	Projet suivi et coaché par l'ARDES : Aide au montage financier, au montage des dossiers, à la définition du statut du projet, mise en relation avec les subventionneurs, etc.
Date lancement du projet	prévu septembre 2005
Délai intervention/ lancement	10 mois
Date entretien bilan	17 mai 2005
Schéma de la modélisation	non

<sup>a</sup>Même remarque concernant les délais que celle faite pour le projet Ferme Biologique, tableau 5.6 page précédente.

### 5.3.2.6 Intervention Graphistes

Le projet Graphistes était à l'origine porté par deux femmes graphistes au chômage suite au dépôt de bilan de l'ancienne société les employant (tableau 5.8 page 263). Leur souhait était de s'associer au sein d'une structure afin de commercialiser leur offre en communication et graphisme. Il s'est progressivement fait jour dans leur projet que l'association n'était pas nécessairement la meilleure solution, et cela au regard aussi bien de leurs rapports personnels que de l'organisation et la



logistique nécessaire. (leurs domiciles étant distants de plus de 60 km). Cette intervention a en conséquence donné naissance à deux modèles distincts, la première des deux souhaitant centrer son activité sur la seule création (figure 5.18 page 264) alors que la seconde souhaitait offrir un service allant de la création à la PAO<sup>40</sup> (figure 5.19 page 265). Pour la première, la focalisation sur la création nécessitait donc la sous-traitance de la partie PAO à d'autres graphistes indépendants (y compris pour Graphistes 69, la seconde), d'où la création de deux modélisations distinctes, bien que comportant des parties communes et des liens intermodèles.

## Conclusion du Chapitre 5

Nous venons dans ce chapitre de détailler le traitement de nos cas en chambre et de caractériser nos recherches-interventions et leurs problématiques.

Au niveau des cas en chambre, nous avons montré des cas de complexités diverses, portant sur des modélisations de projets aux variables imparfaites. Nous avons également présenté une application des outils de contrôle de gestion flous à la méthode ABC. Nous avons au travers de ces cas montré l'applicabilité des concepts de l'IFA à des problématiques de gestion et commencé à en montrer l'intérêt.

Au niveau des recherches-interventions nous avons présenté l'argumentaire que nous avons fait aux participants de la couveuse de l'Université de Caen pour leur proposer un service de conseil en plans d'affaires flous. Nous avons décrit les problématiques de chaque porteur de projet et livré le schéma récapitulatif que nous leur avons fait de leur modèle, lorsque nous en avons fait un.

Maintenant que nous avons présenté à la fois les outils utilisés et les cas sur lesquels nous les avons appliqués, nous allons dans le chapitre suivant analyser les phénomènes que nous avons relevés tout au long de ces expérimentations.

---

<sup>40</sup>Publication Assistée par Ordinateur

TAB. 5.8 – Fiche signalétique de l'intervention Graphistes 65 et Graphistes 69

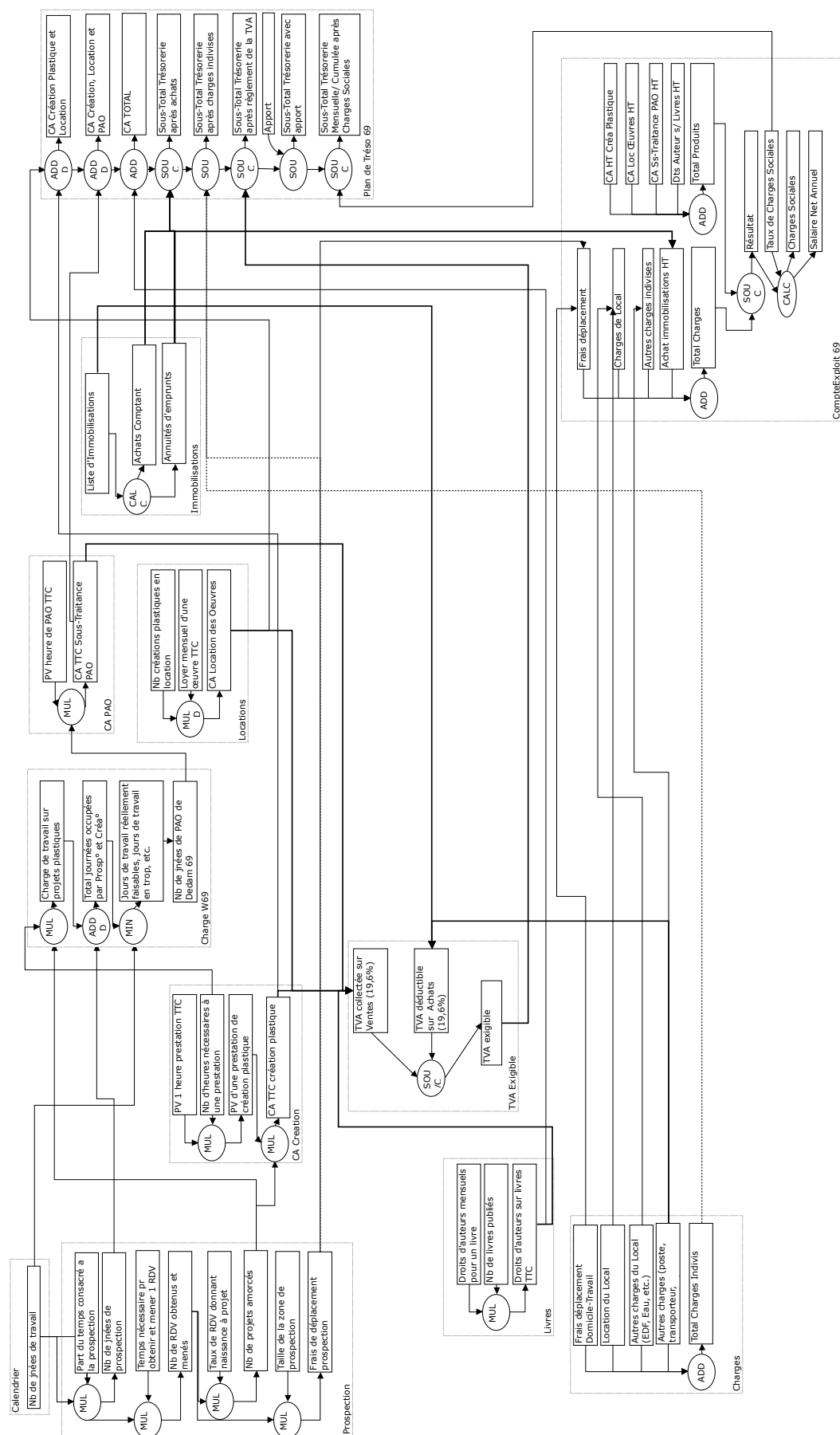
Age du porteur de projet	Quarantaine et 35 ans
Sexe	Feminin
Profil	Graphistes
Statut	Au Chômage
Niveau d'utilisation tableur	Débutantes
Date 1 <sup>er</sup> RDV	21 juin 2004
Délai début formation/1 <sup>er</sup> RDV	5 mois
Date 2 <sup>e</sup> RDV	14 octobre 2004
Délai livraison	3 mois et 3 semaines <sup>a</sup>
Autres conseils sollicités	Conseil en Ressources Humaines concernant les relations interpersonnelles et l'organisation.
Date lancement du projet	Graphistes 65 : prévu septembre 05 Graphistes 69 : abandon pour causes familiales
Délai intervention/ lancement	11 mois
Date entretien bilan	20 juillet 2005
Schéma de la modélisation	figure 5.18 page suivante figure 5.19 page 265

<sup>a</sup>Même remarque concernant les délais que celle faite pour le projet Ferme Biologique, tableau 5.6 page 260.

Le diagramme illustre le processus de calcul du résultat net annuel pour un auteur indépendant, structuré en plusieurs étapes principales :

- Calendrier** : Détermine le **Nb de jnées de travail** et le **Part du temps consacré à la prospection**.
- Prospection** : Calcule le **Nb de jnées de prospection** (basé sur le temps nécessaire pour obtenir et mener 1 RDV, le nombre de RDV obtenus et menés, le taux de RDV dominant la naissance à projet, et le nombre de projets amorcés). Il détermine également la **Taille de la zone de prospection** et les **Frais de déplacement**.
- CA Création** : Calcule le **PV 1 heure prestation TTC** (basé sur le nombre d'heures nécessaires à une prestation et le PV d'une prestation de création). Il détermine le **CA TTC création** (basé sur le coût d'achat de l'heure de PAO TTC et le coût TTC sous-traitance). Il calcule le **Solde Activité Création** (basé sur le CA TTC création et le coût TTC sous-traitance).
- Immobilisations** : Calcule le **Charge de travail sur projets création** (basé sur le taux de PAO en ss traitance sur un projet et le nombre de jnées de PAO à faire sous-traiter). Il détermine le **Nb de jnées de création sur les projets amorcés** (basé sur le total des journées occupées par Prosop<sup>o</sup> et Créa<sup>o</sup> et le nombre de jnées de travail réellement réalisables). Il calcule le **Charge W65** (basé sur le nombre de jnées de travail réellement réalisables et le nombre de jnées de travail).
- Compte-exploité 65** : Calcule le **CA TOTAL (Création et droits d'auteurs sur livres)** (basé sur le CA TTC création et le charge W65). Il détermine le **Sous-Total Trésorerie après achats**, le **Sous-Total Trésorerie après charges indivisibles**, le **Sous-Total Trésorerie après règlement de la TVA**, le **Sous-Total Trésorerie avec apport**, et le **Sous-Total Trésorerie Mensuelle/Cumulée après Charges Sociales**. Il calcule le **Solde Activité Créa HT** (basé sur le CA TOTAL et le charge W65). Il détermine le **Total Produits** (basé sur le Solde Activité Créa HT et les Dis Auteur s/ Livres HT). Il calcule le **Total Charges** (basé sur les Frais déplacement, Charges de Local, Autres charges indivisibles, et l'Achat immobilisations HT). Il détermine le **Résultat** (basé sur le Total Produits et le Total Charges). Il calcule le **Charges Sociales** (basé sur le Résultat et le Salaire Net Annuel).

FIG. 5.19 – Schéma récapitulatif de la modélisation effectuée pour Ded 69





## Chapitre 6

# Analyse des phénomènes observés lors de la modélisation économique d'un projet à l'aide de la logique floue

Le propos de ce chapitre est de décrire les conséquences, positives ou négatives que nous avons pu relever lors de l'utilisation de l'arithmétique floue dans la modélisation économique de projets. Le premier phénomène que nous avons observé se situe dans la structuration de l'agrégation des variables et la modification des habitudes qu'elle demande à l'utilisateur. Nous expliquerons cette particularité liée à l'arithmétique floue interactive (IFA) dans une première section, puis nous rapporterons les difficultés (section 2) et les avantages (section 3) que nous avons relevés dans l'application de nos cas.

### 6.1 Particularités de la modélisation à l'aide de la logique floue

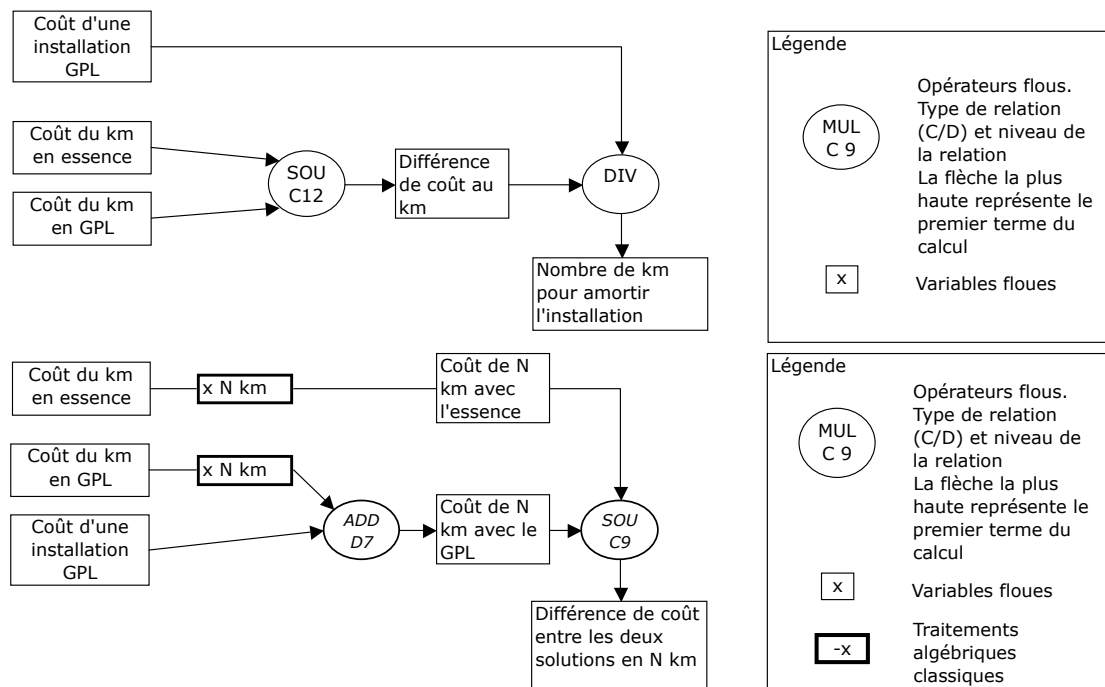
Nous sommes habitués avec l'arithmétique classique à pouvoir agréger les variables dans le sens qui nous convient selon l'analyse que nous voulons en faire. Quelle que soit la structure retenue, sauf oubli dans celle-ci d'une des variables, le total « bas de page » sera le même, et il s'agit là d'une propriété largement exploitée par tous les utilisateurs du système comptable. Ainsi, les Soldes Intermédiaires de Gestion, les outils de l'analyse financière, mais aussi les différentes analyses des

contrôleurs de gestion se recoupent-ils sur les totaux de la comptabilité générale. Il s'agit d'ailleurs là d'un moyen important de vérification de la cohérence des retraitements effectués, et le premier réflexe du manager un peu averti est de commencer par demander à son contrôleur de gestion d'où vient l'écart qu'il constate entre le *reporting budgétaire* et la comptabilité générale. Cette propriété disparaît dès lors que l'on effectue une modélisation à l'aide de l'IFA, et ceci principalement au profit du gain d'entropie. Nous allons donc voir dans cette sous-section les différents phénomènes qui contingentent la structure du modèle et des solutions que nous avons pu trouver au cours de nos modélisations pour optimiser le gain d'entropie à l'aide de l'IFA.

### 6.1.1 Structure de l'agrégation et entropie du résultat final

La première particularité réside dans la construction de la modélisation lorsque l'on souhaite utiliser l'IFA. En effet, selon la façon dont seront agrégées les variables, certaines relations pourront ou ne pourront pas être prises en compte.

FIG. 6.1 – Cas Conversion GPL : la prise en compte d'une relation inter-variables additionnelle par un changement de structure du modèle



Le cas Conversion GPL (voir section 5.2.4 page 242) illustre très bien ce phénomène. La modification du modèle pour prendre en compte une information supplémentaire (figure 6.1 page précédente), le fait que généralement *une installation GPL chère consomme moins qu'une bon marché* permettait d'affiner la solution du calcul de :

Nb de km à parcourir<sub>1</sub> = [ -200 000 ; 10 519 ; 101 137 ; 101 137 ]

à

Nb de km à parcourir<sub>2</sub> = [ 10 019 ; 13 849 ; 82 614 ; Pas de solution ]

Étant donné l'existence d'une coordonnée « déviante » dans chacune de ces deux solutions, l'estimation du gain d'entropie ne peut pas se faire directement. Nous pourrions cependant chercher à l'évaluer de la façon suivante :

Pour nombre de km à parcourir<sub>1</sub>, nous pouvons calculer l'AireEntropie sur la base soit du NFT tel qu'il a été calculé, soit en faisant abstraction de la valeur « déviante » :

Valeurs retenues pour le calcul de l'AireEntropie					AireEntropie <sup>1</sup>
Première	-200 000	10 519	101 137	101 137	<b>195 877</b>
Deuxième	10 519	10 519	101 137	101 137	<b>90 617</b>

De même, pour le deuxième calcul – Nb de km à parcourir<sub>2</sub> – il va falloir estimer son entropie car la coordonnée  $U_0$  n'a pas de solution. Nous pouvons soit considérer que nous pourrions prendre le  $U_0$  du premier calcul, puisque nous en avons obtenu un, soit comme pour le calcul précédent, faire abstraction de la valeur déviante en calant  $U_0$  sur la valeur du noyau la plus proche, c'est-à-dire  $U_1$ . Cela nous donne les valeurs pour l'AireEntropie suivantes :

Valeurs retenues pour le calcul de l'AireEntropie					AireEntropie
Première	10 019	13 849	82 614	101 137	<b>79 941</b>
Deuxième	10 019	13 849	82 614	82 614	<b>70 680</b>

Avec ces quatre calculs d'AireEntropie différents, nous pouvons calculer quatre variations de l'AireEntropie différents :

<sup>1</sup>Pour le détail du calcul de l'AireEntropie, voir section 2.1.6 page 108.



Valeurs retenues pour l'AireEntropie	195 877	90 617
79 941	<b>-59,19 %</b>	<b>-11,78 %</b>
70 680	<b>-63,92 %</b>	<b>-22,00 %</b>

Nous voyons que cela produit plusieurs valeurs assez différentes, cependant, nous pourrions dire que nous accordons plus de crédit aux valeurs situées sur la diagonale haut-gauche / bas-droite du tableau, car ce sont elles qui ont été calculées sur la base de calculs d'AireEntropie appairées elles-mêmes de la façon la plus homogène (aire entropie totale pour le premier ratio, abstraction de la coordonnée déviante pour le second), alors que les deux autres valeurs sont le résultat du croisement de ces deux façons de calculer l'AireEntropie.

Nous pourrions donc dire *que le gain d'entropie que nous avons réalisé en prenant en compte une relation de plus dans notre calcul peut être représenté par le NFT suivant :*

$$\text{Gain d'Entropie} = [ 11,78 \% ; 22,00 \% ; 59,19 \% ; 63,92 \% ]$$

Même si la modélisation est toujours importante pour le résultat d'un calcul, y compris en algèbre classique, nous voyons bien que celle-ci a une importance accrue dès lors que l'on veut calculer en IFA. Même une fois conscient de l'importance de l'architectonique d'un modèle en IFA, il est parfois difficile de créer des modèles qui prennent en compte toutes nos connaissances sur les relations de croissance ou décroissance entre variables.

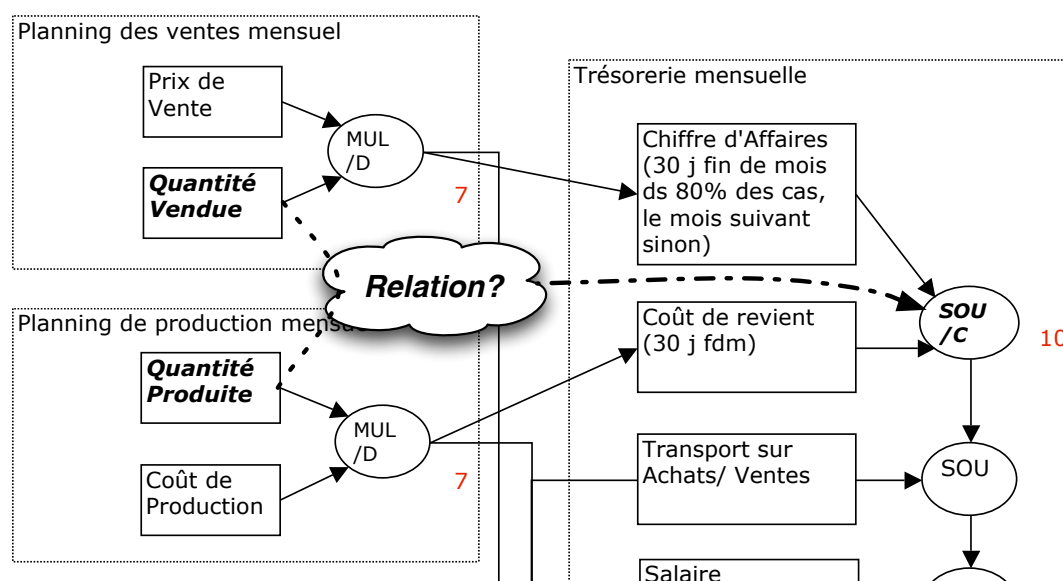
### 6.1.2 Deux variables dont on sait qu'elles ont une relation de croissance/décroissance ne sont par forcément accolables

Ainsi, dans certains modèles, il peut être impossible de mettre côte à côte deux variables dont on sait qu'elles sont liées par une relation quasi linéaire.

Par exemple, dans le modèle développé pour Appareillage de Mesure (section 5.3.2.2 page 256), comment faire pour pouvoir prendre en compte le fait que la production va augmenter avec les ventes, et ceci de façon très linéaire puisqu'il s'agit pratiquement de production à la commande ? Ces deux variables n'ayant aucun opérateur entre elles, la relation ne peut pas être traduite directement. On peut chercher à la traduire plus tard dans le modèle, lorsque le coût de revient se

soustrait au Chiffre d’Affaires, en calculant immédiatement une marge sur coûts de production (figure 6.2). Cependant, il y a déjà des informations en plus dans ces deux chiffres qui peuvent créer un biais : le prix de vente et le coût de production, il faudra alors minimiser le niveau de relation retenu entre les variables.

FIG. 6.2 – Prise en compte différée d’une relation dans la modélisation RILau<sup>a</sup>



<sup>a</sup>Dans ce modèle, l'échelle du niveau de relation allait de 0 à 18 (IFA version 1). Les niveaux de relation paramétrés dans ce modèle apparaissent dans ce schéma à côté du cercle représentant l'opérateur et le type de relation retenu.

Une problématique identique a lieu dans le cas Conversion GPL que nous évoquions au paragraphe précédent : le deuxième calcul a permis de réduire l'entropie significativement grâce à la prise en compte d'une relation de plus (une installation GPL chère consomme moins), mais la contrepartie de cette intégration est que la relation de croissance que nous pouvons anticiper entre prix de l'essence et prix du GPL ne peut plus être directement prise en compte au niveau de la soustraction entre ces deux variables. L'architecture de ce nouveau modèle a nécessité de déplacer la relation en question au niveau de la soustraction du coût de  $N$  km effectués avec le GPL à  $N$  km effectués avec l'essence (figure 6.3 page suivante). Du fait que cette soustraction ne compare pas que le coût de l'essence et du GPL, mais contient également le coût de l'installation GPL qui n'a rien à voir avec cette relation, il faut donc diminuer le niveau de relation que nous évaluons au départ entre prix de l'essence et GPL.



### 6.1.3 Des soustractions successives des charges avec niveaux de relation créent moins d'entropie que la soustraction de la somme des charges à la somme des produits

La soustraction et la division sont particulièrement génératrices d'entropie artificielle lors d'un calcul en BFA (voir Opérations de base, section 2.1.6 page 102), et il vaut donc mieux, dans le cadre d'un calcul en BFA, essayer d'additionner toutes les charges avant de les retrancher en une fois aux produits. Cette règle ne s'applique plus nécessairement lors d'un calcul effectué avec IFA. Selon les relations dont on a connaissance et que l'on peut prendre en compte, il est parfois préférable de faire plusieurs soustractions successives, dont certaines avec niveaux de relation, que d'additionner toutes les charges avant de les soustraire sans pouvoir prendre en compte ledit niveau de relation (nous avons rencontré le cas dans les modèles de Ferme Biologique et Graphistes). Là encore, la structure du modèle est importante pour l'entropie finale, et le modélisateur doit s'efforcer de chercher plusieurs façons d'effectuer un même calcul et déterminer celle qui est la plus favorable à la restriction de l'entropie.

### 6.1.4 Un décalage temporel de phase entre deux variables peut annuler la relation

La difficulté de bien user des relations intervariables peut apparaître de façon plus sournoise. En effet, dans des modèles à la temporalité fortement découpée comme dans des plans de trésorerie par exemple, il arrive que même si deux variables présentant une relation aient pu être couplées, un décalage temporel entre elles rend la prise en compte des relations inefficace.

Par exemple dans un plan de trésorerie mensualisé, si des achats de matières sont faits à une période précédant celle des ventes, il n'y a pas moyen de prendre en compte cette relation. Nous avons rencontré ce cas de figure lors de l'intervention auprès de Ferme Biologique. La créatrice prévoyait des ventes de bouteilles d'une spécialité pour laquelle il n'y a aucun doute sur la vente de l'intégralité de la production. Il était donc logique de vouloir déduire le coût des achats de bouteilles aux ventes du produit selon une relation linéaire. Cependant, le fait que les deux opérations n'apparaissent pas sur la même période (il faut pouvoir embouteiller au printemps-été, avant la mise en fermentation et enfin réaliser les ventes en fin d'année) annule totalement l'effet du calcul IFA (figure 6.4 page 275). Celui-ci donne alors des résultats identiques à ceux qu'aurait donné un BFA.

### 6.1.5 Soustraire des charges à un résultat cumulé pour mieux représenter le phénomène

Il existe enfin des cas où il y a moyen d'obtenir des gains d'entropie très importants, mais la solution est loin d'être évidente. Par exemple, pour le modèle Graphistes nous avons retiré le salaire à la trésorerie restant une fois que toutes les autres charges avaient été honorées. S'agissant d'un statut d'indépendant, il est logique de considérer que le salaire ponctionné sera directement fonction de la trésorerie dégagée. Le calcul que nous avons donc posé au départ suivait le diagramme de la figure 6.5 page 276, ce qui se traduisait par le calcul de la figure 6.6 page 276. Pour pouvoir calculer le salaire moyen auquel prétendre en une année d'activité, nous avons créé un compte d'exploitation reprenant l'intégralité des produits et charges de l'année. Une fois le résultat de l'année calculé, nous pouvions lui soustraire les prélèvements sociaux et en déduire le salaire annuel. Nous soustrayons donc un douzième de ce salaire net annuel à la trésorerie mensuelle après charges afin d'en déduire la trésorerie mensuelle après versement de salaire. Dans cette soustraction, nous incluons une relation linéaire (6/6) entre la trésorerie dégagée sur le mois et le salaire versé, partant du principe que même si le résultat comptable du mois a pu être satisfaisant, un indépendant ne se rémunérera pas s'il n'a pas la trésorerie pour.

Il nous est venu à un moment l'idée d'essayer de faire ce calcul en cumulé plutôt qu'en mensuel. C'est à dire de cumuler tout d'abord la trésorerie après charges. Ensuite de cumuler le salaire mensuel également, et enfin de soustraire ce salaire cumulé au solde de trésorerie après charges cumulé (figure 6.7 page 277). Ce calcul revient à considérer que le salaire moyen mensuel escompté au vu des résultats comptables pourra être prélevé à un moment où la trésorerie le permet, donc pas nécessairement sur une base mensuelle. Cette nouvelle façon d'envisager le problème donne les résultats affichés dans la figure 6.8 page 277<sup>2</sup>.

Ce changement de modélisation du problème fait gagner 85 % d'entropie sur le calcul de la trésorerie annuelle ! Nous voyons donc que travailler en cumulé plutôt qu'en mensuel peut être une solution pour gagner en entropie. Ce pourrait être une solution pour régler les problématiques du genre de celle que nous évoquions avec la vente de bouteilles de Ferme Biologique au paragraphe section 6.1.4 page précédente, page précédente. En effet, la trésorerie alors calculée sur cette activité reviendrait à considérer que l'achat des bouteilles est une avance qui sera récupérée dans la proportion du montant de l'avance lors de la vente des produits quelques mois plus tard.

---

<sup>2</sup>Le lecteur retrouvera le détail de ces calculs dans le modèle , onglet  
« Plan de trésorerie », à partir de la ligne 123. Ce modèle se trouve dans le dossier « Modeles ».

FIG. 6.4 – Exemple de décalage temporel rendant la prise en compte des relations inefficace sur un calcul d'achat de bouteilles corrélé aux ventes prévues<sup>a</sup>

		Année 1											
		mars-05 # # # # # # # # # #										jan-06	fév-06
Nombre de Bouteilles Vendues	L0	0										0	0
	L1	0										0	0
	U1	60										60	60
	U0	140										140	140
	XP	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	SWX												
CA Bouteilles de Ch. De Bureau Vendues	L0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	L1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	U1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	360	360
	U0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	840	840
	SWC												
Coût d'Achat d'une Bouteille Complète	L0	0,02	#	#	#	#	#	#	#	#	#	0,02	0,02
	L1	0,04	#	#	#	#	#	#	#	#	#	0,04	0,04
	U1	0,45	#	#	#	#	#	#	#	#	#	0,45	0,45
	U0	0,65	#	#	#	#	#	#	#	#	#	0,65	0,65
	SWC												
Nombre de bouteilles achetées	L0	0											
	L1	0											
	U1	300											
	U0	700											
	XP	0											
	SWX												
Coût Total d'Achat des Bouteilles	L0	0											
	L1	0											
	U1	74											
	U0	234											
	SWC												
Solde Trésor sur Ventes de Bouteilles	L0	-234	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	L1	-74	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	U1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	360	360
	U0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	840	840
	SWC												
	SWX												

<sup>a</sup>Le produit se vend bien, donc nous pouvons considérer que nombre de bouteilles achetées et production vendue sont liés par une relation linéaire (6/6).

FIG. 6.5 – Diagramme du calcul de trésorerie après salaire de Graphistes, première solution

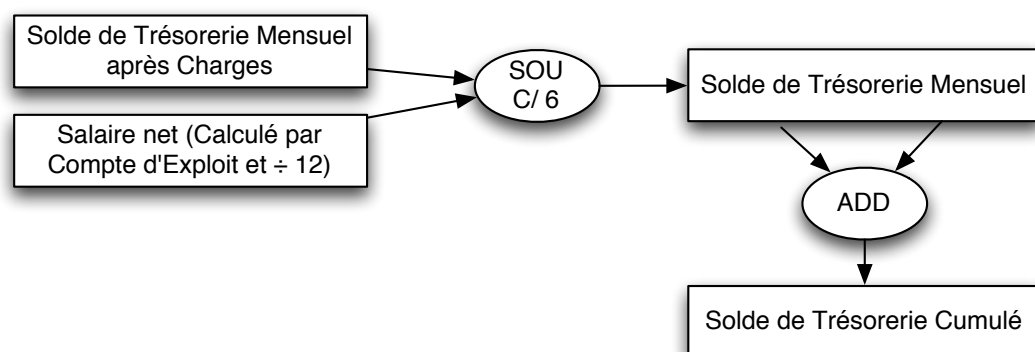


FIG. 6.6 – Calcul de trésorerie après salaire de Graphistes, première solution

		jan-05	fév-05	mars-05	avr-05
<b>S. Trésorerie Mensuel</b> <b>yc Ch. Soc</b> <b>Calcul direct</b>	<b>L0</b>	<b>-157</b>	<b>-605</b>	<b>-18451</b>	<b>-813</b>
	<b>L1</b>	<b>12</b>	<b>23</b>	<b>-1128</b>	<b>-131</b>
	<b>U1</b>	<b>7682</b>	<b>5471</b>	<b>-592</b>	<b>5727</b>
	<b>U0</b>	<b>29627</b>	<b>21184</b>	<b>-592</b>	<b>22457</b>
	<b>6 SWC</b>				
Salaire net	<b>L0</b>	0	0	0	0
	<b>L1</b>	337	337	337	337
	<b>U1</b>	3171	3171	3171	3171
	<b>U0</b>	9128	9128	9128	9128
<b>S. Trésorerie Mensuel</b> <b>yc Salaire</b> <b>Calcul direct</b>	<b>L0</b>	<b>-325</b>	<b>-605</b>	<b>-18451</b>	<b>-813</b>
	<b>L1</b>	<b>-325</b>	<b>-314</b>	<b>-3762</b>	<b>-468</b>
	<b>U1</b>	<b>4512</b>	<b>2301</b>	<b>-1464</b>	<b>2557</b>
	<b>U0</b>	<b>20500</b>	<b>12056</b>	<b>-1464</b>	<b>13329</b>
	<b>6 SWC</b>				
<b>S. Trésorerie Cumulé</b> <b>yc Salaire</b> <b>Calcul direct</b>	<b>L0</b>	<b>-325</b>	<b>-929</b>	<b>-19380</b>	<b>-20193</b>
	<b>L1</b>	<b>-325</b>	<b>-639</b>	<b>-4402</b>	<b>-4869</b>
	<b>U1</b>	<b>4512</b>	<b>6813</b>	<b>5348</b>	<b>7905</b>
	<b>U0</b>	<b>20500</b>	<b>32556</b>	<b>31091</b>	<b>44420</b>
	<b>SWC</b>				

FIG. 6.7 – Diagramme du calcul de trésorerie après salaire de Graphistes, deuxième solution

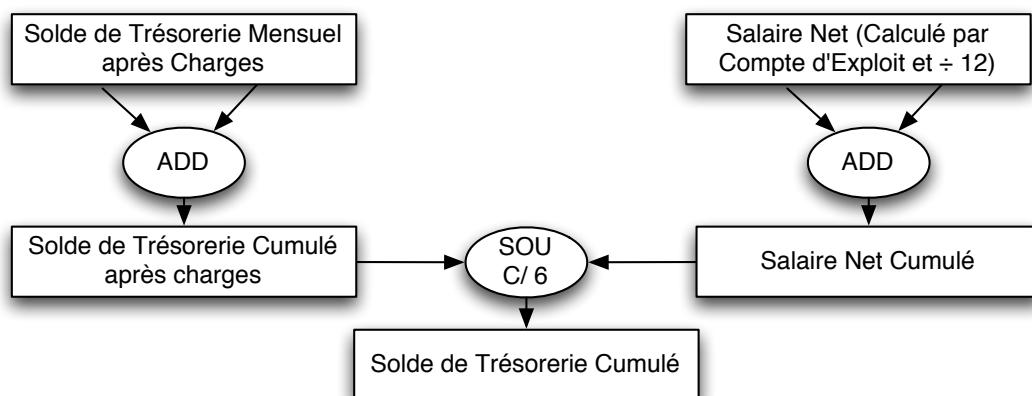


FIG. 6.8 – Calcul de trésorerie après salaire de Graphistes, deuxième solution

		jan-05	fév-05	mars-05	avr-05
<b>Solde de Trésorerie CUMULE</b>	<b>L0</b>	-157	-761	-2247	-3059
	<b>L1</b>	12	34	-558	-688
	<b>U1</b>	7682	13154	12026	17753
	<b>U0</b>	29627	50811	32360	54816
	<b>SWC</b>				
<b>S. Trésorerie Mensuel yc Ch. Soc</b>	<b>L0</b>	-157	-605	-18451	-813
	<b>L1</b>	12	23	-1128	-131
	<b>U1</b>	7682	5471	-592	5727
	<b>U0</b>	29627	21184	-592	22457
	<b>SWC</b>				
<b>Salaire net</b>	<b>L0</b>	0	0	0	0
	<b>L1</b>	337	337	337	337
	<b>U1</b>	3171	3171	3171	3171
	<b>U0</b>	9128	9128	9128	9128
<b>Salaire CUMULE</b>	<b>L0</b>	0	0	0	0
	<b>L1</b>	337	673	1010	1347
	<b>U1</b>	3171	6341	9512	12682
	<b>U0</b>	9128	18255	27383	36510
	<b>SWC</b>				
<b>Solde de Trésorerie CUMULE après salaire</b>	<b>L0</b>	-325	-761	-2247	-3059
	<b>L1</b>	-325	-639	-1568	-2035
	<b>U1</b>	4512	6813	2515	5071
	<b>U0</b>	20500	32556	4977	18306
	<b>SWC</b>				



### 6.1.6 Des modélisations contingentes de leurs situations de gestion

Du fait des différentes particularités que nous venons d'évoquer, et qui sont toutes liées à la prise en compte des relations de dépendance intervariables (IFA), il n'est généralement pas possible de :

- *fuzzifier*<sup>3</sup> un modèle parfait tel quel ;
- proposer des gabarits de plan de trésorerie qu'il suffirait de remplir par exemple.

Le modélisateur pourra en effet difficilement s'affranchir d'une véritable réflexion sur l'articulation de son modèle. En effet, la dimension supplémentaire que la prise en compte d'une relation apporte au modèle fait perdre à celui-ci *la propriété de commutativité entre les différents calculs*.

Nous voyons là que cette particularité fait perdre au calcul sous IFA la propriété de *généralisation de l'arithmétique classique* normalement attachée à la logique floue.

Néanmoins, les avantages retirés de cette prise en charge des relations intervariables<sup>4</sup> valent bien cet inconvénient. En outre, nous pouvons arguer que *cette obligation faite au modélisateur de mener une véritable réflexion sur son modèle ne peut qu'aller dans le sens d'un meilleur apprentissage pour lui*. En revanche, cette perte de propriété de généralisation a pour conséquence une accessibilité à la modélisation à l'aide de l'IFA plus difficile que pour la modélisation à l'aide de l'arithmétique floue basique (BFA).

On peut relativiser cet inconvénient en arguant que d'autres tentatives de prise en compte de l'imperfection de l'information – comme les méthodes statistiques par exemple – ont elles aussi leurs exigences quant à la façon de structurer les informations pour leur calcul, et que celles-ci sont assurément plus difficiles à comprendre empiriquement (voir section 2.2.1.2 page 115).

---

<sup>3</sup>Passer d'une variable réelle à une variable floue.

<sup>4</sup>Dont la première est tout de même un accroissement notable de la précision des résultats, rappelons-le.

## 6.2 Difficultés de la modélisation à l'aide de la logique floue

### 6.2.1 Difficultés d'ordre technique, portant sur la modélisation

#### 6.2.1.1 Un nécessaire apprentissage de la structuration des modèles

Comme nous l'avons évoqué tout au long de *Particularités de la modélisation à l'aide de la logique floue* (page 267), et résumé dans *Des modélisations contingentes de leurs situations de gestion* (page 278), un apprentissage de l'architectonique de la modélisation avec IFA est nécessaire. Cet apprentissage va dans le sens d'une meilleure appréhension de l'économie de son projet par le créateur, car réaliser qu'il existe certaines relations plus « fondamentales » que celles auxquelles on pense *a priori* est plutôt bénéfique.

Néanmoins, cet apprentissage est difficile, et est sans doute réservé à une population sensibilisée au contrôle de gestion ou aux mathématiques. Dès lors, cette difficulté pourrait être de nature à exclure toute une catégorie de porteurs de projets manquant de culture gestionnaire, ou à la rendre dépendante de services de conseils.

Face à cette restriction du champ d'intérêt de la gestion prévisionnelle avec l'IFA, nous formulerons deux remarques :

- les difficultés évoquées ci-dessus sont moins de nature à se produire tant que l'on travaille avec des modèles simples, tels que des comptes d'exploitation annuels. Commencer son apprentissage de la modélisation avec l'IFA par l'entremise de tels comptes d'exploitation est donc un bon moyen de se familiariser en douceur à la fois avec son projet et avec l'IFA ;
- il faut cependant certainement créer des outils beaucoup plus intégrés que ceux que nous avons pu développer ici. Ainsi, une programmation-objet des principaux problèmes rencontrés (objet-calcul de TVA, objet-calcul de salaire de travailleur indépendant, objet calcul d'emprunts, etc.) pourrait certainement démocratiser l'utilisation de l'IFA.

#### 6.2.1.2 La complexité superflue des plans de trésorerie

Le plan de trésorerie ne constitue sans doute pas le meilleur moyen pour un créateur d'appréhender son projet. Si nous considérons les cas personnels que nous

avons modélisés (Constructions pour Location, Achat Voiture) ou la première recherche-intervention que nous avons effectuée hors couveuse (Agence Immobilière), aucune de ces modélisations n'était mensualisée. Il s'agissait plutôt à chaque fois d'établir un compte d'exploitation représentant le fonctionnement du projet dans une temporalité pertinente. En l'occurrence, il s'agissait de l'année, mais la semaine ou le mois ou toute autre unité de temps pourrait être pertinents selon la temporalité du projet étudié.

Aucun de ces projets n'a nécessité à un moment donné une étude plus précise de l'influence du temps. Cela est relativement logique pour Constructions pour Location puisque le projet est en suspens, et l'intervention Agence Immobilière quant à elle n'a pas nécessité une étude plus approfondie grâce aux chiffres relativement précis fournis par le franchiseur du créateur.

Cependant, nous pouvons noter pour le projet Achat Voiture la chose suivante : même si celui-ci n'a pas l'ampleur et ne présente pas le risque d'une création d'entreprise ou de toute autre organisation, par raffinement progressif nous sommes parvenu à un modèle articulé autour d'un double axe temporel. Il s'articule en effet tout d'abord autour du moment du démarrage et de son besoin de trésorerie (l'acte d'achat), puis ensuite autour de son « économie de croisière »<sup>5</sup>.

Ce projet ayant de plus été réalisé, nous avons pu constater<sup>6</sup> :

- que le modèle utilisé était simple et avait rapidement été mis au point (quelques heures, dont une bonne partie à enquêter sur les valeurs à affecter aux variables) ;
- que la prévision du modèle était globalement bonne, et que le réalisé s'inscrivait assez fidèlement dans les chiffres prévus.

Au sujet de cette seconde constatation nous pouvons d'ailleurs nous poser la question de savoir s'il faut dire que *la prévision était bonne*, ou dire qu'*elle a permis de prendre conscience des déterminants économiques du projet*, et d'ainsi autoriser à le piloter de manière à maîtriser ses coûts ?

Le plan de trésorerie pourrait ainsi être pertinent pour certains projets sur le point d'être lancés, mais sans doute faut-il essayer de l'éviter dans un premier temps.

Néanmoins, le lecteur pourra remarquer que l'ensemble de nos recherches-interventions effectuées pour le compte de la couveuse de l'Université de Caen sont au format « plan de trésorerie ». Nous avons en effet cédé à la pression des tuteurs de

---

<sup>5</sup>Voir « Cas Achat Voiture » à la page 232.

<sup>6</sup>Voir « Comparaison de la prévision avec le réalisé » à la page 240.

projet de l'un des organismes de tutelle de la couveuse, ceux-ci insistant pour que notre intervention « apporte véritablement » quelque chose aux créateurs, et dès lors nous avons cherché à conformer nos outils se réclamant de la « modélisation économique de projet » à l'une des formes « canoniques » de ce type d'outil, le plan de trésorerie.

Il est en effet assez difficile de faire comprendre aux interlocuteurs la différence qu'il peut y avoir entre la modélisation économique d'un projet avec la logique floue et tout autre type d'outil permettant également de chercher à prévoir le fonctionnement d'un projet du point de vue économique. Il faut ainsi un certain temps de pratique de la modélisation à l'aide de la logique floue pour en saisir l'intérêt :

*« C'est un outil qui a des caractéristiques très différentes de ce qui existe, et c'est sûrement l'une de vos difficultés, parce que quand vous êtes face à quelqu'un qui a l'habitude de recevoir des business plans, il vous voit comme fournisseur d'un nouveau logiciel de business plans, et il veut vous faire rentrer dans son moule. »*

Créateur du projet Appareillage de Mesure

Le plan de trésorerie flou *apporte donc sans doute moins* au créateur qu'un simple compte d'exploitation flou, au moins dans les premiers temps de réflexion consacrés à son projet, ceci pour plusieurs raisons :

- la création d'un modèle « plan de trésorerie » tel que repré-  
sente une bonne semaine de travail, abstraction faite des développements portant sur l'outil « Calculateur Flou ». Comparé aux quelques heures nécessaires à l'élaboration de Constructions pour Location, Achat Voiture ou Agence Immobilière, il semble relativement évident que le rapport « *capacité représentative du modèle / temps passé* » milite en faveur du compte d'exploitation. En outre, la semaine de travail ici évoquée est une semaine de chercheur déjà relativement entraîné à établir des modèles budgétaires flous, cela serait certainement plus long pour un novice ;
- cette question de temps passé à créer et à alimenter le modèle est relativement cruciale quand on prend garde aux heuristiques suivies par les managers ou les entrepreneurs pour prendre des décisions (Mintzberg, 1990, Riveline)<sup>7</sup>. Les porteurs ont cependant probablement un peu plus de temps que les managers pour mûrir leurs projets :

*« J'avais commencé sur des feuilles de papier et j'avais plusieurs feuilles de papier avec plusieurs hypothèses, sauf que sur un*

---

<sup>7</sup>Claude Riveline, *Les infortunes de la raison : pourquoi les entreprises doivent être des tribus*, Journée de l'École Doctorale Économie - Gestion Normandie, Le Havre, 12 juin 2003.

*papier, il fallait toujours écrire à quoi ça correspondait, ça devenait un bazar pas possible, mais j'avais déjà cette démarche là en fait, dès le départ. »*

Porteuse du projet Accueil Enfants

- il n'est pas évident que la prise en compte du déroulement temporel du projet apporte un éclairage très important par rapport à *l'augmentation exponentielle du développement* du modèle qu'elle nécessite. La pertinence de la prise en compte des process temporels dans la modélisation dépend certainement du type de projet. Mais la complexité que cela ajoute au modèle rend certainement celui-ci moins accessible aux utilisateurs peu sensibilisés au contrôle de gestion<sup>8</sup> ;
- enfin, le temps passé sur l'architecture d'un modèle mensualisé –que ce temps soit consacré à son élaboration ou à sa compréhension– *risque certainement de se faire au détriment de la recherche de l'information* nécessaire à l'alimentation du modèle, et représente donc une *inefficience potentielle additionnelle*.

Cependant, nous pouvons affirmer que la nécessité de développer des plans de trésorerie aura eu deux mérites pour notre recherche :

- celui d'introduire une très nette amélioration de nos outils, que ce soit au niveau de la fiabilité<sup>9</sup> comme au niveau de la flexibilité ;
- d'améliorer nos connaissances en termes de modélisation à l'aide de l'arithmétique floue.

---

<sup>8</sup>Nous avons ainsi dû abandonner un calcul que nous avions intégré au modèle de Graphistes : nous avions prévu une contrainte glissant d'un mois à l'autre qui vérifiait que le temps nécessaire à la prospection additionné au temps nécessaire au travail de graphiste à proprement parler pouvait entrer dans la durée mensuelle du travail. Dans le cas contraire, les heures de travail « débordaient » sur le mois suivant, laissant moins de temps de travail mensuel de libre. Nous avons fait cela pour que les porteuses du projet prennent garde au temps nécessaire à la prospection, et prennent garde au fait que ce temps n'était pas rémunérateur. Il s'est avéré que notre ordinateur ne parvenait pas à faire le calcul sur plus que quelques mois. Nous avons alors modifié le calcul afin qu'il fasse apparaître mois par mois les hypothèses incompatibles avec la durée possible de travail mensuel, charge à l'utilisateur de corriger ses hypothèses pour ne pas se trouver en situation de surcharge horaire. Le lecteur pourra retrouver deux exemples différents de la solution finalement retenue dans les modèles et , onglet « Charge W ». Ces modèles se trouvent dans le dossier « Modeles ».

<sup>9</sup>Un modèle comme contient 38 variables floues et une quarantaine de formules IFA reproduites sur 36 mois, soit environ 1450 formules IFA. Lors du lancement des deux tests (entropie et levier opérationnel), la formule IFA est utilisée plus de 110 000 fois de suite.

### 6.2.1.3 Difficulté de ne partir de rien pour créer à la fois outils et modèles

Même si l'approche de la modélisation économique d'un projet par la logique floue fait plutôt sens au décideur<sup>10</sup>, il semble difficilement envisageable pour le praticien de commencer par se créer les outils de calcul (l'équivalent du travail présenté au chapitre 4 page 173) avant de pouvoir créer un modèle. Comme nous l'avons remarqué dans « Développer des outils de contrôle de gestion flous et les améliorer en les appliquant à des cas fictifs ou à des cas réels de projet d'entreprise » à la page 138, nous constituons « l'utilisateur type » des prescriptions de Lesage, mais abstraction faite du phénomène d'urgence inhérent à la plupart des organisations.

Nous avons en effet développé les outils de calcul flou sur 3 années (de septembre 2001 à septembre 2004)<sup>11</sup> et un tel délai est difficilement compatible avec la temporalité généralement observée dans les organisations. Ces trois années n'ont bien sûr pas été uniquement consacrées à la création des outils de calcul flou puisque le doctorant assure également classiquement des charges d'enseignement et qu'en outre nous avons également passé un certain temps à créer des modélisations.

Contrairement au travail doctoral qui constitue un travail personnel, le contrôleur de gestion en organisation pourrait éventuellement s'adjoindre l'aide d'un analyste-programmeur ou œuvrer au sein d'un groupe projet, ce qui serait de nature à accélérer la constitution de l'outil. Il y a donc certainement moyen de réduire ce temps de développement, cependant, la constitution de modélisations fait vraisemblablement partie de l'apprentissage de l'utilisation de la logique floue dans la modélisation économique de projets, et constitue une sorte de maturation nécessaire à la création des outils, cette maturation étant plus ou moins incompressible.

Ainsi, au sujet de la *viabilité de l'utilisation de la logique floue dans la modélisation économique de projet*, deux niveaux sont sans doute à considérer, celui dont il est question ici étant le niveau inférieur de notre pyramide (c'est-à-dire celui de la « constitution d'outils de calcul », voir figure 3.5 page 171). À ce niveau, la constitution d'outils de calculs par des acteurs de l'organisation en ne partant de rien – sauf cas d'organisation particulièrement sensible à la recherche, ou organisation ayant déjà l'expérience de la logique floue et qui serait donc particulièrement sensibilisée à son intérêt – semble difficilement concevable pour les questions de temps et de moyens que nous venons d'évoquer.

---

<sup>10</sup>Voir tableau 5.2 page 254, qui montre des taux de participation et de prise de rendez-vous relativement élevés pour une démarche totalement inconnue, voir également

<sup>11</sup>Voir tableau 4.1 page 181.

Par rapport à cette double difficulté pour les praticiens de s'investir dans le développement des outils permettant la modélisation économique de projet à l'aide de la logique floue, et des compétences nécessaires à développer au niveau de la modélisation, il semble pertinent de non seulement proposer des outils effectuant les calculs, mais également de compléter ceux-ci d'autres outils facilitant la création d'un modèle. De tels outils pourraient être des tutoriels aidant à assimiler l'architecture des modélisations. Mais ils pourraient aussi se présenter sous forme d'artefacts facilitant l'appréhension des problèmes de disposition adéquate des variables pour prendre en compte leurs interrelations, ou d'outils aidant à progressivement raffiner le modèle (création d'un modèle monopériode simple puis par création de découpages temporels transformation en plan de trésorerie, par exemple).

## 6.2.2 Difficultés liées à l'interaction modèle-utilisateur

### 6.2.2.1 Difficulté à appréhender la gestion de l'entropie

#### Quand la prise en compte d'une relation additionnelle tue le gain d'entropie...

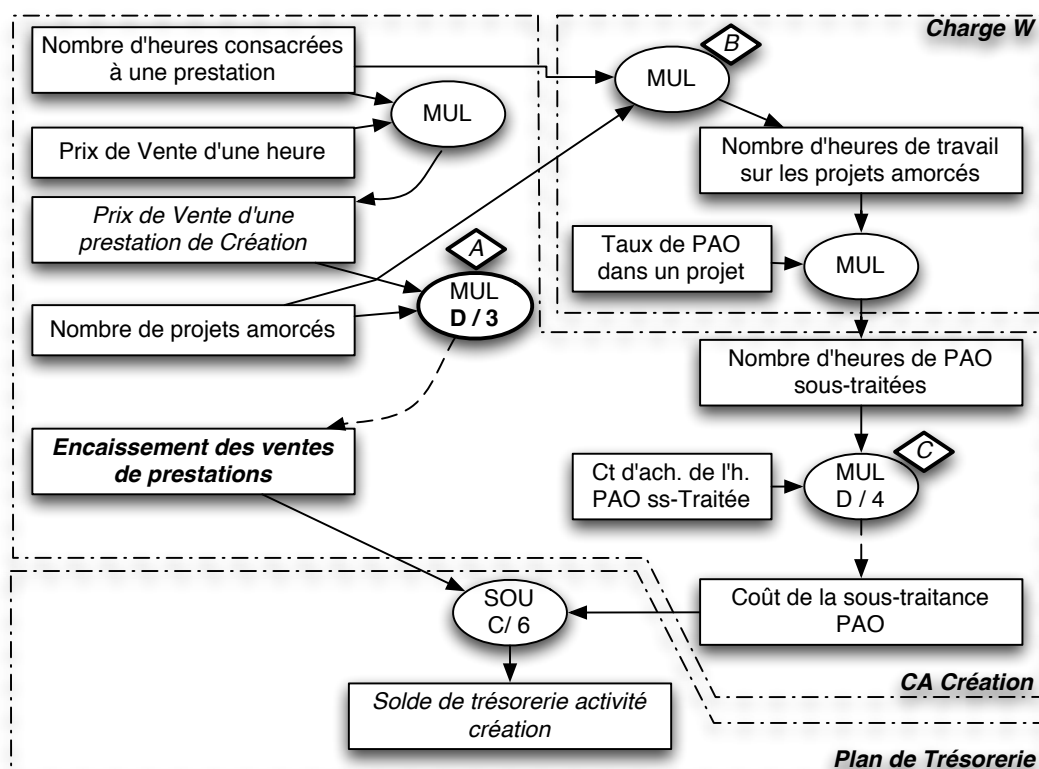
Lors de la création du modèle pour Graphistes, nous avons été surpris par le résultat de nos calculs. Notre surprise venait des chiffres affichés par le solde de la trésorerie sur activité de création, et par le salaire qu'on pouvait espérer dégager de l'activité générale des graphistes (dont une partie importante provient de cette activité de création). Il s'agit ici du cas de Graphistes 65, qui pensait démarcher des clients et ne s'occuper que de pure création graphique, et faire sous-traiter toute la partie PAO de son travail (voir la page 261, nous réévoquerons également ce cas dans « La prise en compte de l'imperfection de l'information permet de songer à d'autres variables ou phénomènes non modélisables » à la page 313). La partie du modèle que nous évoquons ici correspond au diagramme de la figure 6.9 page ci-contre<sup>12</sup>. Nous avons mis en place dans ce modèle la structure de calcul suivante :

- d'un côté, le nombre d'heures nécessaires pour mener à bien une prestation multiplié par le prix de vente de l'heure donnait le prix de vente d'une prestation de création type (PAO comprise). Celui-ci multiplié par le nombre de projets amorcés donnait le Chiffre d'Affaires des Ventes de Prestations ( nous

---

<sup>12</sup>Le lecteur retrouvera le détail de ces calculs dans le modèle Graphistes 65, dans le dossier « Modeles ». Les différents onglets concernés par les calculs sont ceux dont le nom apparaît dans la figure 6.9 page suivante.

FIG. 6.9 – Diagramme du calcul du solde de trésorerie de l'activité création chez Graphistes



avons prévu une relation décroissante moyenne entre les deux (3/6), car on peut partir du principe que l'on ne va pas s'engager dans de nombreux gros projets en même temps, et inversement, si on a tendance à ne décrocher que des petits projets, on cherchera à en faire plus – calcul marqué par un A dans notre diagramme) ;

- de l'autre côté, le nombre d'heures nécessaires pour une prestation multiplié par le nombre de projets amorcés donnait le nombre d'heures de travail sur les projets amorcés. Celui-ci multiplié par un taux de PAO donnait le nombre d'heures de PAO sous-traitées, qui multiplié par le coût d'achat de l'heure donnait le coût de la sous-traitance de la PAO. Nous avons intégré une relation décroissante forte (4/6) dans cette dernière multiplication, car le coût de l'heure de sous-traitance est fortement dépendant de la quantité sous-traitée (calcul marqué par un C dans notre diagramme) ;
- enfin, dans le plan de trésorerie, le coût de la sous-traitance PAO était soustrait au Chiffre d'Affaires des Ventes de prestations avec une relation linéaire



(6/6)), car la quantité de sous-traitance est directement corrélée au volume d'affaires fait en création. Ce solde de trésorerie vient s'additionner dans le plan de trésorerie à des soldes de trésorerie d'autres activités secondaires avant de se voir retirées diverses charges. Parallèlement, l'ensemble des produits et des charges est calculé dans un compte d'exploitation annuel qui permet de calculer le salaire annuel. ).

Notre calcul initial correspondait donc au calcul n° 2 du tableau 6.1. Les lettres *A*, *B*, *C* –« Niveaux de relation fixés par calcul »– présentées dans la seconde partie du tableau correspondent aux marqueurs *A*, *B*, *C* placés sur le diagramme de la figure 6.9 page précédente et identifient les calculs dont nous modifions les niveaux de relation dans le tableau.

TAB. 6.1 – Calcul de différents résultats et de leur entropie selon les relations prises en compte

Calcul n°		1	2	3	4	5	6
Signif. du calcul		Sans relations	Premier calcul	Supprimer A pour rétablir l'entropie	Autre solution	Solution qui correspond le plus à la réalité de la connaissance	Avec une relation sur les ventes uniquement
Niveaux de relation fixés par calcul	A	0	D/3	0	D/3	D/3	D/3
	B	0	0	0	D/3	D/3	0
	C	0	D/4	D/4	0	D/4	0
Solde de trésorerie	$L_0$	-83 668	-1 073 932	0	-45 718	0	-1 532 908
	$L_1$	5 135	9 850	4 649	8 651	7 832	-23 095
activité	$U_1$	151 836	46 016	220 948	107 961	157 102	10 336
de création	$U_0$	151 836	46 016	375 309	107 961	186 638	10 336
AireEntropie		191 102	578 057	295 804	126 495	167 954	788 338
Variation Entrop.		+0 %	+202 %	+55 %	-34 %	-12 %	+313 %
Salaire	$L_0$	-169 697	-980 873	-150 882	-125 533	-108 013	-1 367 983
Cumulé	$L_1$	-74 161	-57 753	-89 188	-61 908	-72 993	-86 298
sur trois	$U_1$	68 748	7 587	112 594	40 912	72 089	-21 728
années	$U_0$	68 748	7 587	188 193	40 912	80 464	-21 728
AireEntropie		190 676	526 900	274 929	134 633	166 779	705 412
Variation Entrop.		+0 %	+176 %	+44 %	-29 %	-13 %	+270 %

Nous voyons dans le tableau que ce calcul n° 2 génère 202 % d'entropie en plus dans le calcul de la trésorerie que dans le cas où aucune relation n'est prise en compte (si ce n'est la relation linéaire finale entre Chiffre d'Affaires des Ventes de Prestations et Coût de la Sous-Traitance PAO, qui est conservée à 6/6 dans l'intégralité des calculs du tableau). Le calcul n° 6, dans lequel seule la relation

« on ne peut faire que quelques gros projets, mais on multiplie les petits le cas échéant » est prise en compte affiche une dérive encore plus forte avec une entropie de + 313 % sur la trésorerie. Nous pouvons observer que parallèlement, ces deux calculs font également chuter l'espérance maximum de salaire net annuel, et qu'il devient même négatif dans le calcul n° 6 (celui-ci étant calculé par différence entre produits et charges annuels dans le compte d'exploitation).

Nous voyons donc là que *contre-intuitivement*, l'ajout de la prise en compte d'une relation *vient créer une entropie additionnelle en lieu et place du gain d'entropie attendu*. Il ne s'agit pas là d'un artefact<sup>13</sup> de calcul, mais bel et bien d'une conséquence directe de l'information fournie au modèle : en fait, procéder à de tels calculs revient à *contraindre* la façon dont sont calculés les revenus, alors que la façon dont est calculé le coût de la sous-traitance est lui *non contraint*. Puis on soustrait l'un à l'autre avec une relation linéaire, ce qui revient à soustraire un coût de sous-traitance « large » à un Chiffre d'Affaires « restreint ».

Le premier réflexe dans un tel cas pourrait être de supprimer la *contrainte* mise sur les revenus (relation *A*) pour essayer de retrouver une entropie et un salaire annuel cohérents (calcul n° 3). Nous pouvons cependant observer que cette solution, dans laquelle seule la relation sur le calcul *C* est conservée, place encore les résultats de ces calculs en situation de « surentropie » par rapport à un simple calcul sans relations.

Finalement, l'information manquant dans notre modèle, est qu'il faut tenir compte du fait *que nous ne pouvons pas accumuler plusieurs projets importants sur une même période* non pas seulement au niveau des recettes, mais *au niveau des dépenses également*. Cela ne peut se faire qu'au niveau du calcul *B*. Le calcul *B* doit en effet signifier la même chose en termes temporels que ce que signifie la relation du calcul *A* en termes monétaires, c'est-à-dire « on ne peut faire que quelques gros projets, mais on multiplie les petits le cas échéant ». Il faut donc réintégrer une relation au niveau du calcul *B* pour rendre sa cohérence à la modélisation.

Nous voyons qu'en prenant cette information en compte (calcul n° 4), l'entropie réagit de façon plus conforme à nos attentes, en diminuant de 34 % par rapport au calcul sans relations.

Cependant, ce calcul n° 4 ne contient plus de relation au niveau du calcul *C*, c'est-à-dire qu'il ne tient plus compte du fait *qu'il y a des remises à la quantité* au niveau du coût de la sous-traitance PAO.

---

<sup>13</sup>Nous entendons ici exceptionnellement *artefact* dans le sens de « phénomène d'origine artificielle ou accidentelle rencontré au cours d'une expérience ou d'une observation ».

Le calcul n° 5 reprend donc cette dernière relation, et correspond dès lors au plus près aux représentations que nous nous faisons du fonctionnement économique du projet. Le lecteur remarquera cependant qu'à nouveau, cette relation additionnelle vient réaugmenter l'entropie puisque d'un gain d'entropie de 34 % pour le calcul n° 4 par rapport à la solution sans relation nous retombons à seulement 13 % avec le calcul n° 5.

Cet exemple nous montre ainsi une fois de plus *l'importance cruciale de l'architecture du modèle* et de *l'apprentissage de la structuration des modèles* comme nous l'évoquions à la page 279. Mais cet exemple illustre également d'autres phénomènes :

- un modèle relativement *macroscopique* semble pouvoir donner des informations déjà pertinentes puisque nous voyons que la prise en compte de 3 relations supplémentaires ne nous fait gagner que 12 % d'entropie ;
- au niveau des savoirs sur la structuration des modèles, il semble qu'il faille être conscient des différents niveaux de détail dans lesquels on veut faire descendre notre modèle. Ainsi dans notre exemple, soit la réflexion doit s'arrêter à la prise en compte d'une relation entre ventes de prestations et coût de la PAO, soit si l'on veut descendre à un niveau de détail supplémentaire, il faut s'assurer d'avoir bien mené la réflexion à son terme. En effet, ne rester à la prise en compte que d'une seule relation sur les trois que pouvait contenir notre exemple est de nature à fortement biaiser les résultats. Heureusement, un examen de ceux-ci avec un peu de recul permet de détecter le biais et de corriger le modèle tout en améliorant et son savoir faire en termes de constitution de modèles de calcul de coûts à l'aide de la logique floue et améliorer sa perception du projet. Nous voyons cependant ici qu'un minimum de compétences en contrôle de gestion est sans doute nécessaire pour contourner ces difficultés<sup>14</sup> ;
- il faut également préciser que les taux de réduction d'entropie observés sont contingents de l'entropie des NFT utilisés, et en situation de moindre incertitude, ou avec des NFT de valeurs différentes, le problème ne serait peut-être pas apparu aussi nettement<sup>15</sup>.

<sup>14</sup>Remarquons que de telles compétences sont cependant également nécessaires lors de calculs de coûts ou de budgétisations classiques.

<sup>15</sup>Cette dernière constatation valide le bien-fondé de la fonction de tests de sensibilité de l'entropie des résultats *aux niveaux de relations* utilisés dans les modèles (voir « Fonctionnement de la macro « Test Sensibilité » » à la page 198). En effet, notre macro « Tests Sensibilité » donne à la fois la sensibilité des résultats à l'entropie des NFT *inputs*, mais également aux niveaux de relations utilisés dans les IFA. Nous y avons également ajouté une fonction donnant le signe de l'impact, permettant ainsi de rapidement déceler les variables et les relations *ayant des effets contre-intuitifs*, c'est-à-dire celles des variables et des relations qui augmentent l'entropie au lieu de la diminuer lorsqu'on les améliore. En outre, nous avons prévu la possibilité de ne lancer les

## Il est difficile de hiérarchiser les variables causes d'entropie lorsque l'on fait des tests entropie sur plusieurs états de sortie différents du modèle

Une même prévision budgétaire peut donner plusieurs états de sortie. Ainsi, sur les modélisations développées pour Accueil Enfants et pour Graphistes, nous avons prévu en parallèle –pour une meilleure compréhension des projets– un plan de trésorerie et un compte d'exploitation. Nous avons organisé notre macro « Test Sensibilité » de façon suffisamment flexible pour pouvoir tester plusieurs états de sortie en une seule procédure le cas échéant (« Fonctionnement de la macro « Test Sensibilité » » à la page 198). La difficulté ici réside dans le fait que des calculs différents sont utilisés pour générer ces états différents, et le test de sensibilité à l'entropie ne va donc pas donner la même importance à chacune des variables d'entrée pour les deux états différents que sont le plan de trésorerie et le compte d'exploitation comme l'illustre la figure 6.10<sup>16</sup>.

FIG. 6.10 – Comparaison des Tests Sensibilité Entropie du Compte d'Exploitation et du Plan de Trésorerie de Accueil Enfants

Test Entropie Compte D'Exploitation			Test Entropie Plan de Trésorerie	
Variable	Sensibil ité	Sens impact	Variable	Sensibili té
Prix_Vte_Jouets	28%		Prix_Vte_Jouets	34%
Nb_Spect_Mensuel	23%		Marge_Vte_Jouets	22%
Marge_Vte_Jouets	18%		Nb_Anniv_Mensuel	13%
Prix_Entree_Spect	18%		Nb_Paniers_Vendus_Bar	13%
Nb_Entrees_Spect	16%		Nb_Enfants_Par_Anniv	8%
Nb_Paniers_Vendus_Bar	11%		Mtt_Apport	8%
Nb_Anniv_Mensuel	6%		Panier_Moyen_Bar	7%
Panier_Moyen_Bar	6%		Nb_Spect_Mensuel	6%
Nb_Paniers_Vendus_Magas	6%		Ct_Panier_Moy_Bar	5%
etc.			etc.	

Nous voyons donc dans la figure 6.10 que si la variable « Prix de Vente Jouets » est la première responsable de l'entropie des résultats des deux états, la variable

tests d'entropie que sur les seules relations, ce qui permet de gagner du temps lors de cas tel que celui que nous venons d'évoquer.

<sup>16</sup>Nous avons ici collé côté à côté les deux états établis par la macro « Test Sensibilité ». Ces tests ont été effectués en mode « relations désactivées », avec le *switch central* paramétré sur « IND », cela revient à basculer le modèle en BFA. Les résultats sont ainsi un peu plus simples pour notre exemple, mais nous voyons donc ici que l'IFA n'est pas responsable du fait que les deux états ne donnent pas nécessairement les mêmes variables pour principales responsables de l'entropie du résultat.

« Nombre de Spectacles Mensuels » sort en seconde position avec une sensibilité de 23 % dans le compte d'exploitation, mais n'apparaît plus qu'en 8<sup>e</sup> position dans le plan de trésorerie avec une sensibilité de 6 %. Il devient alors difficile de se faire rapidement une idée sur les variables dont il faut approfondir la connaissance, surtout que les relations entre variables viennent encore un peu plus brouiller les cartes, comme l'illustre la figure 6.11.

FIG. 6.11 – Exemple de Test Sensibilité Entropie du Plan de Trésorerie (Accueil Enfants) avec prise en compte des relations

Variable	Sensibilité	Sens impact	Rappel Niveau Relat°
Rel_Nb_Jouets_Vendus_et_Prix_Vente	29%		3
Prix_Vte_Jouets	28%		
Marge_Vte_Jouets	21%		
Rel_CA_Anniv_et_Cts_Enfants	14%		5
Mtt_Apport	13%		
Panier_Moyen_Bar	12%		
Nb_Paniers_Vendus_Bar	9%		
Nb_Spect_Mensuel	9%		
Salaire_Barmaid	7%		
Ct_Consos_Anniv	7%		
Cachet_Spect	6%		
Ct_Pas_de_Porte	5%		
Nb_Anniv_Mensuel	5%		
Ct_Location_M2	5%		
Ct_Panier_Moy_Bar	3% -		
Tx_Charges_Patronales	3%		
Px_Anniv_Par_Enfant	3% -		
Rel_MSCV_Anniv_et_Cts_Gateau	2%		3
etc.			

La solution temporaire que nous avons trouvée pour hiérarchiser les variables dans une telle situation est *manuelle*, il s'agit d'imprimer côte à côte les deux états de sortie et relier au *surligneur* les variables de part et d'autre pour pouvoir réaliser facilement quelles sont celles qui se placent le plus en tête des « génératrices d'entropie » (figure 6.12 page suivante). Il serait cependant intéressant d'arriver à automatiser une solution ergonomique pour ces cas de figure.

FIG. 6.12 – Une solution pour comparer des Tests Sensibilité Entropie du Compte d'Exploitation et du Plan de Trésorerie (modèle Accueil Enfants)

Test Entropie Compte D'Exploitation			Test Entropie Plan de Trésorerie	
Variable	Sensibil ité	Sens impact	Variable	Sensibili té
Prix_Vte_Jouets	28%		Prix_Vte_Jouets	34%
Nb_Spect_Mensuel	23%		Marge_Vte_Jouets	22%
Marge_Vte_Jouets	18%		Nb_Anniv_Mensuel	13%
Prix_Entree_Spect	18%		Nb_Paniers_Vendus_Bar	13%
Nb_Entrees_Spect	16%		Nb_Enfants_Par_Anniv	8%
Nb_Paniers_Vendus_Bar	11%		Mtt_Apport	8%
Nb_Anniv_Mensuel	6%		Panier_Moyen_Bar	7%
Panier_Moyen_Bar	6%		Nb_Spect_Mensuel	6%
Nb_Paniers_Vendus_Magas	6%		Ct_Panier_Moy_Bar	5%
etc.			etc.	

### 6.2.2.2 Difficulté cognitive à utiliser les charges signées négativement avec l'IFA

Une autre difficulté que nous avons rencontrée lors de l'établissement de modèles est la suivante : nous avons pris l'habitude, lors de création de comptes d'exploitation « classiques », de signer les charges négativement dans les tableaux, et ceci afin de les repérer plus facilement. Dès lors, produits et charges sont additionnés, et c'est le signe de la variable qui définira si celle-ci se retranche à la variable précédente ou si elle s'y ajoute. On retrouve souvent ce genre de pratique en contrôle de gestion, avec différentes présentations, comme par exemple l'édition des charges entre guillemets simples  $< 500 >$  ou entre parenthèses  $( 500 )$  comme le font les comptables.

S'il peut être pratique d'ainsi visualiser rapidement les composantes négatives d'un calcul lors de la lecture d'un tableau, une telle pratique s'avère rapidement gênante lors de calculs avec l'IFA. En effet, lorsque nous énonçons la relation suivante, par exemple : « Les coûts de sous-traitance croissent avec le Chiffre d'Affaires », nous évoquons ces deux variables par rapport à leur grandeur, en valeur absolue (figure 6.13 page ci-contre).

Prenons un exemple numérique pour notre variable « Coûts de sous-traitance » :

	$L_0(ST)$	$L_1(ST)$	$U_1(ST)$	$U_0(ST)$
« Coûts de sous-traitance »	200	220	300	500

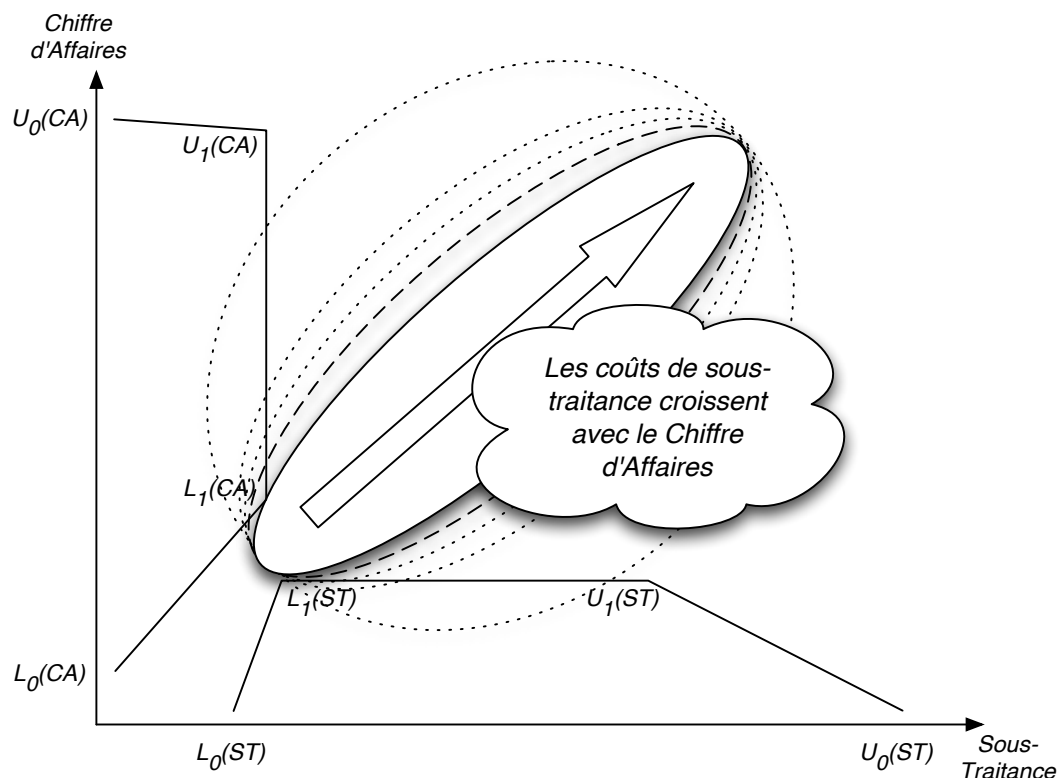
Si à présent nous décidons de signer négativement les charges, notre NFT « Coûts de sous-traitance » va s'inverser. En effet, -500 par exemple, va devenir *la plus petite valeur* du NFT et donc devenir la coordonnée  $L_0(ST)$ , et ainsi de suite pour chaque coordonnée. Cela nous donnera donc un NFT inversé par rapport au NFT *valeur absolue* ci-dessus, avec les coordonnées suivantes :

	$L_0(ST)$	$L_1(ST)$	$U_1(ST)$	$U_0(ST)$
« Coûts de sous-traitance »	-500	-300	-220	-200

La difficulté va apparaître parce que suite à cette inversion du NFT, la relation entre les deux variables n'est plus « croissante » ! En effet, alors que nous exprimons une relation croissante entre les charges et les produits au travers de notre énoncé « Les coûts de sous-traitance croissent avec le Chiffre d'Affaires », nous serons obligés, pour prendre en compte cette relation avec l'IFA si nous signons les charges négativement, de paramétrer une relation *décroissante*, comme l'illustre la figure 6.14 page 294<sup>17</sup>.

<sup>17</sup>Quand bien même l'utilisateur entrerait le NFT signé négativement dans l'ordre suivant  $[-200, -220, -300, -500]$ , les calculs en logique floue prendraient les coordonnées de ce NFT

FIG. 6.13 – Signification générale de l'énoncé d'une relation entre deux variables



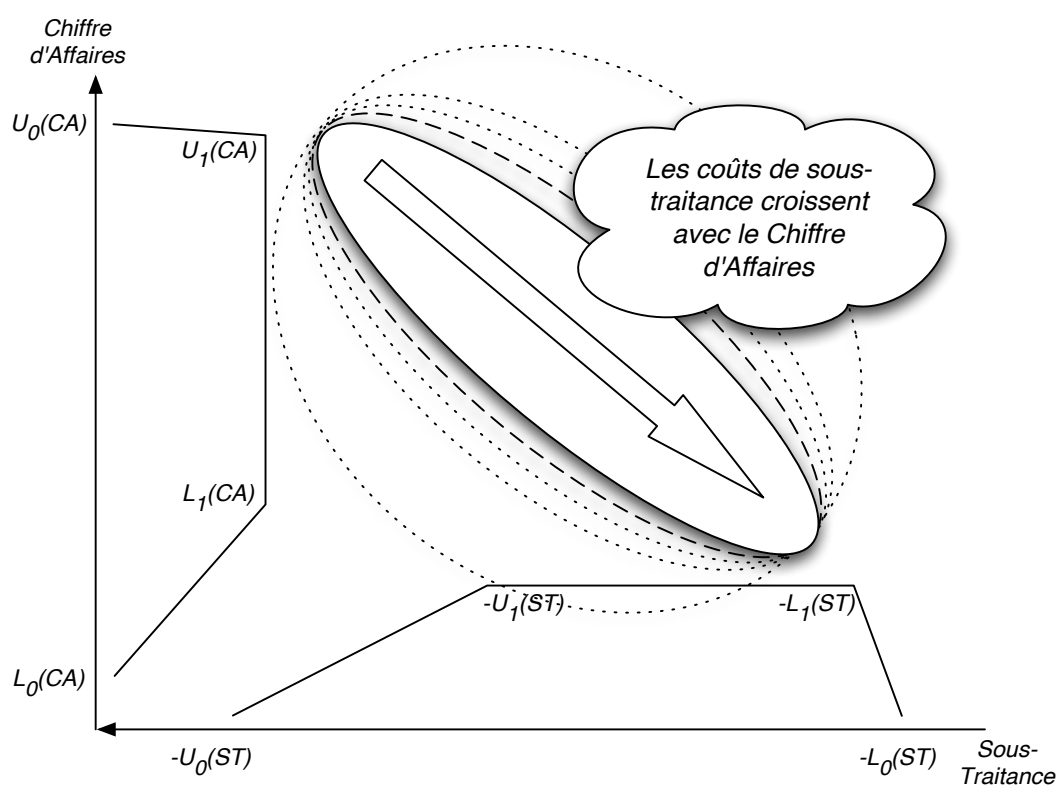
Un tel phénomène rend l'expression des relations entre variables complètement *contre-intuitive*, et cela va bien sûr à l'encontre de la meilleure *ergonomie recherchée au travers de l'usage de la logique floue*. Même si sur un ou deux calculs l'utilisateur peut arriver à gérer l'inversion des relations, dès que le modèle devient plus complexe et que les relations deviennent plus dures à exprimer les unes par rapport aux autres, faire cet exercice est particulièrement improductif et de nature à générer des erreurs de logique. Il faut donc vraisemblablement abandonner cette habitude de signer les charges négativement. Même la solution purement cosmétique – rendue possible par l'usage d'un tableur – de modifier l'affichage afin que le nombre apparaisse sous forme négative alors qu'il est en réalité utilisé en valeur absolue dans les calculs créerait plus de gêne à l'utilisateur que d'avantages,

---

dans leur vrai ordre croissant (« Arithmétique floue » à la page 101 et « Fonctionnement de la macro « calculateur flou interactif » (IFA) » à la page 191), rendant la situation encore plus difficile à appréhender.



FIG. 6.14 – La relation entre deux variables inversée par les charges signées négativement

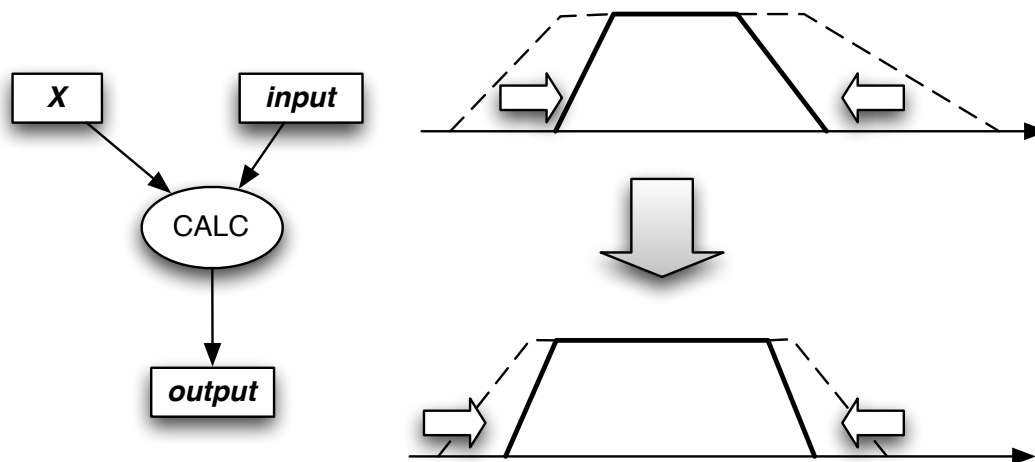


puisque les coordonnées du nombre flou seraient alors triées dans le même ordre que dans le NFT *valeur absolue*, mais signées négativement.

### 6.2.2.3 Phénomènes de « cisaillement » lors de réduction d'entropie avec IFA

Voici une dernière réaction contre-intuitive que nous avons pu observer lors de calculs avec IFA. Il semble relativement évident que si l'on réduit l'entropie d'un NFT *input* d'un modèle, l'*output* devrait voir lui aussi son entropie diminuer, et le NFT *output* résultat de ce nouveau calcul devrait logiquement se trouver être un sous-ensemble du NFT *output* initial (figure 6.15).

FIG. 6.15 – Un gain en précision sur un NFT *input* laisse présager un résultat plus précis, sous-ensemble du résultat précédemment calculé



Cette « attente » que nous avons vis-à-vis du processus de réduction d'entropie est bien respecté par le calcul BFA, en revanche il peut parfois être perturbé par des phénomènes de « cisaillement » lors de calculs en IFA. La figure 6.16 page suivante représente une multiplication de deux NFT faite en BFA, suivie d'un second calcul dont les deux NFT *input* ont été réduits par les coordonnées inférieures exclusivement. Nous voyons que dans une telle situation, le NFT *output* représenté sur la figure 6.17 page suivante respecte notre « attente », et fort logiquement ne se précise que par le réajustement de ses coordonnées inférieures.

La figure 6.18 page 297 reprend les mêmes calculs, mais avec une multiplication IFA comprenant une *relation décroissante très forte* (5/6). Nous voyons dans la représentation graphique du résultat initial et du résultat « précisé » de la figure 6.19

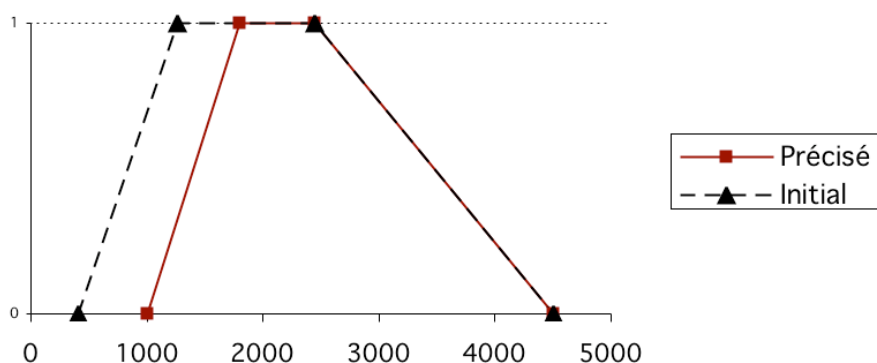
FIG. 6.16 – Exemple de calcul avec amélioration de l'entropie avec BFA

Calcul Initial				
X	12	23	35	50
Y	34	55	70	90
MUL	408	1265	2450	4500

Calcul Précisé				
X	20	30	35	50
Y	50	60	70	90
MUL	1000	1800	2450	4500

FIG. 6.17 – Illustration graphique du résultat de réduction d'entropie avec BFA



page 298 que dans ce cas-ci, le noyau du calcul mis à jour n'appartient même pas au noyau du calcul initial ! Le support a lui aussi « glissé vers la droite ».

Cet exemple est bien entendu un peu caricatural, car nous avons à la fois précisé les deux NFT *input* en ne les réduisant que d'un côté, ce qui est plutôt rare, et conjugué cela avec une relation très forte. En outre, sur un modèle comportant plus que deux variables *input* et plus d'un calcul, un tel effet serait rapidement « dilué » dans la succession de calculs. Il n'empêche que des situations moins contrastées peuvent malgré tout apparaître assez facilement, dans lesquelles le nombre flou recalculé va légèrement sortir des frontières de l'hypothèse initiale. Par exemple, à l'occasion d'une mise à jour de Conversion GPL avec des chiffres actualisés (consommation réelle de la voiture, prix actualisés de l'essence à la pompe), nous nous sommes fait la réflexion que la borne  $L_1$  de notre NFT « Coût d'une installation GPL », estimées à 1 000 €, pouvait paraître un peu optimiste (figure 5.10 page 244). Nous avons refait nos calculs de *kilométrage à parcourir* suivant notre seconde solution (page 244), et nous avons observé les résultats de calcul suivants :

FIG. 6.18 – Exemple de calcul générant un « cisaillement » avec IFA

Calcul Initial				
X	12	23	35	50
Y	34	55	70	90
MUL	968	1553	2013	2167

Calcul Précisé				
X	20	30	35	50
Y	50	60	70	90
MUL	1667	2050	2158	2833

	$L_0$	$L_1$	$U_1$	$U_0$
<b>Avec <math>L_1 = 1\ 000</math></b>	11 226	14 408	60 887	Pas de sol.
<b>Avec <math>L_1 = 1\ 600</math></b>	16 911	23 053	62 921	Pas de sol.

Nous voyons que si  $L_0$  et  $L_1$  ont bien été modifiés dans le sens attendu dans la figure 6.15,  $U_1$  est en revanche sorti du noyau de l'ancienne prévision. Ce phénomène est logique puisque nous avons « contraint » le NFT *output* en prenant en compte des relations intervariables. Cependant, ce genre d'effet peut être déroutant et est plus dur à comprendre intuitivement que le même calcul en BFA<sup>18</sup>, puisqu'en précisant le coût de l'installation, on s'attend à ce que le NFT résultat gagne en entropie, mais pas à ce qu'il se décale (ici vers des valeurs plus élevées) hors de la prévision initiale.

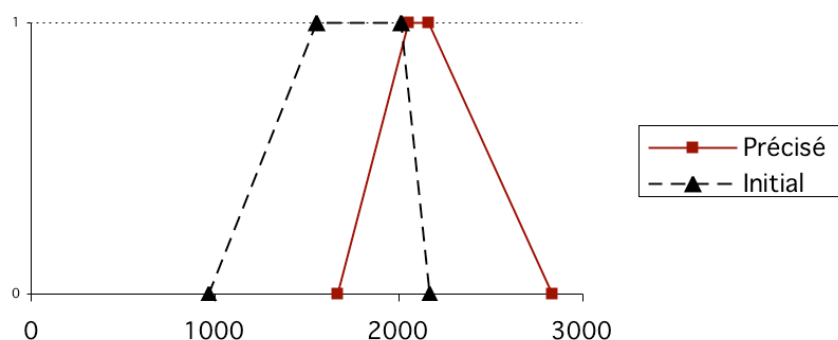
Ces phénomènes de *cisaillement* doivent donc nous amener à être vigilants sur les éléments suivants :

- s'assurer de l'homogénéité de sens des quatre coordonnées entrées dans les NFT *input*<sup>19</sup> ;

<sup>18</sup>Rappelons cependant que l'IFA a pour avantage sur le BFA de produire un résultat beaucoup plus précis. Voir à ce sujet la note de pied de page 23 page 243.

<sup>19</sup>En effet, pour le coût de notre installation dans le cas Conversion GPL, nous pensons toujours qu'il est possible, pour un millier d'euros, de trouver une installation d'occasion, ou de faire faire une installation neuve aux Pays-Bas par exemple. Il n'empêche que cette possibilité est tout de même relativement extrême, et qu'elle est en tout cas beaucoup moins « facilement » réalisable que de payer jusqu'à 3 500 € chez l'installateur le plus proche. En ce sens, il est sans doute plus raisonnable de considérer cette hypothèse de 1 000 € comme étant le « minimum concevable » que comme étant le « minimum vraisemblable ». Comme l'ont illustré nos exemples, il s'agit là du principal réajustement qui peut créer l'effet de *cisaillement* et qui pourrait donc créer une surprise lors de l'affinement du projet. En revanche, si au cours du raffinement du projet, il n'y a pas de « recalage du sens des coordonnées » de ce genre, il est peu vraisemblable que les NFT *input* ne se précisent que par un seul « côté » et donc le risque de *cisaillement* devrait tendre à disparaître.

FIG. 6.19 – Illustration graphique du résultat de réduction d'entropie avec IFA



- ne pas surestimer le niveau des relations intervariables, et en cas d'hésitation entre deux niveaux, choisir le plus faible ;
- considérer le NFT résultat (*output*) plus comme un *nombre à part entière* que de se focaliser sur les valeurs de ses quatre coordonnées, ce qui rend forcément une réaugmentation de l'une de celle-ci plus critique si des décisions ont déjà été engagées, et ce qui de plus nous ferait retomber dans le « paradigme de la mesure », ce que nous cherchons à éviter.

## 6.3 Avantages de la modélisation à l'aide de la logique floue

### 6.3.1 Avantages d'ordre technique

#### 6.3.1.1 La logique floue permet de moduler la profondeur de la modélisation

Le premier aspect intéressant de la logique floue pour la modélisation en contrôle de gestion et en prévision budgétaire en particulier est que puisqu'elle permet l'utilisation de variables imparfaites, il y a moyen d'opérer des simulations et des calculs

*sans forcément avoir en main toutes les variables exactes.* Si une telle propriété est primordiale pour la modélisation économique d'un projet naissant par exemple, elle pourrait être aussi particulièrement intéressante pour le calcul de ratios sur des opérations bien connues, que celui-ci porte sur des actions déjà réalisées ou sur des actions en prévision. Ainsi, la méthode ABC, qui demande une quantité accrue de variables pour fonctionner, pourrait profiter de cette propriété du contrôle de gestion flou, et permettre une réflexion sur l'organisation de l'organisation sans nécessairement devenir un système lourd et difficile à alimenter. Nous avons évoqué page 128 le cas de la difficile répartition des coûts du réseau d'un opérateur mobile entre coûts d'existence et coûts de capacité. Dans un cas comme celui-là, il pourrait être intéressant pour la bonne appréhension des coûts, au lieu de basculer dans un choix politique, de répartir les coûts du réseau sur les différentes offres à l'aide d'un NFT dont les bornes seraient « répartition au prorata des consommations » et « répartition au prorata du nombre de ligne », par exemple.

Une telle démarche éviterait soit une recherche de l'information très coûteuse et qui sera toujours arbitraire<sup>20</sup>, soit un choix politique visant à favoriser une ligne de produits et ses promoteurs au détriment d'une autre. Elle permettrait en effet de mieux saisir la *validité* des offres faites au marché du point de vue de la personne morale qu'est l'organisation. Il pourrait s'avérer qu'un tel calcul génère trop d'entropie et nécessite des investigations supplémentaires, mais cela ne pourrait alors être fait que si nécessaire (Tests Sensibilité Entropie) et à un niveau de détail n'étant pas forcément celui requis par l'ABC classique *pour pouvoir produire des informations pertinentes*.

### 6.3.1.2 Le modèle flou est plus fin que la multiplication des calculs parfaits

Une alternative qui semble naturelle et facile à notre approche par la logique floue du calcul de coûts est la multiplication des calculs en algèbre parfaite, rationalisée par l'utilisation de plusieurs « scénarios », un moyen, un optimiste et un pessimiste, qui permettraient d'approcher la même appréhension du résultat que ne le fait l'approche par la logique floue (voir « La difficulté à gérer l'incertain et le non-quantifiable » à la page 62). Si nous devrions *a priori* trouver les mêmes résultats, un tel postulat fait abstraction de deux aspects importants :

---

<sup>20</sup>La plupart des équipements relèvent à la fois des coûts d'existence et des coûts de capacité, et seule une analyse des investissements marginaux effectués pour améliorer la couverture ou la capacité du réseau pourrait séparer strictement ces deux types d'investissement sur les seuls investissements additionnels

- la présentation par la logique floue de deux niveaux de possibilité associés aux résultats a certainement un effet éclaircissant sur la représentation que le décideur a de sa problématique que n'a pas la multiplication de scénarios, tous ces scénarios étant soit *implicitement* associés à un degré de possibilité maximal, soit associés à un degré de possibilité *non explicitement* formulé ;
- l'approche par scénarios n'est certainement pas aussi simple qu'elle n'en donne l'impression, c'est ce que nous allons développer à présent.

Nous allons ici reprendre l'exemple que nous avons utilisé comme illustration à nos porteurs de projets lors de nos présentations à la couveuse de l'Université de Caen (« Présentation faite aux participants de la couveuse » à la page 389). L'exemple que nous avons pris était celui d'une entreprise de négoce, qui achetait pour revendre. Les connaissances *a priori* du porteur sur son projet étaient les suivantes :

	$L_0$	$L_1$	$U_1$	$U_0$
<b>Ventes (unités)</b>	5 000	10 000	20 000	30 000
<b>Prix de Vente</b>	30	40	50	55
<b>Coût d'achat</b>	20	25	35	40
<b>Frais fixes</b>	40 000	50 000	100 000	125 000

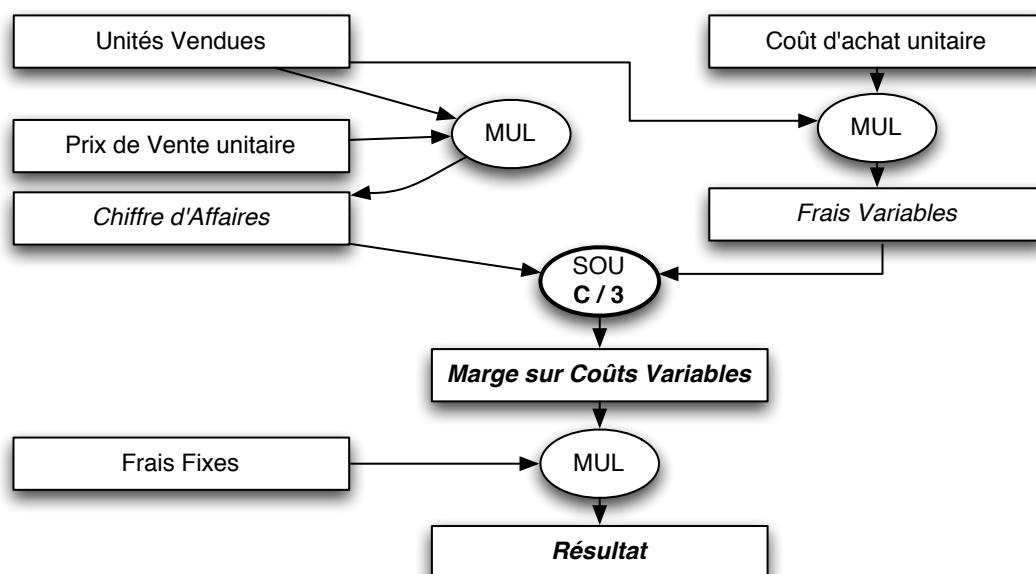
Le résultat prévisionnel d'un tel projet est facilement calculable à l'aide de la logique floue, suivant le diagramme de la figure 6.20 page ci-contre, il peut être calculé en quelques minutes.

En revanche, si nous voulons le calculer à l'aide de l'arithmétique classique et de scénarios, l'exercice devient rapidement compliqué. L'hypothèse moyenne est très vite calculée – nous prendrons à chaque fois la moyenne de  $L_1$  et  $U_1$  – en revanche quelles valeurs faut-il prendre pour les hypothèses pessimistes et optimistes ?

Pour l'hypothèse pessimiste, par exemple, nous pourrions considérer que nous n'arrivons à faire que 10 000 ventes, au prix unitaire de 40 € seulement alors que les produits nous avaient coûté 35 € à l'achat, et tout ceci avec des frais fixes de 100 000 €. Cette hypothèse « oublie » le fait que nous avons très bien pu acheter plus de produits que nous n'arrivons à en vendre, et que nous restons en fin d'exercice avec un stock de 5 000 unités par exemple. Il manque dans cette hypothèse une partie du risque.

Pour pallier à ce genre d'inconvénients nous pourrions prendre le parti de systématiquement croiser les hypothèses hautes lorsque la variable est défavorable au compte d'exploitation (le prix d'achat, la quantité achetée par exemple), avec les hypothèses basses lorsque la variable lui est favorable (quantité vendue, prix de vente, etc.) pour calculer notre hypothèse pessimiste, et vice-versa pour calculer notre hypothèse optimiste. Nous risquons en procédant de la sorte de tomber sur

FIG. 6.20 – Diagramme du calcul « Négoces »



des hypothèses qui n'ont pas de sens, par exemple acheter 10 000 unités à un prix de 25 € et en revendre 20 000 au prix de 50 €, ce qui n'est pas possible (on ne peut pas en vendre plus qu'on n'en a acheté).

Notre modèle flou de la figure 6.20 n'exclut pas totalement ce risque de croisement entre une quantité vendue supérieure à la quantité achetée, mais la prise en compte d'une relation dans le calcul de la Marge sur Coûts Variables nous permet de tenir compte de l'hypothèse de « bonne gestion » suivante : on aura tendance à minimiser les stocks (corrélés les achats aux ventes) et à conserver nos marges (vendre plus cher si on a payé plus cher).

Bien sûr, si nous nous focalisons sur les valeurs exactes des coordonnées du NFT *output*, il est possible que nous considérions une hypothèse impossible. Nous avons déjà conseillé page 298 de considérer le NFT comme un tout plutôt que de retomber dans une recherche de la mesure<sup>21</sup>. Cependant, en comparaison aux calculs de scénarios successifs cet inconvénient est relativisé par :

- l'existence de deux niveaux de possibilité pour les hypothèses, permettant de mieux appréhender la signification du NFT<sup>22</sup> ;

<sup>21</sup> Il faut sans doute imaginer le NFT résultat comme un « halo » du résultat possible de notre projet.

<sup>22</sup> Du fait de la rapide multiplication des calculs à faire avec l'aide des scénarios en calcul classique, il est peu vraisemblable que l'on se mette à exploiter les connaissances que nous avons des



- la prise en compte des relations permettant de limiter l’existence d’hypothèses aberrantes ;
- le calcul de coûts flou ne limite pas la possibilité de valeurs multiples qu’aux principales variables, contrairement à la multiplication des scénarios (Lauzel et Teller, 1997, p. 295). Il permet de prendre en compte l’imperfection de toutes les variables facilement et en une seule fois, et d’ensuite décider rationnellement (Tests Sensibilité Entropie) de celles nécessitant une recherche approfondie.

Nous voyons donc que la logique floue offre comme avantage sur la multiplication des scénarios le fait de ne pas avoir à choisir formellement, par scénario, des bornes minimum-maximum – voire intermédiaires – à prendre dans les scénarios pessimistes-optimistes, cette question étant encore plus difficile à résoudre dès lors que nous connaissons l’existence d’une relation de dépendance entre nos variables.

La logique floue offre donc en quelque sorte une *représentation continue des scénarios*, avec une échelle de vraisemblance associée à ceux-ci et la possibilité de prendre en compte les relations intervariables. Le caractère discret que l’on porte sur le monde est artificiel et est lié à la conception mathématique classique de la décision (Jarrosion, 1994, p. 230). « *La décision en univers complexe est le processus par lequel [le] regard dénombrable sur le monde devient continu. Elle ne relève pas d’un processus discret à faire de temps à autre, mais d’une posture intérieure, c’est-à-dire un processus permanent, continu. Dans le processus, le nombre de scénarios n’est pas dénombrable, les scénarios sont continus.* »

### 6.3.1.3 L’information parfaite n’est pas toujours disponible

Comme le montre notre exemple « Itinéraire » (voir section 5.2.5 page 246), l’information parfaite sur une variable pourtant censée être bien connue (le nombre de kilomètres d’un point à un autre) n’est pas toujours (facilement) disponible. La modélisation en logique floue permet de contourner cette difficulté et de malgré tout se forger un avis sur la décision à prendre. Chercher l’information parfaite peut faire partie des décisions pouvant être prises sur la base du modèle, mais celle-ci n’est pas obligatoire et va dépendre du niveau de précision dont nous avons besoin pour pouvoir émettre un jugement (Nous pouvons parfaitement juger dans

---

variables qui correspondraient aux valeurs en limite du concevable. Il est déjà plus vraisemblable que l’on n’en exploite que certaines pour calculer des hypothèses particulièrement pessimistes par exemple, celles-ci étant alors mêlées dans les calculs avec des variables de possibilité maximale. Dès lors, la méthode classique ne nous donnera pas le niveau de possibilité associé au résultat calculé. Il y a donc une perte importante d’information dans l’approche par la multiplication des scénarios.

Achat Voiture du fait qu'il est préférable de rapatrier le véhicule acheté par la route plutôt que par camion plateau, et ceci malgré la très forte entropie des variables *inputs*)<sup>23</sup>. Ainsi le modèle flou permet de commencer à travailler immédiatement avec les données disponibles, et de décider si cela vaut le *coût* de chercher une information plus précise. Cette faculté participe elle aussi à la plus grande efficience du modèle flou.

#### 6.3.1.4 Le modèle flou peut devenir parfait

Ainsi que nous l'avons expliqué dans « Le nombre flou » à la page 99, le nombre flou étant une généralisation du nombre classique, il y a moyen à tout moment de retourner à une modélisation classique en remplaçant les 4 coordonnées du NFT par 4 valeurs identiques correspondant au nombre parfait.

Une telle propriété permet de conserver le même modèle pour la prévision et pour l'enregistrement des résultats réellement réalisés, ce qui est avantageux à la fois au niveau pratique, puisqu'un seul et unique modèle permet d'enregistrer la prévision, le réalisé et donc également l'analyse de l'écart.

En outre, un modèle peut parfaitement contenir à la fois des nombres parfaits et des nombres flous. Cela permet d'effectuer des clôtures avancées par exemple, tout en maîtrisant parfaitement la fourchette dans laquelle se trouvera le résultat définitif. Une telle approche pourrait éviter certaines déconvenues et surprises entre les chiffres annoncés prématurément par les managers et les chiffres finalement annoncés en fin d'exercice comptable.

Du point de vue de la modélisation économique de projets, l'intérêt de pouvoir basculer le modèle en calcul parfait permet de vérifier le bon fonctionnement du modèle flou par rapport à un premier modèle que l'on aurait pu faire à l'aide d'un calcul classique. Cela nous a ainsi permis de faire remarquer au porteur de Conseil en Informatique Libre, sur la base de la comparaison du modèle classique qu'il s'apprêtait à présenter à des partenaires avec le modèle flou que nous lui avons fait – basculé sur des hypothèses parfaites –, que son modèle classique contenait plusieurs erreurs.

Enfin, cela permet de vérifier la cohérence entre une prévision « parfaite » réalisée en vue de sa présentation à un partenaire et les hypothèses plus larges que le créateur a pour son projet.

---

<sup>23</sup>« Choix d'une solution de rapatriement » à la page 234.

### 6.3.1.5 Le résultat du modèle flou a tendance à être plus robuste

Un modèle robuste a un comportement stable et prévisible. Une relation graduelle et prévisible lie *inputs* et *outputs*. Cela signifie que l'évolution du modèle peut être prédite plus précisément et être comprise en termes de comportement entrée-sortie. Cette caractéristique amène la confiance dans le modèle (Cox, 1997). Un modèle robuste fonctionne de façon fiable même si des parties des *inputs* manquent ou sont inexactes et accepte l'incertitude inhérente à l'information (Jung et Burns, 1993). Les modèles flous sont donc caractérisés par leur robustesse (Cox, 1997), cependant l'IFA risque de nuire à cette robustesse si l'explicitation du sens des variables et la réduction raisonnée de leur entropie ne sont pas respectées, comme nous l'avons montré avec les phénomènes de « cisaillement », section 6.2.2.3 page 295.

Au niveau d'une variable, le réalisé peut cependant parfois sortir de la prévision que l'on avait faite. Ceci peut arriver pour plusieurs raisons :

- oubli pur et simple de la variable. On peut alors estimer que la valeur de la prévision était à zéro, à comparer avec le réalisé. Ce genre d'erreur ne risque *a priori* d'arriver que sur des variables secondaires. Il est en effet assez peu probable que l'on puisse oublier une variable déterminante du modèle économique du projet. De plus, cette notion « d'oubli » est à rapprocher du niveau de précision que l'on a voulu donner au modèle lors de sa création. En effet, certaines variables pouvant apparaître lors de l'étude du réalisé pourraient n'avoir aucun intérêt lors de la prévision et représenter un aléa très faible pour le projet. Elles ne feraient alors qu'alourdir la représentation et dégrader de ce fait la simulation du phénomène simulé ;
- le réalisé ne correspond pas à ce que l'on a budgété. Cela peut apparaître si le produit ou le service finalement acquis ne correspondent pas exactement à ce qui était budgété, c'est-à-dire s'ils contiennent des fonctions ou options de nature à améliorer le reste du processus ou si on a découvert entre temps une nouvelle façon de procéder. Dans le premier cas, le budget aura plutôt tendance à être dépassé par le réalisé, alors que dans le second cas, une économie est plutôt à anticiper. Ainsi dans Achat Voiture par exemple (voir Comparaison de la prévision avec le réalisé, page 240) le dépassement du coût du contrôle technique est dû au fait que le forfait qui a finalement été choisi ne correspond pas par nature à ce qui avait été budgété. Mais la fonction supplémentaire qu'il contient (contre-visite comprise) permet de faire baisser le risque financier représenté par une contre-visite (surtout sachant que le moteur était mal réglé). Inversement, une économie a été effectuée sur le prix du certificat de conformité du véhicule en trouvant un moyen alternatif

d'en obtenir un.

Si, localement, les variables composant le modèle peuvent parfois se situer au-dessus ou au-dessous de la prévision floue :

1. il est bien moins probable que cela n'arrive que dans un modèle classique, puisque l'utilisateur a le moyen d'entrer des intervalles au lieu d'une valeur unique ;
2. au niveau des agrégats du modèle, il est rare que toutes les erreurs aillent dans le même sens et il est donc assez peu probable que le réalisé se trouve hors de la prévision, et ce malgré les phénomènes de *cisaillement* que nous avons évoqués page 295.

Cependant un utilisateur particulièrement peu au fait des variables qu'il utiliserait dans son modèle pourrait probablement retomber dans les biais cognitifs de l'ancrage, de la surconfiance en soi et ce malgré le fait que la modélisation permette la gestion de l'imprécision de l'information.

En effet, Lichtenstein et coll. (1977) ont montré dans une expérimentation d'estimation des intervalles, que 20 à 50 % de la vraie valeur se trouvait hors de l'intervalle estimé par le sujet. Les individus surestiment donc leur capacité à estimer précisément une valeur. Ce phénomène est sans doute amoindri par l'expression nuancée que permet la logique floue grâce à l'expression d'un niveau de possibilité associé aux extrêmes de l'intervalle (l'expérience de Lichtenstein et coll. revient en fait à ne demander aux sujets de n'exprimer que le seul noyau du NFT).

#### 6.3.1.6 Le modèle flou est moins coûteux à mettre en œuvre

Nous avons vu dans le paragraphe « Comparaison d'un calcul de coûts par la logique floue avec un calcul de coûts basé sur une simulation Monte-Carlo » à la page 119 que financièrement et matériellement, Nachtmann et LaScola Needy (2003) montraient que la logique floue était la technologie la moins coûteuse à mettre en œuvre pour obtenir une méthode ABC capable de prendre en compte l'incertitude.

Nous ajouterons à ces constatations les réflexions suivantes :

- un traitement statistique d'un modèle demande un processus d'interprétation-encodage des données qui n'est pas forcément trivial pour la personne censée alimenter le modèle – l'expert dans une organisation pérenne, le porteur de projet lors d'une création d'entreprise (voir « Comparaisons calcul de coûts probabilistes et calculs de coûts flous » à la page 115) ;

- une multiplication de scénarios optimistes/ pessimistes sur tableur peut à brève échéance devenir pénible par la rapide multiplication desdits scénarios. Ensuite la nécessité de gérer les hypothèses de ces scénarios successifs et d'arriver à les classer selon un critère d'importance ou de vraisemblance de chacun d'entre eux pour arriver à se forger une représentation de la problématique devient également rapidement difficile et chronophage.

Au vu de ces remarques, nous pouvons conclure que le calcul de coûts à l'aide de la logique floue – grâce à une procédure d'encodage-décodage des variables intuitif pour l'utilisateur – est vraisemblablement également l'approche la moins coûteuse *cognitivement*.

### 6.3.2 Avantages liés à l'interaction modèle-utilisateur

Nous allons à présent plus particulièrement chercher à caractériser les avantages de l'usage de la logique floue dans le calcul de coûts qui se rapportent à l'adéquation entre le fonctionnement de la logique floue et l'appréhension des modélisations faites avec la logique floue par les utilisateurs. Nous exposons ici nos observations faites tout au long de cette recherche, mais nous servons également de l'entretien-bilan que nous avons fait avec les créateurs. Nous avons mené ces entretiens-bilan plusieurs mois après notre intervention. Ces entretiens sont bien évidemment très contingents de la forte interaction que nous avons pu avoir avec les créateurs durant nos interventions. Nous nous en servons donc non pas comme « preuves » de la réussite ou de l'échec de notre recherche, mais comme d'indices venant étayer et illustrer nos observations.

La première des constatations est que ces interventions ont fait sens aux créateurs, et ceci malgré les outils plus ou moins aboutis dont ils ont pu profiter, par exemple :

*« Oui. Ça a modifié quelque chose. Quand on voit qu'on peut tomber à -300 000 euros de trésorerie cumulée au bout de trois ans, ça pose des questions. Ce n'est peut être pas pile 300 000, c'est pas grave, mais ça veut quand même dire qu'il y a bien un risque, et il faut arriver à trouver l'élément qui amène à ce risque là. Et puis inversement, quand on voit qu'on peut arriver à 250 000 € de trésorerie, qu'est ce qu'il faut faire pour y arriver ! En fait, c'est beaucoup plus éclairant, la lumière est plus diffuse, c'est pas un spot que l'on a comme ça sur un point, c'est un éclairage plus large. Le fait d'éclairer permet de « prendre conscience de ». Et je pense que [...] ça donne des indicateurs, des éléments d'appréciation : qu'est-ce qu'il y a là dedans de pertinent,*

*quels sont les éléments qui vont m'aider à prendre les bonnes décisions ? Et ça, je pense que dans le parfait on ne l'a absolument pas. On a une image, on ne sait ni si elle est vraie, ni si elle est fausse, ni si elle est optimiste ou pessimiste, on a une image, point. On ne la situe même pas dans un contexte. »*

Créateur du projet Conseil en Informatique Libre

Aucun des créateurs n'a réfuté la démarche consistant à utiliser la logique floue pour modéliser leur projet, et tous souhaitent continuer à l'utiliser à l'avenir, pour des problématiques similaires ou pour affiner la représentation qu'ils ont de leur projet au fur et à mesure de son avancement. De telles réponses peuvent correspondre au fond de leurs pensées, mais elles pourraient également être influencées par l'un ou plusieurs des facteurs suivants :

- ils ont choisi cette intervention par la logique floue de leur plein gré, et ont vraisemblablement dès le départ adhéré à la démarche que nous leur proposons. Dès lors, il peut être difficile pour eux de s'avouer que la démarche leur a déplu ou ne leur a pas apporté ce qu'ils escomptaient ;
- ils peuvent en outre ne pas s'autoriser à critiquer notre travail, puisqu'ils sont en face à face avec nous lors de cet entretien ;
- notre passé de contrôleur de gestion vient ajouter à notre intervention un savoir-faire sur le questionnement des paramètres conditionnant l'avenir qui n'est pas forcément lié directement à la logique floue.

Ainsi, au sujet de ce dernier facteur des connaissances en prévision budgétaire, nous avons par exemple travaillé 4 mois sur un plan à dix ans qui a conditionné plusieurs réorganisations de toute la direction commerciale d'une entreprise du secteur des services cotée au CAC 40. Ce passé nous a certainement permis d'acquérir un savoir-faire en la matière, savoir-faire reconnu par les créateurs :

*« Oui, il y avait cette prise en compte de la notion du temps, par exemple, que l'on ne retrouve pas dans les prévisionnels classiques. »*

Porteuse du projet Graphistes

*« Ah ben oui, déjà rien que la première fois, je pensais à l'assurance, enfin plein de trucs que tu peux avoir couramment alors que moi je n'étais que bloquée sur les paniers. [ Remarque faite à la fin du premier entretien : Là tu vois les questions genre « au m<sup>2</sup> combien il y a de personnes » et puis envisager le spectacle payant, ça donne carrément un horizon plus commercial.] Et puis oui en fait je pense que je n'aurais jamais su comment démarrer mon budget, ça m'a cadré dans le budget. La couveuse aussi, mais c'était pas approprié à un projet. Donc du coup tu as les moyens, on te donne les moyens et tout, mais c'est du*

*cours, après ce n'est pas ce cheminement de penser à ça par rapport à l'activité, quoi. [Chercheur : du coup tu penses qu'on peut dire que c'est un peu mon vécu de contrôleur de gestion qui fait que j'ai les bons réflexes ?] - Oui. Oui y a ça et puis le fait que ce soit découpé activité/ mois, etc dans l'outil, ça m'a cadré carrément. Et puis je sais que Pascal et tous les autres m'ont dit que j'avais bien bossé avec cet outil-là, il y avait un résultat, bien, ça m'a permis de bien travailler, quoi. »*

Porteuse du projet Accueil Enfants

Généralement, le premier entretien a duré 3 à 4 heures, à la fin desquelles pratiquement tous les créateurs nous ont dit que nous leur avions fait penser à plusieurs phénomènes auxquels ils n'avaient jamais pensé, qu'ils nous avaient parlé de leur projet comme ils n'en avaient encore jamais parlé à personne et que nous nous y étions intéressé comme personne auparavant. Il n'y a lors de ce premier entretien pas encore de modèle en logique floue, bien que nous les interrogeons sur les valeurs vraisemblables et limites du concevable de leurs variables. Nous pouvons donc majoritairement affecter ces apports à notre savoir-faire plus qu'à la logique floue, même si le fait d'avoir à créer un modèle en logique floue nous a sans doute poussé à considérer avec plus d'acuité les valeurs extrêmes que pouvaient prendre les variables.

La difficulté dans l'utilisation de leurs témoignages est donc que lorsqu'ils jugent nos interventions, ils ne jugent pas que la logique floue dans le calcul des coûts, mais forcément également ce que l'intervention dans sa globalité leur a apporté, même si nous cherchons par nos questions à isoler les deux apports.

Ces raisons expliquent donc pourquoi nous n'envisageons les témoignages des créateurs que comme indices et illustrations de nos propos.

Nous allons donc à présent sur la base de nos observations, mais aussi des retours des utilisateurs et de nos sentiments et anticipations, décrire les principaux avantages qui apparaissent au niveau du jugement lors de l'usage de la logique floue dans le calcul de coûts. Bien que les frontières entre ces différents avantages soient assez perméables, nous avons découpé la suite de notre exposé autour de 5 grands avantages que nous avons identifiés :

- utiliser des nombres flous dans la modélisation de leur projet fait sens aux utilisateurs ;
- l'entropie du modèle peut être gérée de façon progressive, ce qui peut permettre d'opérer précocement des simulations sur le modèle, et ce malgré une forte imperfection de l'information disponible.

- l'élargissement de la réflexion à des phénomènes non modélisables grâce à l'entropie des variables ;
- la plus grande explicitation du sens des variables ;
- l'émulation nécessaire à un apprentissage rationnel.

### 6.3.2.1 L'utilisation de nombres flous fait sens aux utilisateurs

La première des constatations que nous avons pu faire au niveau de l'interaction modèle-utilisateur est que le fait d'utiliser des NFT fait parfaitement sens aux utilisateurs. Nous n'avons rencontré aucune difficulté tout au long de nos interventions, que ce soit pour faire exprimer les variables sous forme de fourchettes par les créateurs, pour discuter des valeurs des variables avec eux ou encore pour leur restituer des résultats sous forme de fourchette :

*« Ça ne m'a pas posé de soucis à renseigner. [...] [L'information donnée par le modèle était facile à comprendre, ] puisque moi les choses que je faisais varier principalement c'était mes Chiffres d'Affaires et ça me permettait de voir directement quel était l'impact d'une variation de 10 000 € du CA sur mon résultat. Ça me permettait de voir vite quel était le seuil critique à dépasser à tout prix. [...] Après si tu sais lire un compte de résultat, oui, l'information délivrée elle est facile à comprendre. »*

Créateur du projet Agence Immobilière

*« Non, c'est naturel. La difficulté est d'être suffisamment dans son projet pour que ce que l'on rentre ça approche un « réel », que ça ne soit pas complètement tordu. Encore que, il faut aussi faire confiance à la méthode, c'est-à-dire ne pas vouloir que ça systématiquement corresponde à un réel, mais plus de se dire, ça correspond à la méthode que je déroule, donc une basse une moyenne une haute, pas nécessairement n'importe quoi, mais pas que ça soit ajusté à l'unité près, c'est pas vital, ce qui est vital c'est de comprendre un fonctionnement global. »*

Créateur du projet Appareillage de Mesure

*« Sur le résultat<sup>24</sup> c'est un peu dur à voir à quoi ça correspond exactement, sur la trésorerie c'est intéressant parce que tu vois à partir de quel moment tu rentres en positif ou en négatif, après tu réadaptes*

---

<sup>24</sup>Comprendre le compte d'exploitation annuel.



*pour que ce soit positif partout, mais justement c'est là que c'était intéressant de rentrer l'apport*<sup>25</sup>. »

Porteuse du projet Accueil Enfants

Si, au niveau de l'entrée, l'utilisation des NFT est aisée, elle semble parfois un peu plus difficile à maîtriser au niveau des *outputs* du modèle :

*« Moi je les interprète en disant le  $L_0$  et le  $U_0$  sont les valeurs au-delà desquelles je n'irai jamais : soit inacceptables, soit inenvisageables, enfin peu importe. Ça fixe des bornes. Et pour moi les deux autres, c'est globalement bon. Ça me fixe une deuxième fourchette qui signifie, généralement ça sera plutôt comme ça. À partir de ces données-là, que l'on crée une espèce de modèle qui à la sortie donne des valeurs moyennes au lieu de données floues, ça ne me gênerait pas*<sup>26</sup>*. Que l'on puisse dire : « Non non, moi je ne veux pas avoir un modèle flou, je veux juste avoir des délais flous et que derrière ça me cale des valeurs moyennes », ça ne me choquerait pas. Ce que je veux dire c'est que même si après on devait en faire une valeur unique, c'est plus simple, plus intuitif de donner un nombre flou en entrée. Au moment de l'entrée, c'est vraiment intuitif. »*

Créateur du projet Conseil en Informatique Libre

De telles réactions sont relativement prévisibles, puisqu'alors que l'expression des variables *input* grâce à l'utilisation de la logique floue ne demande pratiquement aucun effort, l'interprétation des NFT *output* est forcément de nature à induire une charge cognitive plus importante. Il est possible que cette parfaite adhésion au principe de la *fuzzification* du modèle provienne tout simplement du fait que les participants de la couveuse ayant souhaité travailler avec nous sont ceux auxquels notre présentation introductive<sup>27</sup> a plu. Nous pourrions alors mesurer ce résultat en constatant qu'environ un quart de l'effectif des porteurs de projets de la couveuse a adhéré à ce principe (tableau 5.2 page 254). Nous pourrions d'ailleurs sur la base de ce tableau nuancer par un nombre flou la proportion de porteurs de projets de la couveuse de l'Université de Caen à qui la modélisation de leur projet par le biais d'une modélisation en logique floue fait sens :

[ 14 % ; 25 % ; 33 % ; 33 % ]

<sup>25</sup>Entrer l'apport que l'on envisageait pour pouvoir lancer le projet, lui donner le volant financier nécessaire.

<sup>26</sup>Le modèle que nous lui avons livré ne permettait pas d'activer cette fonction au niveau d'un switch central, ce que permettent en revanche les modèles créés avec le Calculateur Flou V4.

<sup>27</sup>Voir annexe « Présentation faite aux participants de la couveuse » à la page 389.

Cette constatation que le fait de modéliser leur projet économiquement avec des nombres flous en lieu et place des nombres parfaits fait sens aux utilisateurs nous mène au premier avantage constaté au niveau de l'interaction modèle-utilisateur.

### 6.3.2.2 Une gestion progressive de l'entropie du modèle

Le premier avantage de la modélisation économique de projets à l'aide de la logique floue réside dans le fait que, puisque le paradigme de la mesure est abandonné, il y a moyen d'opérer très facilement des simulations sur le fonctionnement du projet alors que celui-ci est encore peu défini. Nous avons bien illustré cette capacité du modèle flou dans plusieurs de nos cas – Constructions pour Location, Conversion GPL, « Itinéraire » –, et plus particulièrement dans « Cas Achat Voiture » à la page 232.

En outre, nous avons pu constater que grâce à la prise en compte de l'information imparfaite, ces modèles simples et globaux ont une bonne capacité explicative et permettent d'engager la réflexion. L'idée qu'un modèle d'explication d'un phénomène est d'autant plus acceptable qu'il fait appel à moins d'hypothèses revient à « *ne pas faire l'impasse sur la simplicité* », énoncée par Guillaume d'Occam<sup>28</sup> (XIV<sup>e</sup> siècle). Elle correspond aux principes KISS<sup>29</sup> ou BISOUS<sup>30</sup> des disciplines de conception.

Cette approche a également fait sens aux porteurs de projets, comme ils nous en ont témoigné lors de l'entretien-bilan sur la recherche-intervention :

*« C'est un outil équivalent d'une esquisse : je commence par mouliner le global, multiplier les esquisses beaucoup plus rapidement que les autres méthodes qui nécessitent de mouliner plein de choses, et puis une fois qu'on a trouvé un angle d'attaque, on peut rentrer dedans et l'affiner. La grosse difficulté avec les approches classiques, c'est qu'on part du détail pour faire du particulier. Avec Cap Alpha<sup>31</sup> par exemple : il faut remplir détail par détail pour voir au final si le total marche : c'est lourd et c'est pile l'inverse de l'approche avec la logique floue. C'est son gros atout. La démarche de la logique floue moi ce que je perçois bien, c'est que ça correspond à la démarche que l'on a actuellement, c'est de*

---

<sup>28</sup>Cité par Cox (1997).

<sup>29</sup>Acronyme de Keep It Simple and Stupid.

<sup>30</sup>Acronyme de Bannir les Idées Sans Obligation d'Usage.

<sup>31</sup>Cap Alpha est un logiciel interactif gratuit dédié aux créateurs d'entreprises innovantes, il est édité par le Centre Européen d'Entreprises et d'Innovation de Montpellier ([www.business-plan-capalpha.com](http://www.business-plan-capalpha.com)).

*se dire je me fais une enveloppe, je modifie petit à petit. Je rêve un peu en fait, mais j'ai un outil pour rêver, puis à un moment donné, toc, je trouve un truc qui est mieux que l'autre – parce que ça correspond à la manière dont je crée ou dont je pense qu'on peut créer – c'est que je pense que c'est rare que l'on ait la bonne idée du premier coup, et dans la majeure partie des cas la meilleure façon c'est de multiplier et vérifier plein d'hypothèses. »*

Créateur du projet Appareillage de Mesure

*« Quand j'ai regardé le solde de trésorerie, j'ai commencé à affiner, je vais aller préciser certaines choses pour évaluer, pour [comprendre comment fonctionne le modèle]. Parce que ce qu'il y a sur certaines valeurs, ça va au-delà de mes espérances, mais dans l'autre sens aussi. Est-ce que ça corrobore ? Ça me fait prendre conscience du risque et me dire attention [...] »*

Créateur du projet Conseil en Informatique Libre

Il pourrait arriver que, lors de la première modélisation, le niveau d'incertitude sur les variables soit tel que le résultat prévisionnel n'apprenne rien d'autre au décideur que « tout est bon ». Dans une configuration de ce genre, à défaut de pouvoir rapidement gagner en entropie sur les variables clés, une stratégie d'affinement peut résider dans la segmentation du modèle en plusieurs modèles, chacun représentant une alternative organisationnelle possible et plus précise du projet.

Cependant, et même dans ce cas de figure d'une entropie exagérée de la première modélisation, le fait de se révéler le projet par le biais de la logique floue aura permis d'éviter d'oublier des pans entiers de possibilités du projet.

### **6.3.2.3 La prise en compte de l'imperfection de l'information permet de songer à d'autres variables ou phénomènes non modélisables**

Le fait de ne pas conserver une seule valeur arbitraire par variable pour prendre sa décision a tendance à faire réfléchir le décideur sur l'ensemble des paramètres qui affectent son projet. Cette réflexion peut ainsi s'opérer, que les paramètres soient économiquement modélisables et donc représentés dans le modèle, ou qu'ils soient plus « diffus » ou plus qualitatifs, ou encore que leur intégration au modèle soit de nature à le complexifier à outrance, et ne puissent donc pas être intégrés.

Nous avons bien illustré ce phénomène à l'aide de notre cas « Itinéraire » (voir section 5.2.5 page 246) : ne pas être focalisé sur l'optimisation soit de la variable temps, soit de la variable distance, et donc nous trouver moins « déconnectés » de

la réalité grâce à la prise en compte des contingences propres à chaque solution, nous a permis de *songer à d'autres aspects importants* lors d'une longue étape routière : monotonie du parcours, parcimonie écologique et financière, ravitaillement et haltes, etc.

Les utilisateurs témoignent ainsi :

*« [...] enfin moi ce que j'aime bien dans votre approche, c'est qu'elle est originale, et qu'elle prend les choses d'une manière, je dirais pas en travers, mais complètement différente, et ça donne, au niveau de, bon, moi ce que j'ai utilisé, j'ai pas assez investi dedans, mais je pense que ça permet de regarder le réel autrement, et de mettre en lumière, justement ce qu'on disait tout à l'heure, de voir des points forts ou des points faibles que les autres domaines ne voient pas, et il ne faut pas que ce soit trop lourd, mais c'est intéressant parce que ça permet de réfléchir autrement et le côté logique floue je trouve que c'est plus proche du réel, enfin plus proche de ce que l'on vit, de ce que l'on approche. »*

Créateur du projet Appareillage de Mesure

Le fait que certains phénomènes ne puissent pas être modélisés par une variable dédiée n'est pas perçu comme gênant :

*« Si pour toi la qualité est importante, même si tu ne peux pas directement la mettre dans le modèle, tu vas en tenir compte dans les chiffres que tu peux lui donner pour autre chose. »*

Porteuse du projet Graphistes

En outre, il faut constater que les modèles – à condition que l'utilisateur ne triche pas en choisissant des valeurs qui lui font plaisir – resteront sans doute généralement assez flous tant que le projet n'est pas lancé, et si bien évidemment il s'agit d'un projet nouveau pour son promoteur. Si le projet concerne une activité bien connue du créateur, la difficulté est potentiellement moindre, comme le montre l'étude menée par la couveuse auprès de ses anciens porteurs de projets (les créateurs venant du secteur sur lequel porte leur projet étant moins sujets à surestimer leurs plans d'affaires, voir section 1.2.1.2 page 66). Par rapport à une prévision classique, cela amène forcément de nouvelles questions au vu du risque encouru : « - combien de temps faut-il donner au projet pour démarrer et surtout, en cas de démarrage défavorable, à quel moment, jusqu'à quel montant j'accepte d'aller ? Comment envisager un éventuel désengagement prématuré de mon projet ? ».

Enfin, un autre type de questionnement que peut soulever l'entropie des variables peut se situer au niveau des variables d'entrée ou des variables qui représentent une quantité de produits ou de services extérieurs dont le projet aura besoin pour fonctionner. Par exemple, dans *Graphistes*, le modèle créé pour la première graphiste, intéressée plus par la création que par la PAO, indique un nombre d'heures de PAO à sous-traiter très important, qui pourrait facilement dépasser la capacité de sa partenaire, surtout si celle-ci mène d'autres projets en intégralité de son côté, ce qu'elle affirme être son but (faire à la fois la création et la PAO en une seule fois, et ne pas dissocier ces deux activités). Ainsi, la sous-traitance de la PAO par la seconde graphiste ne représente pour elle qu'un pis-aller. Dès lors, l'entropie de la variable « nombre d'heures de PAO à sous-traiter » doit amener notre porteuse de projet à se demander si elle connaît d'autres graphistes à qui sous-traiter ces heures de PAO et comment elle va s'organiser pour gérer ce portefeuille potentiel de partenaires. Cela pourra peut-être également la pousser à vérifier que la sous-traitance de la PAO ne représente pas un pis-aller pour l'ensemble des graphistes susceptible de l'effectuer, ce qui représenterait un risque important pour la viabilité de son projet.

Une telle problématique est bien moins à même de se révéler dans le cadre d'une prévision classique, où le peu de sens d'une valeur moyenne pour représenter le nombre d'heures à sous-traiter (ce nombre d'heures pouvant alors sembler largement absorbable par la partenaire) pourrait empêcher l'émergence de cette série de questions pourtant capitales pour le projet :

*« Pour M., par rapport au temps passé sur le travail. Moi je le savais déjà, en fait. Dans mon travail précédent, j'étais bien consciente que je coûtai de l'argent, mais que je n'en ramena pas énormément puisque nous passions beaucoup de temps sur chaque projet. Mais M. en a pris conscience puisqu'elle a vu que sa partie créa ne ramenait pas beaucoup d'argent, et en ramènera de moins en moins puisque tout est englobé aujourd'hui. Et puis qu'il lui fallait un maximum de clients pour pouvoir y arriver, justement. »*

Porteuse du projet *Graphistes*

*« [...] Si, après, la chose que ça a modifiée, c'est qu'il faut vraiment une subvention animation plus que de faire payer les gens. Parce que je me suis aperçue que c'était pas valable de payer tant, que c'était cher quand il y a plusieurs enfants, que tu revenais pas forcément dans tes frais d'animation, parce que tu dois les acheter avant, mais tu ne sais pas combien de personnes vont s'inscrire, il y avait un aléatoire qui*

*était énorme et là du coup c'est hors de question d'ouvrir cette zone-là [comprendre activité] hors subvention. Donc ça, par exemple, ça l'a changé. C'était des risques à chaque fois. »*

Porteuse du projet Accueil Enfants

*« Oui, sur animations et spectacles, comment arriver à s'en sortir avec. Sur les résultats négatifs des premiers mois, les sorties sans entrées, le BFR. »*

Porteuse du projet Accueil Enfants

*« J'avais trouvé des trucs, hein, je sais que j'avais bien joué avec. Ca m'avait prendre conscience du fait que je partais avec un point mort quasi fixe et que derrière il fallait faire du chiffre. Mes salariés sont commissionnés, mais c'est vraiment epsilon par rapport à l'ensemble du truc, quoi. »*

Créateur du projet Agence Immobilière

Les utilisateurs sont conscients de ce problème du peu de sens de la valeur moyenne :

*« Oui [entrer des nombres flous est plus facile que de n'y entrer qu'une seule valeur]. Parce que si tu entres une seule valeur, c'est-à-dire que tu vas y entrer une moyenne, qui va te donner une moyenne de ta réussite, mais justement, tu ne calcules pas bien si ça marche, qu'est ce que ça peut donner, et si ça fonctionne pas, ce qui pour moi était le plus intéressant, au pire ce que ça donnera. [Réponse chercheur : oui mais ça tu peux le faire en n'entrant que des valeurs pessimistes.] - Oui, mais est-ce que tu construis un projet qu'avec des valeurs pessimistes, aussi ? Est-ce que tu as le courage, après... [Réponse chercheur : non, mais tu peux faire deux calculs, un optimiste et un pessimiste.] - Oui, mais c'est ce qu'on a fait, un peu... »*

Porteuse du projet Graphistes

Cette remarque de la porteuse du projet Graphistes nous amène à l'avantage suivant du point de vue de l'interaction modèle-utilisateur, celui d'une plus grande explicitation du sens des variables dès lors que l'on choisit de quitter l'arbitraire pour véhiculer dans le modèle des variables plus « holistes ».

### 6.3.2.4 Une plus grande explicitation du sens des variables

Un modèle classique demande des variables « parfaites », et dès lors *arbitraires* à partir du moment où une mesure parfaite de la variable ne peut être trouvée dans la réalité. Arbitraires en ce sens que le niveau de précision requis par les modèles classiques n'étant généralement pas disponible dans les situations réelles, le décideur sera classiquement forcé de générer lui-même les informations requises par ces modèles (Zebda, 1984, p. 361). A l'inverse, le modèle en logique floue peut se contenter de variables entachées d'imprécision. Cela lui permet tout d'abord de prendre en compte des variables pertinentes, mais qui par leur imperfection chronique sont écartées des modèles classiquement rencontrés en contrôle de gestion (Zebda, 1984, p. 361), mais cela permet également d'éviter au décideur certains biais cognitifs liés à l'obligation de générer des variables parfaites sur la base de connaissances imparfaites (Lesage, 1999). En outre, une telle approche permet de réfléchir rationnellement au sens que l'on donne à chacune des coordonnées du NFT. En effet, lorsque dans le cas « Itinéraire » nous intégrons une variable « vitesse moyenne », nous nous devons lors de la réflexion autour du modèle nous révéler ce que nous avons exactement choisi comme sens à cette variable. Ainsi la variable « Vitesse moyenne par la nationale » (figure 5.14 page 249)

[ 60 ; 70 ; 90 ; 100 ]

peut certainement paraître optimiste avec un minimum concevable de 60. Il doit en effet être possible d'atteindre des moyennes bien inférieures sur une route. Mais nous incluons en fait dans notre variable le sens suivant « Vitesse moyenne par la nationale en conditions normales de circulation, c'est-à-dire circulation relativement fluide entre les villes, pouvant se ralentir fortement à l'approche des agglomérations, et pouvant comprendre une ou deux haltes pour accident ou travaux ».

Ce travail de réflexion sur le domaine de pertinence du modèle créé est quasi automatique à partir du moment où s'effectue la réflexion autour des résultats donnés par le modèle. Cela répond à la préconisation de Barnes (1984) qui stipule que *la recherche de la certitude doit être consciente*. Dans notre exemple, il est important que la vitesse moyenne retenue pour le trajet par autoroute corresponde à peu près à la même définition que celle de la vitesse moyenne par la nationale. Le domaine de pertinence de notre modèle « Itinéraire » s'arrête donc aux « conditions normales de circulation » et n'intègre donc pas risques et aléas liés à des pannes, guerres, événements climatiques, catastrophes, etc. Nous aurions cependant pu les intégrer, mais ces données n'apportant pas grand-chose dans le cadre de notre décision, c'est bien en pleine connaissance de cause que nous les avons écartés de notre simulation.

*« Non, justement je trouve ça assez bien d'essayer de mesurer le pire et le mieux et d'avoir deux moyennes, quoi. T'as beau appeler ça un plan flou, moi je trouve que ça passe bien, justement... Ça paraît plus précis en fait. »*

Porteuse du projet Graphistes

Ce travail de réflexion sur le sens des variables aura de plus le mérite de faciliter l'analyse des écarts avec le réalisé, si écart il y a. Car comme le soulignent Lauzel et Teller (1997, p. 42) :

*« [l]'idée centrale sur laquelle il convient d'insister est la suivante : à partir du moment où l'incertitude perturbe gravement la signification des données (notamment prévisionnelles), il serait dangereux de surveiller des objectifs à partir d'une seule évaluation même si celle-ci est « statistiquement » la plus probable. Il est préférable de concevoir une plage de fonctionnement à l'intérieur de laquelle les écarts ne déclenchent aucun processus particulier de régulation. Par contre, tout écart situé significativement en dehors de cette plage de fonctionnement, doit déclencher des actions correctrices immédiates. »*

Cette remarque de Lauzel et Teller nous amène à la réflexion suivante, le fait que grâce à sa gestion maîtrisée de l'entropie, le modèle flou permet d'apprendre progressivement et rationnellement, par le biais de simulations et expériences successives.

### 6.3.2.5 Le modèle flou favorise un apprentissage rationnel

La prévision faite avec le modèle flou correspond à ce que l'on savait au moment où on l'a faite. Lors d'une comparaison de cette prévision au réalisé, il y a donc moyen de juger rationnellement de l'adéquation de la prévision vis-à-vis de la réalité du fonctionnement du projet. Les écarts entre prévision et réel ont un véritable *sens*, en effet :

- ne sont intéressants à commenter que les écarts où le réalisé se trouve hors du NFT prévisionnel, ou sur des valeurs se situant hors du noyau<sup>32</sup> ;
- la prévision contenant l'intégralité de nos jugements d'un phénomène, expliquer l'écart entre ce qui s'est passé et ce que nous avons anticipé sera plus aisé et plus instructif que dans le cas d'une prévision parfaite où la valeur retenue pour la variable est arbitraire par rapport à un ensemble de valeurs qui nous semblaient représenter cette variable ;

---

<sup>32</sup>Selon les définitions plus ou moins larges que l'on aura retenues pour les coordonnées de nos NFT lors de l'établissement de la prévision.



- enfin, seuls les écarts *significatifs* étant à expliquer, le modèle en logique floue permet de se focaliser sur les véritables problématiques managériales, contrairement à un modèle classique pour lequel en situation d'incertitude toutes les variables enregistrent un écart. Cette faculté participe à la plus grande efficience du modèle flou – pas de temps perdu à analyser des écarts qui n'en sont pas par rapport à ce que les experts prévoyaient déjà à l'origine<sup>33</sup>.

Ce potentiel de l'outil flou pour comparer rationnellement la prévision et le réalisé, et en bénéficier pour améliorer la représentation qu'ils se font de leurs projets et apprendre comment ils fonctionnent est bien compris par les créateurs :

*« [...] Bon, c'est vrai que je suis parti dès le départ sur les préconisations du franchiseur, donc je me suis beaucoup moins posé de questions sur certaines charges comme le commissionnement, la politique salariale, la communication et je les ai considérées comme fixes. Si je n'avais pas eu ces chiffres, pour le coup ça aurait été intéressant après 3 mois puis 6 mois de comparer [le modèle flou au réalisé] et puis à partir de là de réactualiser ces données-là. »*

Créateur du projet Agence Immobilière

*« Oui, [je pense] carrément [continuer à l'utiliser]. Pour voir dans le futur, voir après les résultats sur 2 mois par exemple, voir comment on peut faire pour que ça fonctionne un peu mieux l'année d'après puisqu'il y aura moins de subventions. »*

Porteuse du projet Accueil Enfants

Mais cet apprentissage rationnel se manifeste également en amont des premiers résultats, dès qu'est engagée la réflexion autour du modèle. Fischhoff et coll. (1979) ont en effet montré qu'apprendre aux sujets à améliorer leurs heuristiques – notamment en leur fournissant des tests de sensibilité – permettait d'améliorer leur jugement.

---

<sup>33</sup> Cette remarque peut paraître anodine, mais elle constitue à nos yeux un apport *important* de la logique floue au contrôle budgétaire. Pour avoir travaillé comme contrôleur de gestion au sein de la direction commerciale d'une grande entreprise, nous avons de nombreuses fois été confronté à la nécessité de recompiler le budget un ou deux mois après qu'il ait été fini. Et ainsi de suite tout au long de l'année, les prévisionnels amendant successivement le budget. Or généralement, les nouvelles variables *input* correspondaient à des valeurs qui avaient déjà été exprimées par les experts (directeurs régionaux ou responsables de lignes de produits par exemple) lors du premier budget. C'est à dire que dans la plupart des cas, l'information pertinente existait dès le premier budget. Devoir relancer quatre ou cinq fois dans l'année un processus de type budgétaire pour ne compiler aucune nouvelle information pose la question du rapport coût /bénéfice d'un tel processus budgétaire.

## 6.4 Synthèse des résultats

Nous avons donc montré dans ce chapitre, qu'il était possible d'effectuer des modélisations économiques de projets à l'aide de la logique floue. Nous l'avons montré à la fois par des « cas en chambre », ces cas correspondant pour la plupart à des projets personnels intéressant le chercheur, mais également à un test « en laboratoire » de *fuzzification* de la méthode ABC. Mais nous avons aussi appliqué l'utilisation de la logique floue dans la modélisation des projets de créateurs participant à la couveuse de l'Université de Caen. Ce second volet de la mise en œuvre est particulier, car réalisé dans le cadre d'une relation contractuelle nous liant aux porteurs de projets et à la couveuse. Il s'agit donc d'un terrain qui nous a obligé à *produire* l'outil, à nous *assurer que les acteurs pouvaient s'en saisir*, pouvaient *se réapproprier et travailler leur projet ainsi modélisé*, etc. En résumé, il s'agit là d'un terrain « volontaire » pour une recherche naissante, mais qui nous a permis de nous immerger dans des situations *réelles* d'utilisation de la logique floue dans la modélisation de projets.

Partant du principe que l'utilisation de la logique floue dans l'analyse de coûts est un artefact créé par l'homme pour s'aider à mieux se représenter et mieux appréhender des phénomènes qui, pour une bonne part, sont également des artefacts créés par l'homme (la monnaie, l'économie, etc.) et que nos cas et recherches-interventions sont contingents des personnalités, des vécus des porteurs de projets avec lesquels nous avons travaillé, mais aussi de la qualité des artefacts que nous avons pu produire, les conclusions que nous allons livrer ici n'ont pas de portée ontologique. La difficulté à porter un jugement formel sur les résultats de cette recherche réside dans l'« inscrutabilité de la référence » (Saint-Sernin, 1973). Nous les concevons donc plus comme des « pistes » et des indices pour des recherches futures qui souhaiteraient approfondir l'utilisation de la logique floue dans le calcul de coûts et améliorer l'interface modèle-utilisateur ou pour toute autre recherche ayant des problématiques proches.

La première de nos conclusions sur la base de l'analyse des cas et des recherches-interventions que nous avons menés est qu'après avoir pu créer des outils effectifs (chapitre 4 page 173) permettant d'exprimer et de modéliser économiquement des projets dont le fonctionnement n'est pas encore clairement déterminé et dont les variables déterminantes sont entachées d'incertitude, nous avons pu les proposer à des porteurs de projets et constater que cette approche et ces outils leur faisaient sens.

Comme nous l'illustrons en introduction de cette partie (figure 3.6 page 172), les observations que nous pouvons faire sont contingentes de beaucoup de paramètres parmi lesquels les choix de conception que nous avons pu prendre ainsi

que notre capacité à programmer les fonctions que nous souhaitons voir dans les outils. Il est clair qu'en la matière nous devons bien avouer une certaine frustration sur ce que nous sommes capable de développer en comparaison avec ce que nous souhaitons offrir comme fonctions aux outils.

Nous avons également montré que l'utilisation, ne serait-ce que de la partie arithmétique de la logique floue, puisque c'est à cette branche que nous nous sommes cantonné, comportait des particularités par rapport à l'arithmétique classique à laquelle nous sommes tous habitués, et demande donc un réapprentissage pour arriver à structurer les modèles de façon cohérente. Nous avons en outre montré l'existence d'une série de difficultés, principalement liées à ce désapprentissage - réapprentissage de l'arithmétique et à l'appréhension, parfois difficile, de la gestion de l'entropie.

La plupart de ces difficultés ont été épargnées aux porteurs de projets avec lesquels nous avons travaillé puisque nous avons construit pour eux la modélisation de leur projet. Dès lors, dans le cadre de nos recherches-interventions ne subsistent du point de vue des utilisateurs pratiquement que des avantages, si ce n'est l'inconvénient de ne pouvoir faire évoluer la modélisation par eux-mêmes. Cependant, les difficultés que nous avons soulevées dans ce chapitre sont bien réelles si l'on désire que tout acteur puisse facilement modéliser son projet. Il sera donc nécessaire d'arriver à accompagner l'utilisateur dans l'apprentissage de cette nouvelle arithmétique, dans la gestion des relations intervariables et dans l'interprétation de l'évolution de l'entropie. Les difficultés soulevées pourraient très certainement, pour la plupart, être levées par le développement de logiciels à l'ergonomie soignée. Nous reviendrons sur les perspectives que nous envisageons pour l'utilisation de la logique floue dans le calcul de coûts dans la conclusion générale.

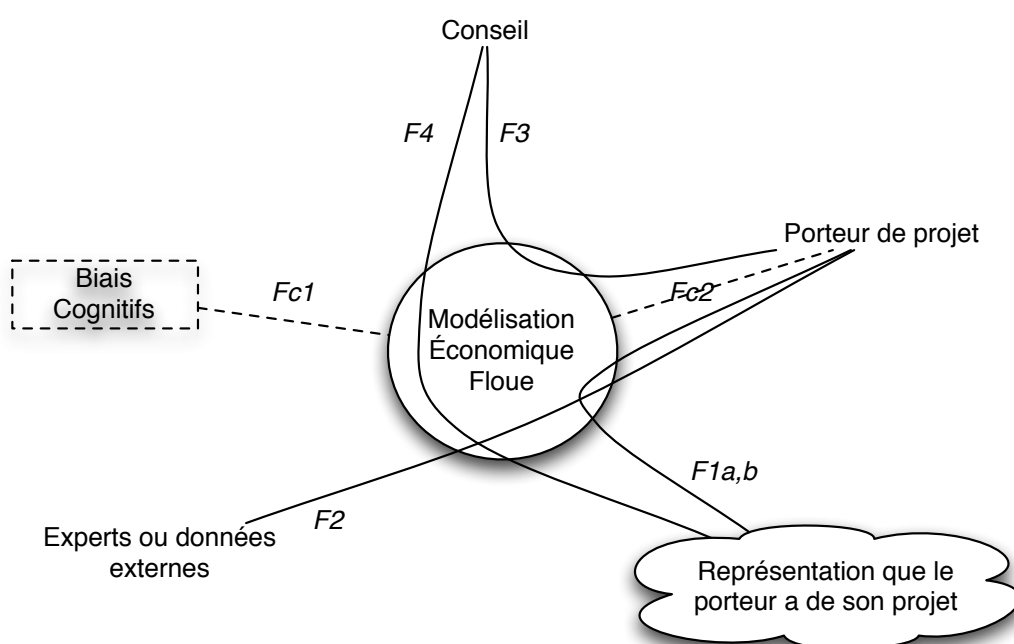
Nous allons ici plus particulièrement chercher à synthétiser les effets et apports que nous avons pu déceler dans l'utilisation de la logique floue dans l'analyse de coûts, et ceci sur la base de l'analyse que nous venons de produire. Nous allons, d'abord, décrire les effets observés de la modélisation économique de projets, en examinant les *fonctions* offertes par l'outil, puis nous en déduirons les principaux apports de l'analyse de coûts à l'aide de la logique floue.

#### 6.4.1 Effets de la modélisation économique de projets

Afin de mieux expliciter les « fonctions » que nous attribuons à cet outil, nous avons cherché à le caractériser selon la méthode d'*identification des milieux exté-*

rieurs de l'analyse de la valeur<sup>34</sup>. En effet, la modélisation économique d'un projet est en contact avec plusieurs acteurs, informations ou phénomènes psychologiques – particulièrement dans la façon dont nous avons mené nos recherches-interventions – et quand bien même cette modélisation n'est destinée qu'à l'usage unique de son concepteur – comme nous avons pu en présenter au travers de nos cas personnels « en chambre » – elle se pose en médiatrice entre l'acteur et ses représentations. La méthode des milieux extérieurs permet de décrire les liens fonctionnels entre l'outil étudié et les « objets » avec lesquels il est en contact (figure 6.21) :

FIG. 6.21 – Caractérisation des fonctions apportées par la modélisation économique de projets à l'aide de la logique floue



**Fonction 1 :** Le Business Plan Flou (désormais BPF) permet au porteur de projet de traiter l'information qu'il détient sur son projet plus rationnellement :

- F1a : *Le BPF permet au créateur de se révéler les représentations qu'il se fait de son projet et de les formaliser dans une modélisation économique.*

Puisque *L'information parfaite n'est pas toujours disponible* (page 302), le BPF diminue la charge cognitive pour le créateur lorsqu'il fournit ses hypothèses au modèle en lui permettant de ne pas avoir à choisir une seule valeur

<sup>34</sup>Normes NF X 50 - 100 et 101 « L'Analyse Fonctionnelle », NF X 50 - 151 « Guide pour l'élaboration d'un Cahier des Charges Fonctionnelles » – méthode des milieux extérieurs et NF EN 12 973 « Le management par la valeur ».

pour chacun de ses *input*<sup>35</sup>. Grâce à la moindre divergence<sup>36</sup> qu'il rencontrera ensuite entre sa prévision et le réalisé, le BPF diminuera également la dissonance cognitive de l'entrepreneur par rapport à une prévision classique (Lesage, 1999).

- F1b : *Le BPF permet au créateur de mettre à jour le modèle économique de son projet et les représentations qu'il en a plus rationnellement.*

La confrontation du BPF avec les représentations que le créateur a de son projet permet une reformulation incrémentale et rationnelle du projet<sup>37</sup>. Incrémentale parce que la plupart des nouvelles informations collectées peuvent être intégrées au modèle, et rationnelle parce que le modèle aide et encourage à travailler sur les variables mal maîtrisées<sup>38</sup>. D'après Zinger et LeBrasseur (2003), le business plan est plus efficace lorsqu'il a été élaboré dans l'optique d'une aide à la décision. Il améliore alors à la fois les qualités managériales du créateur et lui permet d'organiser son affaire de façon plus efficiente.

Le BPF permet d'effectuer une modélisation précoce, focalisée sur l'économie du projet. La prise en compte anticipée des contingences financières ainsi que des processus économiques du projet, couplée avec la conservation de l'imperfection de l'information, devrait encourager l'entrepreneur à travailler plus à la pérennité de son projet qu'à la seule optimisation illusoire du profit. Verstraete (2002, p. 50) remarque, en effet, qu'il est nécessaire pour l'entrepreneur de se forger une représentation relativement claire de la façon d'exploiter une opportunité et d'en tirer de la valeur, cela passant par la formulation d'un *business model*.

En outre, le fait d'anticiper sur les considérations financières du projet peut permettre de pointer rapidement un projet non viable, et d'ainsi éviter un investissement en temps et en capital inutile.

« [...] par rapport aux découpes, aux activités et au calendrier ça m'a permis d'affiner un planning, combien de ça par mois ou par an et du coup de chiffrer les activités, y compris hors financement. Mettre les possibilités et se rendre compte que ça, c'est plus intéressant que ça, et du coup le faire ressortir sur un planning à la semaine. »

Porteuse du projet Accueil Enfants

« [...] Je me suis amusé avec pour voir en fonction de la variation

---

<sup>35</sup> « L'utilisation de nombres flous fait sens aux utilisateurs » à la page 309.

<sup>36</sup> « Le résultat du modèle flou a tendance à être plus robuste » à la page 304.

<sup>37</sup> « La logique floue permet de moduler la profondeur de la modélisation » à la page 298 et

« Une gestion progressive de l'entropie du modèle » à la page 311.

<sup>38</sup> « La prise en compte de l'imperfection de l'information permet de songer à d'autres variables ou phénomènes non modélisables » à la page 312, « Une plus grande explicitation du sens des variables » à la page 316 et « Le modèle flou favorise un apprentissage rationnel » à la page 317.

*de certains paramètres l'influence que ça pouvait avoir, mais ensuite je ne l'ai pas alimenté. En fait, j'ai beaucoup beaucoup de frais fixes et la principale chose que j'en avais retirée était que le seul levier vraiment intéressant sur lequel jouer était le chiffre d'affaires. [...] Ensuite mon franchiseur m'avait donné des indicateurs assez précis dont je me suis peu éloigné à part un ou deux où je me suis retrouvé un peu plus haut que prévu, pour le reste c'était cohérent. »*

Créateur du projet Agence Immobilière

**Fonction 2 :** *Le BPF enregistre et consolide les informations collectées par le créateur auprès de différents experts.*

Ainsi, le BPF va l'aider à assimiler ces nouvelles informations et mettre à jour ses propres représentations du projet. De plus, en conservant l'imperfection de l'information, le BPF incite le créateur à enquêter sur les variables dont il a une faible connaissance. Cela doit réduire les biais d'aversion au risque et de surconfiance et aider ainsi le créateur à améliorer ses compétences managériales.

*« Les Business Plans [classiques s'entend] c'est bien parce que plus vous avez un projet lissé, séduisant, plus vous emmenez l'adhésion, mais vous ne provoquez pas la critique. Quand on vient avec quelque chose d'un peu moins ficelé, l'avantage, c'est que ça démarre la discussion et on atteint des remises en cause qu'on n'atteint pas quand on a des choses trop bien huilées. [...] il faut trouver un compromis entre quelque chose qui fasse bien le tour de la question, mais qui ne soit pas trop bien huilé. [...] Ce n'est pas toujours bon d'avoir la réponse partout du premier coup parce qu'il y a plein de choses qu'il faut aller confronter et travailler. »*

Créateur du projet Appareillage de Mesure

**Fonction 3 :** *Le BPF permet au conseil et au créateur de développer une réflexion et un langage communs autour du projet, c'est-à-dire un référentiel.*

Ce besoin d'un référentiel commun pour pouvoir travailler ensemble se retrouve par exemple dans les préceptes de la recherche-intervention (Plane, 2000). La création d'un glossaire est effectivement le point de départ de la coconstruction d'outils dans ce type de recherches.

**Fonction 4 :** *Le BPF permet au conseil de comprendre l'économie générale du projet, et la façon dont le créateur imagine celui-ci fonctionner.*

Lorsque le conseil est également le *constructeur* du BPF (notre cas), le BPF transforme le conseil de *spécialiste en création d'affaires* à *révélateur de représentations*. Créer le BPF explicite ainsi l'économie du projet et ses processus au conseil.

« Oui, ça a modifié le projet avec M. Ça a permis à M. de comprendre que la partie infographie était importante. Au début elle considérait que dans un projet on passait plus de temps en création qu'en infographie, et en en discutant autour de l'exemple de la création d'un catalogue, elle s'était rendu compte du contraire, qu'au niveau création il n'y avait pas beaucoup de temps et qu'au niveau composition c'était énorme. Et au niveau de son modèle, on voyait bien que si elle devait démarcher des clients et ne se garder que la création et sous-traiter l'infographie, elle serait déficitaire. Donc, ça lui a permis de prendre conscience de tout ça et de se repositionner par rapport à ce qu'on voulait. Donc plutôt positif. »

Porteuse du projet Graphistes

**Fonction Contrainte 1 (Fc 1) :** *Le BPF atténue l'influence des biais cognitifs selon plusieurs modalités :*

- les biais de *conservatisme* et d'*ancrage* sont réduits par la capacité de la logique floue à prendre l'imprécision en compte ;
- le biais de meilleure spéculation (« Best Guess Strategy ») est atténué par la capacité de la logique floue à représenter des degrés d'incertitude et d'établir une gradation entre la vraisemblance des différents scénarios ;
- les biais de la « loi des petits nombres » et de *disponibilité* sont minorés parce que l'utilisateur peut conserver l'information imparfaite tant qu'il n'a pas trouvé une information plus précise ;
- le travail mené en commun avec le conseil, ainsi que l'analyse économique que provoque le BPF diminue le biais de *perception sélective*. En effet, les discussions systématiques autour des valeurs et de la place de chaque variable au sein de la modélisation sont de nature à diminuer ce biais. En outre, la logique floue permet de *tendre vers une prise en compte plus égalitaire* entre information concrète et abstraite, information qualitative et quantitative.

**Fonction Contrainte 2 (Fc 2) :** *Le BPF plaît à l'utilisateur.*

Il s'agit de la fonction contrainte ergonomique de l'outil : il faut que celui-ci soit suffisamment utilisable et convivial pour pouvoir être utilisé par le créateur. Cette analyse fonctionnelle illustre bien le statut d'agent cognitif de l'outil de contrôle de gestion flou.

## 6.4.2 Apports de la modélisation économique de projets

De cette analyse fonctionnelle de l'outil que nous avons créé en situation de conseil auprès de porteurs de projet, nous pouvons déduire trois grands apports de *l'utilisation de la logique floue dans le calcul de coûts* :

- la possibilité de se révéler ou de partager plus facilement la représentation que l'on se fait d'un projet ;
- la possibilité d'accompagner sa réflexion autour d'un projet, des prémices de ce projet jusqu'à sa mise en œuvre ;
- le changement de focus de l'optimisation vers la fiabilisation du projet.

### 6.4.2.1 Le modèle flou permet de se révéler et de partager la représentation que l'on a d'un projet

Le premier apport de l'utilisation de la logique floue dans la modélisation économique de projet que nos recherches-interventions nous ont révélé, est la capacité du modèle ainsi créé à servir de base commune pour *qualifier et éclaircir le projet* que le créateur a en tête, et *le porter à la connaissance du conseil*. Il permet, en effet, d'explicitier, de façon très efficace, la plupart des hypothèses du projet.

Le conseil ayant pour but la modélisation du projet du créateur, son implication à réellement saisir l'intention du créateur est certainement bien plus forte, et rares sont les domaines du projet qui ne seraient évoqués qu'implicitement, sans que ne soient analysés leurs raisons d'être et leur dimensionnement. Du fait de la nécessité de production du modèle, le conseil a probablement moins tendance à *interpréter* ce que lui explique le créateur. Ce phénomène se traduit dans la durée du premier entretien (3 h 15 min en moyenne) et par le fait que les créateurs ont tous témoigné à l'issue du premier entretien d'une écoute et d'une argumentation autour de leur projet qu'ils avaient peu eu l'occasion d'avoir auparavant<sup>39</sup>.

Les processus économiques inhérents au projet seront décrits par la structure du modèle créé et par les relations intervariables. Les niveaux vraisemblables d'activité des processus seront donnés par les variables floues, mais celles-ci peuvent également, par leur balayage plus large, révéler les limites de viabilité du projet. Elles peuvent, en effet, faire prendre conscience bien plus facilement que des variables parfaites que certaines des variables sont particulièrement *dimensionnantes*

---

<sup>39</sup>Bien sûr, ces argumentations portent sur les déterminants économiques du projet ou de certaines variables de portée managériale. En aucun cas elles ne concernent la viabilité technique du projet présenté (nous ne discutons pas de la pertinence du choix technologique d'Appareillage de Mesure dans ses produits, par exemple).



pour le projet, et qu'une fois ces variables dimensionnantes arrêtées, la rentabilité et l'avenir du projet s'en trouvent contraints. Ainsi, dans le cas d'Accueil Enfants, la taille du local, par sa capacité d'accueil, sera une variable dimensionnante du chiffre d'affaires futur, et ne pas porter attention dès le départ à cette variable, même si l'on souhaite démarrer en douceur, pourrait par les coûts de changement qu'elle induirait, obérer le futur à moyen terme du projet.

Kahneman et Lovallo (1993) ont montré que les gains probables étaient systématiquement sous-évalués par les individus par rapport aux gains certains, et que cette préférence pour les choses certaines se renforçait chez les décideurs lorsque le choix devra être soumis au jugement des autres. Les auteurs suspectent que ce phénomène ne se renforce également lorsque le choix devient sujet de débat, parce que les arguments reposant sur des probabilités sont toujours sujets au doute. En outre, Woods (1966) a montré que lors de l'évaluation d'un nouvel investissement les managers préfèrent le comparer à d'anciens investissements plutôt que de chercher les variables pertinentes et prévoir l'incertitude associée.

Le problème provient vraisemblablement de la représentation que les probabilités donnent d'un monde continu en l'enfermant dans un univers dénombrable (Jarrosso, 1994, p. 226). La perception de ce paradoxe gêne sans doute les individus dans l'utilisation des probabilités comme outil d'aide à la décision.

En revanche, accepter la continuité des scénarios en les modélisant à l'aide de la logique floue doit permettre à la fois :

- de prendre conscience que le certain dans les situations de gestion n'est assurément pas aussi discret que tel qu'il est présenté dans les expérimentations ;
- de comparer ce certain continu à un incertain continu également, et d'ainsi mieux en évaluer les avantages et inconvénients.

De ces constatations, nous pouvons imaginer que la modélisation floue des coûts doit pouvoir également offrir un outil de partage et de discussion des représentations de chacun au sein d'une organisation plus large. Des risques importants apparaissent alors pour la modélisation floue : les luttes de pouvoir et l'existence d'objectifs – auxquels seraient liées des primes – sont de nature à perturber fortement la capacité du modèle à présenter l'ensemble des possibles. Nous pouvons en effet imaginer aisément que l'existence d'intérêts personnels liés à un nombre de ventes possible, par exemple, risque bien de réduire la quantité de ventes potentielles que le « spécialiste des ventes » est susceptible d'annoncer<sup>40</sup>.

Cependant, le changement représentationnel que la logique floue opère doit permettre de contourner ce genre d'effets par plusieurs moyens :

---

<sup>40</sup>Il s'agit d'une des raisons pressenties pour lesquelles nous avons préféré mener nos recherches-interventions auprès d'acteurs qui, hormis les effets de leurs éventuels biais cognitifs, n'ont *a priori* aucune raison de vouloir faire mentir les chiffres.

- puisqu’aucune interprétation de ses ressentis n’est demandée à l’expert, il est fort possible que celui-ci livre sa connaissance telle quelle. En effet, la négociation apparaît au moment où il faut trancher pour une valeur « objectif unique » de la période. Mais comme nous l’avons rapporté dans la note de pied de page 33 page 318, les experts (directeurs régionaux par exemple) nous livraient les intervalles sur lesquels ils escomptaient dès le début de la procédure budgétaire – alors que nous étions rattaché à leur supérieur hiérarchique. Le durcissement du débat et la négociation n’ont l’air d’avoir lieu qu’au moment de choisir l’objectif et semblent être le produit du contrôle budgétaire classique ;
- si l’expert a tendance à tricher parce qu’il y a un intérêt pour lui à le faire (volonté de se préserver une marge de manœuvre ou une sphère de pouvoir, intéressement lié à sa capacité à dépasser l’objectif budgété, etc.), le manager qui se sert des chiffres est généralement au courant de ce jeu. Comme il le fait déjà lors d’une procédure budgétaire à l’aide d’un outil classique, le manager pourra retoucher les chiffres annoncés. Étant donné que *Le résultat du modèle flou a tendance à être plus robuste* (page 304) – que le manager soit conscient de la stratégie personnelle de son interlocuteur et qu’il retouche les chiffres obtenus, ou qu’il n’en soit pas conscient et qu’il prenne les chiffres obtenus pour les connaissances réelles de l’expert – l’effet sur le résultat des calculs ne sera pas de nature à changer radicalement les conclusions que l’on peut en tirer, contrairement aux résultats donnés par une modélisation classique.

De ces remarques, nous pouvons conjecturer que les outils d’analyse de coûts en logique floue correspondent plus vraisemblablement aux attentes d’organisations dans lesquelles la structure, la culture ou les mécanismes d’intéressement font que les acteurs portent plus attention à l’intérêt de la communauté qu’à leurs intérêts propres. Nous pouvons néanmoins imaginer qu’une organisation ne rentrant pas dans ce cadre, mais qui se prêterait au jeu de la modélisation floue de ses coûts – une fois assimilé le changement représentationnel – change de culture pour que l’intérêt de la communauté prévale.

#### 6.4.2.2 L’accompagnement de la réflexion tout au long de la maturation du projet

Le second apport de la logique floue au calcul de coûts est la capacité du modèle à accompagner la maturation du projet, et ceci des premières prémices du projet à sa mise en œuvre. Comme nous l’avons montré dans plusieurs de nos cas (Constructions pour Location, « Itinéraire », Achat Voiture, etc.) et tout au long de cette analyse, il s’agit d’un bon moyen pour modéliser nos connaissances

à l'instant où nous nous questionnons sur la viabilité du projet, quel que soit le niveau de connaissance que nous en avons. Il est ensuite possible de raffiner progressivement et rationnellement, et les variables, et l'architecture du modèle.

Il doit cependant exister des situations qui nous échappent totalement, qui ne nous permettent pas de décrire des situations à venir si nous ne sommes pas conscients de leur possibilité :

- un premier type de situation imprévue peut se situer au niveau des valeurs affectées aux variables. Ainsi nos prévisions sur le coût du carburant dans le cas Achat Voiture (figure 5.5 page 235) témoignent qu'il y a deux ans et demi, nous n'imaginions absolument pas que le prix du sans-plomb 98 puisse atteindre les cours actuels. Pour la validité de notre simulation dans Conversion GPL (figure 5.10 page 244) cette même envolée du coût du sans-plomb 98 n'a pas le même effet, puisque nous avons prévu dans le modèle que le coût du GPL aurait tendance à augmenter comme le coût du sans-plomb, les conclusions du modèle ont donc probablement très peu évolué. Il s'agit là en tout cas d'une situation qui nous a échappé au niveau des *valeurs que pouvait prendre la variable*. Cependant, comme nous l'avons déjà évoqué dans le paragraphe précédent, la *robustesse* du modèle en logique floue fait que nous n'observons pas pour l'instant de dérapage par rapport à notre prévision de coût de fonctionnement du projet Achat Voiture ;
- un deuxième type de situation imprévue pourrait se situer au niveau de la conscience d'un phénomène. Il pourrait arriver que ce soit non plus les valeurs des variables mais certains phénomènes en eux-mêmes qui dépassent l'entendement ou du moins l'anticipation, auquel cas le modèle ne prévoirait même pas les variables et les relations servant à simuler ces phénomènes ;
- enfin, une dernière limite pourrait venir de phénomènes perçus, mais absolument inquantifiables, même vaguement, que ça soit monétairement ou physiquement. Nous n'avons, pour l'instant, pas encore rencontré ce cas de figure, les seules variables inquantifiables que nous avons rencontrées étant cependant percevables au travers de l'entropie des variables quantifiables (voir à ce sujet « La prise en compte de l'imperfection de l'information permet de songer à d'autres variables ou phénomènes non modélisables » à la page 312 et « Cas « Itinéraire » » à la page 246).

Au sujet de la difficulté de décrire fidèlement les possibles du futur, Kahneman et Lovallo (1993) expliquent que lors de prévisions, les individus ont tendance à favoriser une perspective interne au projet (*inside view*), trouvant maintes bonnes raisons quant au caractère unique de celui-ci plutôt que de modéliser leurs prévisions sur la base d'une perspective externe (*outside view*), c'est-à-dire sur la base des statistiques issues de projets similaires. Les auteurs remarquent que cette ten-

dance est dommageable, car c'est généralement la vision externe qui correspond le mieux à la réalité. Le nombre flou a pour avantage de permettre de réconcilier perspective interne et perspective externe en agrégeant leurs données en une seule variable.

### 6.4.2.3 Le changement de focus vers la fiabilisation des processus

Le troisième apport de la logique floue au calcul de coûts se situe au niveau de la question qu'une telle approche pose à son utilisateur. Elle opère effectivement un glissement de la question « combien ? », question phare du contrôle de gestion traditionnel, vers la question « comment ? ».

En effet, nous pouvons remarquer qu'une opération en logique floue, surtout en IFA, ne correspond plus, au niveau de la compréhension que l'on peut en avoir – même si la façon de la calculer est bien sûr parfaitement rigoureuse – à quelque chose de parfaitement défini. L'agrégation des variables floues dans le modèle génère un *output* formant une sorte de « halo » du résultat possible. Dès lors, l'attitude vis-à-vis du modèle ne peut plus être la même. Le modèle ne constitue plus un *faire valoir* pour prendre telle ou telle décision, mais constitue alors bien une base pour la réflexion. Une simple soustraction avec une relation croissante entre les variables amènera l'utilisateur à réfléchir bien plus profondément sur la signification, le fonctionnement et la robustesse du phénomène qu'il envisage qu'il ne le ferait avec – et que ne le lui permet – une soustraction classique. Celle-ci n'amène, en effet, aucun débat, elle est parfaitement connue et définie et on ne peut que se contenter de lire le résultat.

Ainsi, en plus de générer la totalité des scénarios continus en une fois, le flou va apporter l'avantage suivant : dans le cadre du paradigme de la mesure, nous chercherions à comprendre l'impact de chaque niveau d'hypothèse sur le résultat : nous pensons au cas ATEA par exemple, où la catégorie 4 est déficitaire dans la première simulation moyenne<sup>41</sup>, et plus rémunératrice que la catégorie 3 dans l'hypothèse haute<sup>42</sup>.

Dans un tel cas, les simulations suivantes chercheraient certainement à déterminer à partir de quel niveau on peut envisager que la catégorie 4 est rentable, et partant, décider ou non de la lancer. En situation de modélisation des coûts à l'aide de la logique floue<sup>43</sup>, puisque toutes les possibilités sont déjà englobées par la représentation, la question de savoir où se situe le point mort de la marge sur

---

<sup>41</sup>Voir Compte d'Exploitation Moyen page 221.

<sup>42</sup>Compte d'Exploitation Hypothèse Haute page 222.

<sup>43</sup>Compte d'Exploitation Flou page 225.

coûts spécifiques de la catégorie 4 deviendra certainement secondaire. En outre, le compte d'exploitation flou montre bien que, même s'il s'agit de la catégorie la plus risquée, elle n'est pas la seule à pouvoir être dispendieuse. Le changement de représentation du problème entraînera vraisemblablement la réflexion vers « comment rendre la catégorie 4 rentable, quels que soient ses niveaux d'activité ». C'est-à-dire que le modèle flou poussera finalement à réfléchir à l'ingénierie des processus au sein des catégories, plutôt que de rester bloqué sur les hypothèses retenues au départ qui font que cette catégorie est ou n'est pas rentable.

Par la conservation de la *qualité* de l'information obtenue (son imprécision et son incertitude), le contrôle de gestion flou en ne demandant pas à l'utilisateur de se prononcer sur des *données élémentaires*, lui permet de conserver à l'esprit des *scénarios plus globaux*, de prendre conscience de « la continuité des décisions » (Jarrosso, 1994) et la modélisation floue donne donc par cette subtilité plus de sens à son projet.

Enfin, le fait de pouvoir conserver des scénarios globaux au lieu de données élémentaires permet de repousser dans le temps le moment de la décision, si décision il y a, car ne pas prendre de décision peut parfois être la solution la plus éclairée (Jarrosso, 1994). Par la forte activité de réflexion sur les déterminants et la viabilité du projet que le modèle flou engage, nous pouvons, en effet, nous demander si une telle approche va se caractériser par de grands moments de rupture marqués par les moments de décision, ou si par la représentation que le modèle autorise, elle favoriserait plutôt un ensemble de micro décisions ou d'orientations permettant d'organiser la souplesse du projet et de le faire tendre vers le but visé, comme nous le constatons page 280 au sujet de la réalisation du cas Achat Voiture.

Ainsi, si la stratégie peut se décliner par de « simples règles » (Eisenhardt et Sull, 2001), c'est parce que ces règles jouent le rôle d'heuristiques organisationnelles qui permettent l'accélération des décisions. Il faut cependant que ces simples règles – comme nos représentations mentales – ne soient pas trop biaisées par rapport à la réalité pour être efficaces. L'agent cognitif qu'est la modélisation économique du projet permet d'anticiper l'action et de définir des règles en cohérence avec le fonctionnement du projet et les déterminants de sa réussite.

Nous pouvons donc conclure de ces trois apports observés de la modélisation de coûts à l'aide de la logique floue que celle-ci constitue une « procédure adaptative robuste » (Simon, 2004, p.79) : « *L'incertitude ne rend pas le choix intelligent a priori impossible, mais elle récompense les procédures adaptatives robustes plutôt que les stratégies qui ne marchent bien que lorsqu'elles ont été soigneusement mises au point pour des environnements connus avec précision.* »

#### 6.4.2.4 Discussion des résultats

Ces apports sont conformes aux avantages que nous attendions d'une modélisation floue des coûts (section 2.4 page 125) puisque les outils créés acceptent les paramètres incertains et permettent un déploiement modulaire des représentations. Nous avons vu que cette modularité joue dans deux dimensions : temporelle et structurelle. Temporelle parce qu'il est possible de décliner le modèle dans une temporalité du projet plus ou moins découpée (compte d'exploitation annuel ou plan de trésorerie mensuel) et parce qu'un même outil permet de modéliser la représentation que l'on se fait d'un projet de sa phase de conception à sa phase de réalisation. Structurelle parce qu'il y a également moyen de décliner de façon plus ou moins précise les activités et tâches du projet, en fonction de leur importance pour l'acuité de la décision (l'entropie ou le levier opérationnel qu'ils génèrent). Nous avons ainsi constaté que des modélisations très simples (nos cas en chambre principalement) permettaient de révéler le projet dans sa globalité avec une grande pertinence.

Nous retrouvons bien dans cette faculté de généralisation les propriétés propres à la logique floue puisqu'elle constitue une extension de la logique classique. Nos développements de modèles ont, cependant, porté sur des projets relativement simples (cas personnels et projets de création d'entreprises) et il serait donc intéressant à l'avenir d'appliquer les outils pour le contrôle de gestion d'une organisation plus importante.

Nous avons également prévu que ces outils permettraient la compréhension et l'anticipation du fonctionnement d'un projet. En revanche, cette recherche nous a montré que ces outils, au-delà du simple fait de révéler le projet à leur utilisateur, *permettaient de partager de façon très efficace la représentation mentale que l'on a d'un projet avec son interlocuteur*. Cet apport est intéressant et correspond à une problématique contemporaine puisque la communauté européenne finance actuellement des recherches visant à améliorer le *coaching* des porteurs de projet d'entreprises innovantes afin de mieux s'assurer de la survie de leur projet. Ces recherches visent à définir des méthodes originales d'accompagnement fondées sur le suivi des représentations que les créateurs se font de leur projet, ceci dans le but de déceler d'éventuels biais (Dupouy et coll., 2004 ; Dupouy et Franchisteguy-Couloume, 2004).

Le test des outils dans une organisation plus importante permettrait là encore de vérifier que cette facilité de partage des représentations persiste également lorsqu'il y a plus de deux interlocuteurs à échanger sur le futur du projet.

Un autre résultat important de notre recherche est que, contrairement à ce

qu'avance Lesage (1999), ce n'est pas au niveau de la représentation graphique des nombres flous que l'amélioration de la compréhension semble opérer. Dans l'expérimentation effectuée par Lesage, l'*output* du modèle était la représentation graphique du résultat, flou ou parfait, les sujets n'avaient pas d'autres choix. Dans nos recherches-interventions, nous nous apercevons qu'aucun des 5 créateurs ayant bénéficié de la « macro Graphique » ne s'en sont servis. Si elle pouvait être jugée un peu fruste dans ses premières versions, la version livrée lors des trois dernières recherches-interventions donnait une représentation identique à celle que fournissait l'expérimentation de Lesage et était facile à utiliser et parfaitement fonctionnelle. Il semblerait donc que la représentation graphique du nombre flou ne soit pas un déterminant dans la compréhension de la modélisation. Cela rejoint l'usage courant avec les outils de gestion prévisionnelle où les chiffres ne sont pas systématiquement représentés graphiquement. Il s'agit d'un phénomène intrigant en raison de la plus grande complexité des NFT – puisque composés de 4 valeurs pour chaque variable – qui mérite des recherches additionnelles.

En revanche, la possibilité de basculer rapidement tout ou partie du modèle sur des hypothèses parfaites (*XP*) ou moyennes a été plus appréciée des utilisateurs, notamment en début d'utilisation, où les repères de l'utilisateur face à cette nouvelle représentation manquent.

Ces deux phénomènes correspondent également à notre propre pratique. Nous avons peu utilisé les représentations graphiques pour la compréhension de nos cas en chambre, sauf parfois lors de la comparaison de plusieurs solutions concurrentes, par exemple les coûts kilométriques en carburant possibles comparés d'un véhicule selon le type de carburant et de motorisation – sans plomb, gazoil ou GPL – mais il s'agissait là de simples trapèzes. En revanche le retour au « paradigme de la mesure » nous a beaucoup servi au début de l'utilisation de la logique floue pour la modélisation économique de projets. Nous ne nous en servons pratiquement plus à l'heure actuelle. Nous ne pensons cependant pas avoir influencé les porteurs de projets dans leurs pratiques, car nous étions plutôt convaincu de l'utilité de la représentation graphique.

L'utilisation de la logique floue dans les outils de contrôle de gestion est donc praticable dans des cas réels de gestion, particulièrement dans la représentation économique d'un futur projet. Elle convient bien aux utilisateurs, qui y adhèrent facilement et apprécient la démarche. S'agissant d'utilisation dans une démarche moins proactive, de nombreuses difficultés restent cependant à résoudre. Même si l'arithmétique floue – qui est une généralisation de l'arithmétique classique – est techniquement à même d'être introduite dans des outils de contrôle d'exécution, il n'est pas certain que l'investissement nécessaire à sa mise en œuvre dans ce type

d'outil soit payant. Des expérimentations complémentaires dans ce domaine sont nécessaires.

Son utilisation pour des outils de type contrôle budgétaire pourrait être beaucoup plus intéressante, à condition que le jeu des acteurs de l'organisation implantant un tel contrôle budgétaire y soit favorable.

Il est clair qu'en la matière, le changement représentationnel que l'outil opère est tel qu'il est difficile d'imaginer la forme exacte que prendraient les outils de contrôle de gestion d'une organisation qui basculerait l'entièreté de ceux-ci en arithmétique floue.

Notre recherche montre également que si l'utilisation des nombres flous dans la modélisation économique de projet est facile pour les utilisateurs, l'établissement du modèle reste pour sa part assez technique, et l'établissement des outils permettant ces modélisations bien plus encore. Au-delà des compétences classiques en contrôle de gestion, l'établissement du modèle requiert également un certain « savoir-faire » dans la manière d'agréger les variables pour tirer tout son bénéfice du modèle. La construction des outils de calcul nécessite, quant à elle, de bonnes compétences en programmation.

La réponse à notre problématique est donc multiniveaux, tout comme la « construction pyramidale de notre recherche ». En effet, si les modèles, une fois conçus, sont faciles à comprendre pour l'utilisateur, celui-ci peut difficilement les établir sans une certaine expertise. S'il doit développer cette expertise seul, il est peu probable qu'il effectue l'investissement nécessaire. S'il doit dépendre d'un conseil pour lui établir les modèles, cela réduit de beaucoup l'intérêt des outils, car l'utilisateur n'a alors pas « son destin en mains ». En effet, pour le moindre changement dans la représentation structurelle de son projet, il devra faire appel au conseil, ce qui nuit à l'interaction représentations-mentales / artefact cognitif et à sa mise-à-jour au fur et à mesure de la découverte des possibles du projet.

La viabilité du concept de l'utilisation de la logique floue dans l'analyse de coûts est donc totalement contingente des outils produits, et si notre recherche a tendance à valider l'intérêt du concept, elle montre également la nécessité de développer les outils permettant d'exploiter tout le potentiel dudit concept.

## Conclusion du Chapitre 6

Dans ce chapitre, nous avons montré toutes les implications du changement de représentation opéré par l'adjonction de l'arithmétique floue à la prévision budgétaire.



taire. Nous avons illustré, par plusieurs exemples et phénomènes, que la prise en compte des interrelations entre variables changeait partiellement la propriété de généralisation de l'arithmétique floue en lui faisant perdre la propriété de commutativité entre les calculs ainsi qu'une part de sa robustesse. Ce mal, nécessaire pour gagner sur l'entropie artificielle générée par l'hypothèse par défaut d'indépendance entre variables, rend la conception de modèles à l'aide de l'IFA plus complexe qu'en arithmétique floue classique et demande que soient développés de nouveaux savoirs de la part de l'utilisateur. Cependant, nous y voyons comme avantage l'incitation à une plus grande réflexion sur les liens de causalité entre variables, réflexion qui est souvent éludée dans le cadre de modélisations classiques.

Nous avons ensuite présenté les difficultés et les avantages constatés – assortis des solutions retenues et des recommandations identifiées – selon leur aspect technique puis cognitif. Nous avons montré qu'il n'était pas nécessaire de créer des modèles trop complexes *a priori*. Un modèle simple et portant sur une période type permet une bonne appréhension des phénomènes modélisés et il vaut mieux éviter d'imiter les outils du contrôle de gestion classique afin de poser les problèmes à modéliser de la façon la plus simple possible. Nous avons constaté que la gestion de l'entropie pouvait parfois être contre-intuitive lors de calculs comprenant des relations inter-variables en cascade et représentait l'une des principales difficultés à surmonter pour le novice. Nous avons identifié les avantages de ces outils puis synthétisé nos observations sous la forme d'une analyse fonctionnelle de l'outil en situation de modélisation économique floue de projets d'entreprise, situation qui correspond à la nôtre lors des recherches-interventions.

A partir de cette analyse, nous avons conclu à trois principaux apports de l'utilisation de l'arithmétique floue dans la modélisation économique de projet qui sont la capacité à se révéler et à partager la représentation d'un projet, la modularité des outils de contrôle de gestion flous et le fait que le contrôle de gestion flou favorise la fiabilisation du projet plus que son illusoire optimisation.

Du point de vue de la viabilité du contrôle de gestion flou, nous avons montré que si son utilité ne faisait pas de doute aux utilisateurs, sa mise en œuvre est, en revanche, très contingente des outils développés, ce qui est logique partant d'un problème d'ergonomie cognitive. Sa mise en application dépend donc de la capacité à créer les outils permettant une utilisation aisée.

# Conclusion de la deuxième partie

Dans cette partie qui comporte trois chapitres aux thématiques distinctes, nous avons présenté le pan empirique de notre travail. Notre recherche constructiviste constitue le principal apport de cette thèse.

Le premier chapitre a explicité le processus de création de l'outil de calcul flou et des macros associées permettant l'établissement de modèles. La manière dont l'outil a été conçu ainsi que les fonctions initialement prévues y ont été exposées, suivies de l'historique des principales versions de l'outil et les raisons de son évolution. Nous avons ensuite – dans un souci d'enseignabilité des techniques créées – décrit le fonctionnement des dernières versions des macros que nous avons développées avant d'expliquer leur utilisation à l'aide de deux modes d'emploi.

Le deuxième chapitre a présenté les différents cas modélisés, leurs caractéristiques et leurs problématiques.

Le troisième chapitre, qui correspond au sommet de la pyramide de la recherche (figure 3.6 page 172) a restitué l'analyse des interactions entre les construits des deux premiers chapitres, les outils de calcul flous et les cas modélisés, interactions de l'utilisateur y compris. Il a illustré l'utilisation et l'appréciation des outils par les porteurs de projets et a montré l'applicabilité et l'utilisabilité des artefacts créés.

Nous avons, dans cette seconde partie, explicité l'ensemble des éléments sur lesquels nous fondions notre réflexion, dans un souci de description la plus complète possible des étapes de notre travail afin de permettre la discussion des énoncés produits (Koenig, 1993).



## Conclusion Générale



Les outils du contrôle de gestion, malgré leurs refontes récentes, présentent deux limites persistantes : l'incapacité à gérer l'incertitude et la faible attention portée à la cognition des utilisateurs. Or l'incertitude est non seulement inhérente aux données de gestion, et ce, de façon proportionnelle à l'anticipation, mais elle est, en outre, nécessaire. En effet, par l'interprétation qu'elle permet, elle est utile à l'organisation pour pouvoir agir, et à la cognition humaine, afin de se créer des représentations, qui ne soient pas trop parcellaires et rigides et qui permettent à l'individu d'appréhender la réalité dans les meilleures conditions possibles.

La logique floue, par son respect du langage naturel, permet de gérer l'information imparfaite des données de gestion tout en nécessitant une charge cognitive minimale d'encodage-décodage chez l'utilisateur. Les outils de contrôle de gestion deviennent ainsi des *agents cognitifs* formant un *système cognitif distribué* avec leurs utilisateurs.

Par un dispositif de recherche dialogique entre création d'artefacts et études de cas, nous avons montré l'applicabilité et l'intérêt des outils de contrôle de gestion flous. Mais leur conception n'est pas triviale, elle demande des compétences en programmation pour produire les outils de calcul puis le développement d'une expertise modélisatrice pour créer des modèles cohérents. Nous en avons tiré un ensemble de recommandations et d'enseignements pour la mise en œuvre de la logique floue dans la modélisation économique de projets.

Cette recherche démontre, d'abord, l'intérêt des créateurs pour l'utilisation de la logique floue pour la modélisation économique de projets. En effet, le taux de rendez-vous pris par les participants à la couveuse de l'Université de Caen – de 1/4 à 1/3 des créateurs – de profils et cultures variés – montre leur intérêt pour la démarche, et que le contrôle de gestion flou répond bien à un besoin qu'ils ressentent pour la maturation de leur projet. Ce taux est encourageant partant d'une approche en rupture avec les canons de la prévision, et ce d'autant plus que nous sommes régulièrement recommandé aux nouveaux « couvés » par les porteurs de projet avec lesquels nous avons travaillé.

Cette recherche montre, ensuite, l'intérêt de l'extension des outils du contrôle par la logique floue, compte tenu de l'adaptabilité accrue des outils ainsi constitués, de la capacité de révélation et de mise à jour des représentations mentales et des possibles, et enfin de l'accent mis sur la fiabilisation du projet.

Les apports théoriques se situent dans une revue de la littérature sur les implications cognitives des outils de contrôle de gestion ainsi que dans l'analyse des effets attendus de l'utilisation de l'arithmétique floue interactive sur la modélisation économique de projets, au niveau technique et cognitif.

Les apports empiriques résident en un ensemble d'outils livrés avec leurs algorithmes et modes d'emploi, permettant soit l'utilisation telle quelle soit la création de nouveaux outils capitalisant l'expérience déjà acquise. Ils résident également en une série de prescriptions et exemples pour l'utilisation de l'arithmétique floue dans la modélisation économique de projets.

Cette recherche a également un apport managérial immédiat puisqu'elle propose un outil et une procédure en vue de l'amélioration de l'accompagnement des porteurs de projet.

Les limites de la recherche sont liées à l'échantillon et à la programmation informatique. Premièrement, notre échantillon ne comporte que des porteurs de projets « isolés » et nous n'avons pas de données sur l'insertion du contrôle de gestion flou dans le jeu des acteurs. Étant donné le faible niveau d'interprétation que la logique floue demande à ses utilisateurs, le développement du contrôle de gestion flou au niveau d'une organisation ne devrait pas poser *a priori* de difficultés en lien avec ces aspects « politiques ». Cependant, une expérimentation en la matière est nécessaire.

Deuxièmement, nos compétences limitées en programmation ne nous ont pas permis d'expérimenter l'intégralité des évolutions que nous envisageons pour ces outils.

De nombreux prolongements de nos travaux sont envisageables. Les perspectives de recherche pouvant se décliner selon deux axes.

Le premier axe serait le développement de tests de psychologie cognitive sur l'influence de la logique floue sur l'individu. Si la littérature en psychologie cognitive sur les implications de la théorie des probabilités sur la cognition est pléthorique, elle est en revanche très dispersée et peu organisée au niveau de la logique floue (Klir et coll., 1997). Ce phénomène est paradoxal puisque, comme nous l'avons rappelé, les probabilités ne sont pas adaptées au langage naturel alors que la logique floue l'est. Un développement intéressant pourrait donc être la réplique des expérimentations les plus connues portant sur les biais cognitifs, mais dans un protocole utilisant la logique floue en lieu et place des probabilités.

Le second axe a trait au prolongement du développement des outils prenant en compte l'incertitude dans le calcul gestionnaire.

Premièrement, nous avons montré la difficulté d'établissement des modèles par le novice, or la réponse à ce besoin est primordiale pour donner aux outils leur vraie dimension d'agent cognitif. Des développements ayant trait à l'utilisabilité des outils que nous avons proposés sont donc nécessaires. Ainsi, permettre à l'utilisateur

de créer les modèles directement en dessinant les variables et leurs interactions – un peu à la manière des schémas récapitulatifs que nous avons fournis à la plupart d’entre eux – serait une fonction permettant de répondre en partie à ce besoin. L’adjonction de la notion d’objet, en proposant des objets préprogrammés – tels que ventes, calcul de TVA, calculateur d’emprunt, etc. – plus ou moins macroscopiques serait également un moyen d’en faciliter l’accès à l’utilisateur. Enfin, une fonction permettant de décliner le modèle selon différentes temporalités compléterait la pleine utilisabilité des outils.

Deuxièmement, nous n’avons utilisé, dans cette recherche, que la partie arithmétique de la logique floue. Or la logique floue telle qu’elle est utilisée par les systèmes experts pourrait permettre, une fois les modèles établis, soit leur validation, soit le suivi de leurs indicateurs grâce à des règles d’inférences floues telles que par exemple « *si prix est ÉLEVÉ ; et demande est FAIBLE ; et quantité\_disponible est EN\_EXCÈS ; alors rentabilité est sensiblement RÉDUITE.* »<sup>44</sup>.

Le champ de recherche offre donc de belles perspectives, et une façon enrichissante de l’exploiter serait la constitution d’une équipe de chercheurs pluridisciplinaire – cogniticiens, informaticiens, psychologues et gestionnaires. Les travaux de cette équipe pourraient, en outre, être couplés avec l’animation d’un projet *open-source* pour décupler le développement et l’expérimentation des outils.

Pour conclure, nous dirons que la logique floue pourrait ainsi constituer un premier pas *rationnel* « *vers le sevrage de la « quantification excessive »* » (Godet, 2001, p. 116) dans le contrôle de gestion.

---

<sup>44</sup>Exemple tiré de Cox (1997, p. 6).



# Bibliographie

- R. W. ACKERMAN,  
*The Social Challenge to Business*,  
Cambridge : Harvard University Press, 1975.
- F. ALLARD-POESI ET V. PERRET,  
« La recherche-action »,  
Dans *Conduire un projet de recherche, une perspective qualitative*, Y. GIORDANO (co-  
ordonateur), p. 86–132, EMS (Éditions Management & Société), Caen, 2003.
- D. ALLEN,  
« Never the twain shall meet ? »,  
*Accountancy Age*, January 1989.
- R. ANTHONY ET J. DEARDEN,  
*Management Control Systems*,  
Richard D. Irwin Inc., Homewood, Illinois, 3<sup>e</sup> édition, 1976.
- R. ANTHONY, J. DEARDEN ET N. BEDFORD,  
*Management Control Systems*,  
Richard D. Irwin Inc., Homewood, Illinois, 5<sup>e</sup> édition, 1984.
- R. ANTHONY, J. DEARDEN ET J. REECE,  
*Fundamentals of Management Accounting*,  
Homewood, R.D. Irwin, 4<sup>e</sup> édition, 1985.
- J.-L. ARDOUIN,  
« Une nouvelle donne pour le contrôle de gestion »,  
*Revue Française de Comptabilité*, n° 257, p. 39–48, juin 1994.
- C. ARGYRIS, R. PUTNAM ET S. D. MACCLAIN,  
*Action Science : Concepts, Methods, and Skills for Research and Intervention*,  
Jossey-Bass, San Francisco, 1985.
- P. AURÉGAN ET P. JOFFRE,  
« Pour une approche stratégique du projet »,  
Dans *Sciences de gestion et pratiques managériales*, p. 23–33, Economica, 2002.
- J. AVENIER,  
« Recherche-action et épistémologies constructivistes, modélisation systémique et or-  
ganisations socio-économiques complexes : Quelques « boucles étranges » fécondes »,  
*Revue Internationale de Systémique*, vol. 4, n° 6, p. 403–420, 1992.
- P. BARANGER ET P. MOUTON,  
*Comptabilité de gestion*,  
Hachette, Collection HU Economie, Paris, 1997.

- E. BARBIERI MASINI,  
*Penser le Futur*,  
Dunod, Paris, 2000.
- J. J. BARNES,  
« Cognitive biases and their impact on strategic planning »,  
*Strategic Management Journal*, vol. 5, p. 129–137, 1984.
- C. BELMONDO,  
« L’articulation entre outils de gestion et connaissances tacites / explicites et leur intégration dans la gestion des connaissances. Application à une cellule de veille concurrentielle. »,  
Dans *IXième conférence de l’Association Internationale de Management Stratégique (AIMS)*, 24-25-26 mai 2000.
- C. BELMONDO,  
*La creation de connaissances dans les groupes de travail : Le cas d’une cellule de veille concurrentielle*,  
Thèse de doctorat, Université Paris IX Dauphine, UFR Sciences des Organisations D.M.S.P., 2002.
- C. BENAVENT ET T. VERSTRAETE,  
« Entrepreneuriat et NTIC - la construction du Businessmodel »,  
Dans *Histoire d’entreprendre - les réalités de l’entrepreneuriat*, T. VERSTRAETE (co-ordinateur), Éditions Management et Société, 2000.
- P. BERGER ET T. LUCKMANN,  
*La construction sociale de la réalité*,  
Méridiens Klincksieck, édition originale : 1966, 1992.
- N. BERLAND,  
« A quoi sert le contrôle budgétaire ? »,  
*Finance Contrôle Stratégie*, vol. 2, n° 3, septembre 1999.
- N. BERLAND,  
« Fonctions du contrôle budgétaire et turbulence »,  
Dans *Risques et comptabilité, 21<sup>e</sup> congrès de l’Association Française de Comptabilité*, Angers, 2000.
- N. BERLAND,  
« Comment peut-on gérer sans budget ? »,  
Dans *Actes des XVI<sup>e</sup> journées des IAE, Sciences de Gestion et Pratiques Managériales*, Economica, collection Gestion, 2002.

- N. BERLAND,  
« La gestion sans budget : évaluation de la pertinence des critiques et interprétation théorique »,  
*Finance Contrôle Stratégie*, vol. 7, n° 4, p. 37–58, décembre 2004.
- C. BERLINER ET J. BRIMSON,  
« Cost management for today's advanced manufacturing »,  
Dans *The CAM-I conceptual design*, Harvard Business School Press, Boston, 1988.
- P. L. BESCOS ET C. MENDOZA,  
*Le management de la performance*,  
Éditions Comptables Malesherbes, Paris, 1994.
- P. BESSON,  
« Reconstruire le processus de pilotage »,  
*Lettre AEGIST*, septembre 1994.
- M. BIDAULT,  
*Microsoft Excel & VBA. Versions 97, 2000 et 2002*,  
Pearson Education France, collection CampusPress, Le tout en poche, Paris, 2002.
- B. BIRD,  
« Implementing entrepreneurial ideas : the case for intention »,  
*Academy of Management Review*, vol. 13, n° 3, 1988.
- M. BLACK,  
« Reasoning with Loose Concepts »,  
*Dialogue*, vol. 2, p. 1–12, 1963.
- L. T. M. BLESSING,  
*A process-based approach to computer-supported engineering design*,  
Thèse de doctorat, Universiteit Twente, Enschede, The Netherlands, 1994.
- H. BOISVERT,  
« Le modèle ABC : du contrôle sanction au contrôle conseil »,  
*Revue Française de Comptabilité*, n° 258, juillet-août 1994.
- N. BONNARDEL,  
« L'évaluation réflexive dans la dynamique de l'activité du concepteur »,  
Dans *Pilotage et évaluation des processus de conception*, J. PERRIN (coordinateur),  
p. 87–105, L'Harmattan, 1999.
- B. BOUCHON-MEUNIER,  
*La logique floue et ses applications*,  
Addison Wesley, Paris, 1995.

- R. BOUDON,  
*La logique du social*,  
Hachette, Paris, 1979.
- H. BOUQUIN,  
« Comptabilité de Gestion, vers un paradigme de l'activité »,  
*Revue Française de Gestion*, n° 87, p. 103–105, janvier-février 1992.
- H. BOUQUIN,  
*Les fondements du contrôle de gestion*,  
Paris, PUF, Collection Que Sais-Je ?, 1994.
- H. BOUQUIN,  
« Les enjeux d'une normalisation privée de la comptabilité de gestion »,  
*Revue Française de Comptabilité*, n° 271, octobre 1995a.
- H. BOUQUIN,  
« Rimailho, entre les sections homogènes et l'ABC : une évaluation »,  
*Comptabilité - Contrôle - Audit*, vol. 1, n° 2, 1995b.
- H. BOUQUIN,  
*Le contrôle de gestion*,  
Presses Universitaires de France, Collection gestion, Vendôme, 1997.
- H. BOUQUIN,  
*Le contrôle de gestion*,  
Presses Universitaires de France, Collection gestion, 5<sup>e</sup> édition, 2005.
- P. BOURDIEU,  
*Réponses - Pour une anthropologie réflexive*,  
Seuil, Paris, 1992.
- A. BOURGUIGNON ET A. JENKINS,  
« Changer d'outils de contrôle de gestion ? De la cohérence instrumentale à la cohérence psychologique »,  
*Finance Contrôle Stratégie*, vol. 7, n° 3, p. 31–61, septembre 2004.
- J. BOUTINET,  
*Psychologie des conduites à projet*,  
N° 2770 de « Que sais-je ? », Presses Universitaires de France, 1993.
- G. BOY (coordinateur),  
*Ingénierie Cognitive*,  
Hermès, Paris, 2003.

- J. BRÉCHET,  
« Pour une théorie renouvelée du développement des organisation ou la logique stratégique du développement des projets productifs »,  
Dans *Association Internationale de Management Stratégique (AIMS)*, Montréal, 1997.
- J. BRÉCHET ET P. MÉVELLEC,  
« Pour une articulation dynamique entre stratégie et contrôle de gestion »,  
*Revue Française de Gestion*, p. 23–37, juin-juillet-août 1999.
- C. BRUYAT,  
*Création d'entreprise : contributions épistémologiques et modélisation*,  
Thèse de doctorat, Grenoble Université Pierre Mendès France (Grenoble II), 1993.
- A. BURLAUD,  
« Revue de la thèse soutenue par Richard Milkoff : Le concept de comptabilité à base d'activités »,  
*Comptabilité - Contrôle - Audit*, vol. 1, n° 3, p. 112, 1997.
- A. BURLAUD ET C. SIMON,  
*Comptabilité de gestion*,  
Vuibert, Collection Gestion, 1993.
- L. BUSENITZ ET J. BARNEY,  
« Biases and heuristics in strategic decision-making : Differences between entrepreneurs and managers in large organizations »,  
*Journal of Business Venturing*, vol. 12, n° 1, p. 9–30, 1997.
- G. CAPLAT,  
*Modélisation cognitive et résolution de problèmes*,  
Presses polytechniques et universitaires romandes, Lausanne, 2002.
- J.-F. CASTA,  
« Le nombre et son ombre. Mesure, imprécision et incertitude en comptabilité »,  
Dans *Actes des XII<sup>e</sup> Journées Nationales des IAE, Montpellier*, n° 1, p. 77–100, 1994.
- J.-F. CASTA,  
« Incertitude et comptabilité »,  
Dans *Encyclopédie de Comptabilité, Contrôle de Gestion et Audit*, B. COLASSE (co-ordinateur), p. 809–818, Economica, 2000.
- J.-F. CASTA ET X. BRY,  
« Measurement, imprecision and uncertainty in financial accounting »,  
*Fuzzy Economic Review*, n° 0, p. 43–70, November 1995.

- J.-F. CASTA ET C. LESAGE,  
« Accounting and Controlling in Uncertainty : concepts, techniques and methodology »,  
Dans *Handbook of Management under Uncertainty*, J. GIL-ALUJA (coordinateur),  
p. 391–456, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands, 2001.
- B. CATHELAT,  
*Socio Styles Système*,  
Les Éditions d'Organisation, Paris, 1990.
- A. CHALMERS,  
*Qu'est-ce que la science ?*,  
La Découverte, Paris, 1987.
- V. CHANAL, H. LESCA ET A.-C. MARTINET,  
« Vers une ingénierie de la recherche en sciences de gestion »,  
*Revue Française de Gestion*, p. 41–51, novembre-décembre 1997.
- A. CHANDLER,  
*Stratégie et structures de l'entreprise*,  
Les Éditions d'Organisation, 1989.
- S. CHARREIRE ET I. HUAULT,  
« Cohérence épistémologique : les recherches constructivistes françaises en management « revisitées » »,  
Dans *Questions de méthodes en sciences de gestion*, N. MOURGUES, F. ALLARD-POESI, A. AMINE, S. CHARREIRE ET J. LE GOFF (coordinateurs), p. 297–318, EMS (Éditions Management & Société), Caen, 2002.
- R. H. CHENDALL ET D. MORRIS,  
« The Impact of Structure, Environment, and Interdependence on the Perceived Usefulness of Management Accounting Systems »,  
*The Accounting Review*, vol. 66, n° 1, p. 16–35, 1986.
- C.-Y. CHIU ET C. S. PARK,  
« Fuzzy Cash Flow Analysis Using Present Worth Criterion »,  
*The Engineering Economist*, vol. 39, n° 2, p. 113–138, Winter 1994.
- C.-Y. CHIU ET C. S. PARK,  
« Capital budgeting decisions with fuzzy projects »,  
*Engineering Economist*, vol. 43, n° 2, p. 125–151, Winter 1998.
- F. CHOUBINEH ET A. BEHRENS,  
« Use of Intervals and Possibility Distributions in Economic Analysis »,  
*Journal of the Operational Research Society*, vol. 43, n° 9, p. 907–918, 1992.

- J. M. CHRISTIAN BASTIEN,  
« L'inspection ergonomique des logiciels interactifs : intérêts et limites »,  
Dans *Psychologie ergonomique : tendances actuelles*, J.-M. HOC ET F. DARSEZ (co-  
ordinateurs), p. 49–70, Le travail humain, Presses Universitaires de France, Paris,  
novembre 2004.
- N. CLAVEAU ET F. TANNERY,  
« La recherche à visée ingénierique en management stratégique ou la conception  
d'artefacts médiateurs »,  
Dans *Questions de méthodes en sciences de gestion*, N. MOURGUES, F. ALLARD-  
POESI, A. AMINE, S. CHARREIRE ET J. LE GOFF (coordinateurs), p. 121–150, EMS  
(Éditions Management & Société), Caen, 2002.
- H. COLAS,  
« Le business plan de création d'entreprise : un outil cognitif, un rite et une rhétorique  
de la délibération »,  
Dans *Les approches cognitives en sciences de gestion : transversalité des objets et  
méthodes innovantes ?*, Université d'Evry avec le concours du Centre Pierre Naville,  
30 septembre, 30 septembre 2004, adresse : [www.univ-evry.fr/cognition](http://www.univ-evry.fr/cognition).
- R. COOPER ET R. S. KAPLAN,  
« Measure Costs Right : Make the Right Decisions »,  
*Harvard Business Review*, p. 97–98, September-October 1988.
- R. COOPER ET R. S. KAPLAN,  
« Profit Priorities from Activity-Based Costing »,  
*Harvard Business Review*, vol. 69, n° 3, May-June 1991.
- R. COOPER ET R. S. KAPLAN,  
« The Promise- and Peril - of integrated Costs Systems »,  
*Harvard Business Review*, vol. 76, n° 4, p. 109–119, July-August 1998.
- P. COSSETTE,  
« Méthode systématique d'aide à la formulation de la vision stratégique : illustration  
auprès d'un propriétaire-dirigeant. »,  
*Revue de l'Entrepreneuriat*, vol. 2, n° 1, 2002.
- E. COX,  
*La logique floue : pour les affaires et l'industrie*,  
International Thomson Publishing France, Paris, 1997.
- P. F. CULVERHOUSE,  
« Constraining designers and their CAD tools »,  
*Design Studies*, n° 16, p. 81–101, 1995.

- R. M. CYERT ET J. G. MARCH,  
*A behavioral theory of the firm*,  
Prentice-Hall, 1963.
- C. DA COSTA PEREIRA,  
*Planification d'actions en environnement incertain : une approche fondée sur la théorie des possibilités*,  
Thèse de doctorat, Université Paul Sabatier, Toulouse, mai 1998.
- F. DARSESES,  
« L'ingénierie concourante : Un modèle en meilleure adéquation avec les processus cognitifs en conception »,  
Dans *Ingénierie Concourante. De la technique au social*, p. 39–55, Economica, Paris, 1997.
- F. DARSESES,  
« A cognitive analysis of collective decision-making in the participatory design process »,  
Dans *Seventh Participatory Design Conference (PDC'02)*, Malmö, Sweden, Malmö University, June 2002.
- F. DARSESES ET P. FALZON,  
« La conception collective : une approche de l'ergonomie cognitive »,  
Dans *Coopération et Conception*, G. DE TERSAC ET E. FRIEDBERG (coordinateurs), p. 123–135, Octarès, Toulouse, 1996.
- F. DARSESES, J.-M. HOC ET C. CHAUVIN,  
« Cadres théoriques et méthodes de production de connaissances en psychologie ergonomique »,  
Dans *Psychologie ergonomique : tendances actuelles*, J.-M. HOC ET F. DARSESES (coordinateurs), vol. Le travail humain, p. 221–251, Presses Universitaires de France, Paris, novembre 2004.
- A. DAVID,  
« Outils de gestion et dynamique du changement »,  
*Revue Française de Gestion*, p. 44–59, septembre-octobre 1998.
- A. DAVID,  
« La recherche-intervention, cadre général pour la recherche en management ? »,  
Dans *Les nouvelles fondations des sciences de gestion*, A. DAVID ET A. H. ET RO-MAIN LAUFER (coordinateurs), p. 193–213, Vuibert, Collection FNEGE, 2000a.



- A. DAVID,  
« Logique, épistémologie et méthodologie en sciences de gestion : trois hypothèses revisitées »,  
Dans *Les nouvelles fondations des sciences de gestion*, A. DAVID, A. HATCHUEL ET R. LAUFER (coordinateurs), p. 83–111, Vuibert, Collection FNEGE, 2000b.
- I. DE LA VILLE,  
« La recherche idiographique en management stratégique : une pratique en quête de méthode? »,  
*Finance Contrôle Stratégie*, p. 73–99, septembre 2000.
- D. DE LONGEAUX,  
« Le contrôle de gestion en période incertaine »,  
*Revue Française de Gestion*, p. 14–19, mars-avril 1977.
- R. DECLERCK ET J. BOUDEVILLE,  
*Gestion stratégique et culture de l'entreprise*,  
Hommes et Techniques, octobre 1973.
- G. DELEUZE,  
*Différence et répétition*,  
PUF, collection Epiméthée, janvier 1996, 8<sup>e</sup> édition, 1968.
- C. DEMERS,  
« L'entretien »,  
Dans *Conduire un projet de recherche, une perspective qualitative*, Y. GIORDANO (co-ordinateur), p. 173–210, GROLEAU, Caen, 2003.
- P. DRUCKER,  
*The End of Economic Man*,  
Transaction Publishers, édition 1995, London, 1939.
- C. DRUCKER-GODARD, S. EHLINGER ET C. GRENIER,  
« Validité et fiabilité de la recherche »,  
Dans *Méthodes de recherche en management*, R.-A. THIÉTART (coordinateur), Dunod, Paris, 1999.
- D. DUBOIS ET H. PRADE,  
*Théorie des possibilités : applications à la représentation des connaissances informatiques*,  
Masson, Paris, 2<sup>e</sup> édition, 1987.
- D. DUBOIS, H. PRADE ET F. TERRIER,  
« Ensemble flous et théorie des possibilités : notions de base »,  
Dans *Logique Floue*, p. 29–62, OFTA (Observatoire Français des Techniques Avancées), Masson, 1994.

- C. DUCROCQ,  
« Informatique et contrôle de gestion »,  
Dans *Encyclopédie de Comptabilité, Contrôle de Gestion et Audit*, B. COLASSE (co-  
ordinateur), p. 819–832, Economica, 2000.
- I. DUHAIME ET C. R. SCHWENK,  
« Conjectures on cognitive simplification in acquisition and divestment decisions ma-  
king »,  
*Academy of Management Review*, vol. 10, p. 287–295, 1985.
- A. DUPOUY ET I. FRANCHISTEGUY-COULOUME,  
« Prendre en compte les processus cognitifs du createur d'entreprise innovante dans  
l'accompagnement de son projet. »,  
Dans *Les approches cognitives en Sciences de Gestion : transversalité des objets et  
méthodes innovantes ?*, Université d'Evry avec le concours du Centre Pierre Naville,  
30 septembre, 2004, adresse : [www.univ-evry.fr/cognition](http://www.univ-evry.fr/cognition).
- A. DUPOUY, I. FRANCHISTEGUY-COULOUME ET M. SAUMONNEAU,  
« La creation d'entreprises innovantes en europe : Apports et limites d'un projet de  
recherche europeen »,  
Dans *Entreprendre et Manager dans le nouvel espace europeen*, p. 15–30, 17<sup>es</sup> Journees  
Nationales des IAE - Lyon, 13 et 14 septembre, 2004.
- J.-P. DUPUY,  
« Temps et rationalité : Les paradoxes du raisonnement rétrograde »,  
Dans *Les limites de la rationalité Tome I. Rationalité, éthique et cognition*, J.-P.  
DUPUY ET P. LIVET (coordinateurs), p. 30–58, Éditions La Découverte, 1997.
- A. DWORACZECK ET B. OGER,  
*L'ABC, facteur d'efficience des services internes : application aux systèmes d'infor-  
mation au sein de Digital Equipment Corporation*,  
IAE de Paris - GREGOR - Cahiers de recherche, 1998.
- C. EDEN,  
« Cognitive Mapping »,  
*European Journal of Operational Research*, vol. 36, p. 1–13, 1988.
- S. EILON,  
« Editorial »,  
*OMEGA*, vol. 10, p. 339–343, 1982.
- H. EINHORN ET R. HOGARTH,  
« Ambiguity and Uncertainty in Probabilistic Inference »,  
*Psychological Review*, vol. 92, p. 433–461, 1985.

- K. EISENHARDT ET D. SULL,  
« Strategy as simple rules »,  
*Harvard Business Review*, janvier 2001.
- B.-G. EKHOLM ET J. WALLIN,  
« Is the annual budget really dead ? »,  
*The European Accounting Review*, vol. 9, n° 4, p. 519–539, 2000.
- D. ELLSBERG,  
« Risk, Ambiguity, and The Savage Axioms »,  
*Quarterly Journal of Economics*, vol. 75, p. 643–669, 1961.
- J.-L. ERMINE,  
*Les systèmes de connaissance*,  
Hermès, Paris, 1996.
- S. FERSON,  
« Quality Assurance for Monte Carlo Risk Assessment »,  
Dans *Proceedings of the International Symposium on Uncertainty Modeling and Analysis and NAFIPS '95 (ISUMA '95)*, 1995.
- L. FESTINGER,  
*A Theory of Cognitive Dissonance*,  
Stanford University Press, 1957.
- M. FIOL,  
*Les grands auteurs du contrôle de gestion : Mary P. Follet, Le contrôle pour penser*,  
Cahier de recherche HEC, Paris, avril 2004.
- B. FISCHHOFF,  
« Debiasing »,  
Dans *Judgment under Uncertainty : Heuristics and Biases*, D. KAHNEMAN, P. SLOVIC  
ET A. TVERSKY (coordinateurs), Cambridge University Press, New York, 1982.
- B. FISCHHOFF, P. SLOVIC ET S. LICHTENSTEIN,  
« Subjective sensitivity analysis »,  
*Organizational Behavior and Human Performance*, n° 23, p. 339–359, 1979.
- M. P. FOLLET,  
« Quelques méthodes de l'efficiencia managériale », 1<sup>er</sup> octobre 1926,  
Cité par Fiol, 2004.
- G. FOSTER ET S. DAN,  
« Measuring the Success of Activity Based Cost Management and Its Determinants »,  
*Journal of Management Accounting Research*, vol. 9, 1997.

- J.-C. FRYDLENDER,  
« L'ABCM Cognitif : vers un nouvel outil de pilotage pour les entreprises ? »,  
Dans *XI<sup>e</sup> conférence de l'Association Internationale de Management Stratégique (AIMS), Paris, 5, 6 et 7 juin, 2002.*
- J.-C. FRYDLENDER,  
« Apports et limites de la logique floue dans le calcul des coûts : quelques exemples »,  
Dans *10<sup>e</sup> rencontre internationale de l'ACSEG (Approches Connexionnistes en Sciences Economiques et de Gestion), Nantes, 20 et 21 novembre, p. 250–261, 2003.*
- P. GABRIEL,  
« Cognitivism et connexionnisme : entre oppositions et complémentarités en Sciences de Gestion »,  
Dans *Questions de méthodes en sciences de gestion*, N. MOURGUES, F. ALLARD-POESI, A. AMINE, S. CHARREIRE ET J. LE GOFF (coordinateurs), p. 67–89, EMS (Éditions Management & Société), Caen, 2002.
- M. GERVAIS,  
*Contrôle de gestion*,  
Economica, Paris, 8<sup>e</sup> édition, 2005.
- M. GERVAIS ET G. THENET,  
« Planification, gestion budgétaire et turbulence »,  
*Finance Contrôle Stratégie*, vol. 1, n<sup>o</sup> 3, septembre 1998.
- I. GETZ,  
« Systèmes d'information : l'apport de la psychologie cognitive »,  
*Revue Française de Gestion*, p. 92–108, juin-juillet-août 1994.
- A. GIDDENS,  
*La constitution de la société : Éléments de la théorie de la structuration*,  
Presses Universitaires de France, Édition anglaise : 1984, 1987.
- J. GIL-ALUJA,  
« Towards a new concept of economic research »,  
*Fuzzy Economic Review*, n<sup>o</sup> 0, p. 5–24, 1995.
- J. GIL-ALUJA,  
*Elements for a theory of decision in uncertainty*,  
Kluwer Academic Publishers, Dordrecht ; Boston, 1999.
- J. GIRIN,  
« Quel paradigme pour la recherche en gestion ? »,  
*Economies et Sociétés*, vol. XV, n<sup>o</sup> 10-11-12, p. 1871–1889, décembre 1981.

- J. GIRIN,  
*L'opportunisme méthodique dans les recherches sur la gestion des organisations*,  
Ecole polytechnique, mars 1989.
- M. GODET,  
*Manuel de prospective stratégique*,  
Dunod, 2 tomes, 2<sup>e</sup> édition, 2001.
- O. GOGUS ET T. O. BOUCHER,  
« Fuzzy NCIC »,  
*The Engineering Economist*, vol. 43, n<sup>o</sup> 3, p. 203–247, Spring 1998.
- L. GORDON ET V. NARAYANAN,  
« Management Accounting Systems, Perceived Environmental Uncertainty and Organizations Structure : An Empirical Investigation »,  
*Accounting Organizations and Society*, vol. 9, n<sup>o</sup> 1, p. 33–47, 1984.
- M. GOSSELIN,  
« Influence de la stratégie sur l'adoption et la mise en œuvre d'une comptabilité par activités »,  
*Finance Contrôle Stratégie*, vol. 3, n<sup>o</sup> 4, décembre, p. 37–56, 2000.
- M. GOSSELIN ET P. MÉVELLEC,  
« Plaidoyer pour la prise en compte des paramètres de conception dans la recherche sur les innovations en comptabilité de gestion »,  
*Comptabilité - Contrôle - Audit*, vol. 2, n<sup>o</sup> 8, p. 29–50, novembre 2002.
- R. GUIHÉNEUF,  
Dans *L'économie et les sciences humaines. Tome I, Théorie, concepts, méthodes*,  
G. PALMADE (coordinateur), Dunod, Paris, 1967.
- E. HANSEN ET K. ALLEN,  
« The creation corridor : Environmental load and pre-organization »,  
*Entrepreneurship : Theory & Practice*, vol. 17, n<sup>o</sup> 1, p. 57–65, 1992.
- J. C. HARTMAN ET R. F. HERCEK,  
« Replacement Analysis under Risk Using a Fuzzy Logic Approach »,  
*Engineering Valuation and Cost Analysis*, vol. 2, n<sup>o</sup> 2, p. 93–102, 1999.
- A. HATCHUEL,  
« Les savoirs de l'intervention en entreprise »,  
*Entreprises et Histoire*, n<sup>o</sup> 7, p. 59–75, 1994.
- A. HATCHUEL,  
« Quel horizon pour les sciences de gestion ? Vers une théorie de l'action collective »,  
Dans *Les nouvelles fondations des sciences de gestion*, A. DAVID ET A. H. ET RO-MAIN LAUFER (coordinateurs), p. 7–43, Vuibert, Collection FNEGE, 2000.

- C. HERRIAU,  
« Le concept de performance soutenable en contrôle de gestion »,  
*Finance Contrôle Stratégie*, vol. 2, n° 3, p. 147–177, septembre 1999.
- E. HIRSHMAN,  
« Humanistic Inquiry in Marketing Research : Philosophy, Method and Criteria »,  
*Journal of Marketing Research*, vol. 23, p. 237–249, 1986.
- M. HLADY-RISPAL,  
*Les études de cas : application à la recherche en gestion*,  
De Boek Université, Bruxelles, 2002.
- R. HOGARTH,  
*Judgement and Choice : The Psychology of Decisions*,  
John Wiley and Sons, New York, 1980.
- E. HOLLNAGEL ET D. WOODS,  
« Cognitive systems engineering : New wine in new homes »,  
*International Journal of Man-Machine Studies*, n° 18, p. 583–600, 1983.
- J. HOPE ET R. FRASER,  
« Beyond budgeting, Breaking through the barrier to 'the third wave' »,  
*Management Accounting*, p. 20–23, December 1997.
- J. HOPE ET R. FRASER,  
« Budgets : how to manage without them »,  
*Accounting and Business*, p. 30–32, April 1999.
- G. HUMPHREYS ET B. SHAW-TAYLOR,  
« Relevance regained »,  
*Management Accounting (CIMA, London)*, p. 19–21, May 1992.
- E. HUTCHINS,  
« Comment le cockpit se souvient de ses vitesses »,  
*Sociologie du Travail*, n° 4, p. 110–117, 1994.
- B. JARROSSON,  
*Décider ou ne pas décider ? Réflexion sur les processus de la décision*,  
Maxima, 1994.
- H. JOHNSON,  
« It's time to stop overselling ABC »,  
*Management Accounting (IMA, New-York)*, vol. 74, p. 26–35, september 1992.
- H. JOHNSON ET R. S. KAPLAN,  
*Relevance lost - The rise and fall of Management Accounting*,  
Harvard Business School Press, Boston, 1987.

- D. JUNG ET J. BURNS,  
« Connectionist approaches to inexact reasoning and learning systems for executive and decision support »,  
*Decision Support System*, n° 10, p. 37–66, 1993.
- D. KAHNEMAN ET D. LOVALLO,  
« Timid choices and bold forecasts : A cognitive perspective on risk-taking »,  
*Management Science*, vol. 39, n° 1, p. 17–31, 1993.
- D. KAHNEMAN ET A. TVERSKY,  
« Prospect Theory : An Analysis of Decision Under Risk »,  
*Econometrica*, n° 47, p. 263–290, 1979.
- R. S. KAPLAN,  
*Advanced Management Accounting*,  
Englewood Cliffs, Prentice Hall, New Jersey, 1982.
- R. KAST,  
*La théorie de la décision*,  
N° 120 de « Repères », Éditions La Découverte, Paris, 2002.
- G. KELLY,  
*The Psychology of Personal Constructs ; a Theory of Personality*,  
Norton, New York, 1955.
- D. KEYS ET R. LEFEVRE,  
« Departmental Activity-Based Management »,  
*Management Accounting (IMA, New-York)*, p. 27–30, January 1995.
- G. J. KLIR ET B. YUAN,  
*Fuzzy Sets and Fuzzy Logic, Theory and Applications*,  
Prentice Hall, 1995.
- G. J. KLIR, U. ST. CLAIR ET B. YUAN,  
*Fuzzy Set Theory : Foundations and Applications*,  
Prentice Hall, 1997.
- F. KNIGHT,  
*Risk, Uncertainty and Profit*,  
Houghton Mifflin Co., New York, 1921.
- G. KÖNIG,  
« Production de la connaissance et constitution des pratiques organisationnelles »,  
*Revue de gestion des Ressources Humaines*, vol. 9, p. 4–17, 1993.

- G. KÆNIG,  
« L'incertitude construite », *Gestion 2000*, vol. 12, n° 2, p. 117–129, mars-avril 1996.
- G. KÆNIG,  
« Pour une conception infirmationniste de la recherche-action diagnostique », *Management International*, vol. 2, n° 1, p. 27–35, Automne 1997.
- B. KOSKO,  
*Heaven in a Chip. Fuzzy visions of society and science in the digital age*,  
Three Rivers Press, 1999.
- D. KUCHTA,  
« Fuzzy Capital Budgeting », *Fuzzy Sets and Systems*, vol. 111, n° 3, p. 367–385, May 2000.
- I. LACOMBE,  
*Les enjeux conceptuels de l'ABC/ABM dans le domaine des services - applications dans un cadre multinational*,  
Thèse de doctorat, IRG, Paris XII, 1997.
- E. LANGER,  
« The illusion of control », *Journal of Personality and Social Psychology*, vol. 32, n° 2, p. 311–328, 1975.
- K. LASCOLA NEEDY ET H. NACHTMANN,  
« Fuzzy Activity Based Costing », *Engineering Economy Solutions*, Spring 2000.
- K. LASCOLA NEEDY ET H. NACHTMANN,  
« Development of a Fuzzy Activity Based Costing System »,  
Dans *IIE (Institute of Industrial Engineers) Annual Conference, May 20-23, Dallas, Texas*, Spring 2001.
- P. LAUZEL ET R. TELLER,  
*Contrôle de gestion et budgets*,  
Sirey- Dalloz, Paris, 8è édition, 1997.
- A. M. LAW ET W. D. KELTON,  
*Simulation Modeling and Analysis*,  
Mc Graw Hill, New York, 3<sup>e</sup> édition, 1999.
- J.-L. LE MOIGNE,  
« Epistémologies constructivistes et sciences de l'organisation »,  
Dans *Epistémologies et sciences de gestion*, A.-C. MARTINET (coordinateur), p. 81–140, Economica, Paris, 1990.



- J.-L. LE MOIGNE,  
« De l'incongruité épistémologique des sciences de gestion »,  
*Revue Française de Gestion*, n° 96, p. 123–135, septembre-octobre 1993.
- J.-L. LE MOIGNE,  
*Les épistémologies constructivistes*,  
N° 2969 de « Que sais-je ? », PUF, Paris, 1995.
- J. LEBAHAR,  
*Le dessin d'architecte : simulation graphique et réduction d'incertitude*,  
Parenthèse, Marseille, 1983.
- M. LEBAS,  
« L'ABM ou le Management Basé sur les Activités »,  
*Revue Française de Comptabilité*, n° 237, septembre 1992.
- M. LEBAS,  
« Du coût de revient au management par les activités »,  
*Revue Française de Comptabilité*, n° 258, juillet-août 1994.
- D. LECOURT,  
*Bachelard : « Épistémologie »/ textes choisis par Dominique Lecourt*,  
PUF, Paris, 1971.
- C. LESAGE,  
*Traitement de l'information imparfaite et analyse de coûts*,  
Thèse de doctorat, CREREG, IGR, Rennes I, 1999.
- C. LESAGE,  
« Modélisation de l'imperfection dans le coût : une interprétation cognitive de résultats expérimentaux obtenus sur le modèle CVP »,  
*Finance Contrôle Stratégie*, vol. 4, n° 4, p. 59–83, décembre 2001a.
- C. LESAGE,  
« Discounted cash-flows analysis : An interactive fuzzy arithmetic approach »,  
*European Journal of Economic and Social Systems*, vol. 15, n° 2, p. 49–68, 2001b.
- C. LESAGE,  
« Proposition d'une Arithmétique Floue Interactive (IFA) : application à la modélisation en gestion. »,  
Dans *10<sup>e</sup> rencontre internationale de l'ACSEG (Approches Connexionnistes en Sciences Economiques et de Gestion)*, Nantes, 20 et 21 novembre, p. 292–302, 2003.
- K. LEWIN,  
« Action Research and Minority Problems »,  
*Journal of Social Issues*, vol. 2, p. 34–46, 1946.

- S. LICHTENSTEIN ET P. SLOVIC,  
« Reversals of preference between bids and choices in gambling decisions », *Journal of Experimental Psychology*, n° 89, p. 46–55, 1971.
- S. LICHTENSTEIN ET P. SLOVIC,  
« Response-induced reversals of preference in gambling : an extended replication in Las Vegas », *Journal of Experimental Psychology*, n° 101, p. 16–20, 1973.
- S. LICHTENSTEIN, B. FISCHHOFF ET L. PHILLIPS,  
« Calibration of probabilities : the state of the art », Dans *Decision-Making and Change in Human Affairs*, H. ET D. DE ZEEUW (coordinateurs), Reidel, Dordrecht, 1977.
- P. LIVINGSTON,  
« La rationalité de l'agent », Dans *Les limites de la rationalité Tome I. Rationalité, éthique et cognition*, J.-P. DUPUY ET P. LIVET (coordinateurs), p. 316–333, Éditions La Découverte, Paris, 1997.
- P. LORINO,  
*L'économiste et le manager*, Éditions ENAG, 1989.
- P. LORINO,  
« Le projet Cost Management system du CAM-I et ses fondements », Dans *Gestion industrielle et mesure économique*, p. 151–161, ECOSIP, Economica, Paris, 1990.
- P. LORINO,  
*Le contrôle de gestion stratégique - la gestion par les activités*, Dunod, Paris, 1991.
- P. LORINO,  
« Le déploiement de la valeur par les processus », *Revue Française de Gestion*, p. 54–71, juin-juillet-août 1995.
- P. LORINO,  
*Méthodes et Pratiques de la Performance, Le guide du pilotage.*, Les Éditions d'Organisation, Paris, 1996.
- P. LOUART,  
*Gestion des ressources humaines*, Eyrolles, collection Gestion, Paris, 1993.

- R. D. LUCE ET H. RAIFFA,  
*Games and Decisions*,  
Wiley, New York, 1957.
- J. G. MARCH,  
« The Technology of Foolishness »,  
Dans *Ambiguity and Choice in Organizations*, J. MARCH ET J. OLSEN (coordonateurs), p. 175–189, Universitetsforlaget, Oslo, Norway, 1976.
- S. MARION, X. NOEL, S. SAMMUT ET P. SENICOURT,  
*Réflexions sur les outils et les méthodes à l'usage du créateur d'entreprise*,  
Éditions de l'Adreg, www.editions-adreg.net, 2003.
- G. MARTIN, F. DÉTIENNE ET E. LAVIGNE,  
« Analysing viewpoints in design through the argumentation process. »,  
Dans *Interact 2001*, Tokyo, July 2001.
- A.-C. MARTINET,  
« Épistémologie de la connaissance praticable : exigences et vertus de l'indiscipline »,  
Dans *Les nouvelles fondations des sciences de gestion*, A. DAVID ET A. H. ET ROMAIN LAUFER (coordinateurs), Vuibert, Collection FNEGE, 2000.
- A. MAZARS-CHAPELON,  
*Outils de gestion, cognition, émotion*,  
Thèse de doctorat, Université de Paris-Dauphine, 2001.
- J. MÉLÈSE,  
*Approches systémiques des organisations*,  
Les Éditions d'Organisation, Paris, 1990.
- J. MÉLÈSE,  
*L'analyse modulaire des systèmes (AMS)*,  
Les Éditions d'Organisation, 1991.
- W. MENDENHALL ET T. SINCICH,  
*Statistics for Engineering and the Sciences*,  
Prentice Hall, Upper Saddle River, New Jersey, 1995.
- P. MÉVELLEC,  
*Outils de gestion : la pertinence retrouvée*,  
Éditions comptables Malherbes, Paris, 1990.
- P. MÉVELLEC,  
« Plaidoyer pour une vision française de la méthode ABC »,  
*Revue Française de Comptabilité*, n° 251, p. 36–44, décembre 1993.

- P. MÉVELLEC,  
« La comptabilité à base d'activités : Une double question de sens »,  
*Comptabilité - Contrôle - Audit*, vol. 1, p. 62–80, mars 1995.
- P. MÉVELLEC,  
« Quelles leçons tirer de l'acclimatation de l'ABC en France »,  
*Revue Française de Comptabilité*, avril 1996a.
- P. MÉVELLEC,  
« Modèles d'entreprise et système de calcul de coûts »,  
Dans *Cohérence, pertinence et évaluation*, P. COHENDET, J.-H. JACOT ET P. LORINO  
(coordinateurs), p. 181–206, ECOSIP, Economica, Paris, 1996b.
- P. MÉVELLEC,  
« Comptabilité par activités »,  
Dans *Encyclopédie de Comptabilité, Contrôle de Gestion et Audit*, B. COLASSE (co-  
ordinateur), p. 395–405, Economica, 2000a.
- P. MÉVELLEC,  
« Lecture duale des systèmes de coûts : bilan d'étape d'une démarche de recherche-  
formation-action »,  
*Comptabilité - Contrôle - Audit*, vol. 6, n° 1, p. 27–46, mars 2000b.
- P. MÉVELLEC,  
« Les paramètres de conception des systèmes de coûts : étude comparative »,  
Dans *XXIIIème congrès de l'AFC*, Toulouse, 16 et 17 mai 2002.
- H. MINTZBERG,  
*Le management : voyage au centre des organisations*,  
Les éditions d'organisation, Paris, Édition 2004, 2<sup>e</sup> édition, 1990.
- J.-C. MOISDON (coordinateur),  
*Du mode d'existence des outils de gestion*,  
Séli-Arslan, Paris, 1997.
- R. MOLICH ET J. NIELSEN,  
« Improving a human-computer dialogue »,  
Dans *Communications of the ACM*, vol. 33, p. 338–348, 1990.
- E. MONOD,  
*La méthode business plan pour la gestion de vos projets*,  
Editions d'Organisation, Paris, 2002.
- M. DE MONTMOLLIN,  
*L'Ergonomie*,  
N° 43 de « Repères », Éditions La Découverte, Paris, 3<sup>e</sup> édition, 1996.

- G. MORGAN,  
*I M A G E S de l'organisation*,  
Presses Universitaires de Laval, 1989.
- O. MORGENSTERN,  
*On the accuracy of economic observations*,  
Princeton University Press, 1950.
- O. MORGENSTERN,  
*L'illusion statistique : précision et incertitude des données économiques*,  
Princeton University Press, 1950, traduction française : Dunod, Paris, 1972.
- J.-L. MORICEAU,  
« La répétition du singulier : pour une reprise du débat sur la généralisation à partir d'études de cas »,  
*Revue Sciences de Gestion*, n° 36, p. 113–140, Printemps 2003.
- L. MOURTAJJI,  
*La stratégie d'entreprise : De l'approche cognitive à l'approche discursive*,  
Cahiers de recherche du CIME, IAE de Caen, 1999.
- A. MUCCHIELLI,  
*Les Méthodes qualitatives*,  
PUF, 2<sup>e</sup> édition, 1994.
- B. MUNIER,  
« Décision et cognition »,  
*Revue Française de Gestion*, p. 79–91, juin-juillet-août 1994.
- H. NACHTMANN ET K. LASCOLA NEEDY,  
« Methods for Handling Uncertainty In Activity Based Costing Systems »,  
*The Engineering Economist*, vol. 48, n° 3, p. 259–282, 2003.
- V. NARAYANAN ET R. G. SARKAR,  
« The Impact of Activity Based Costing on Managerial Decisions at Insteel Industries - A Field Study »,  
*SSRN*, 1999, adresse : [www.ssrn.com](http://www.ssrn.com).
- T. NOBRE,  
« Des méthodologies de recherche pour repenser le contrôle »,  
Dans *Faire de la recherche en contrôle de gestion ?*, Y. DUPUIS (coordinateur), Vuibert, Collection FNEGE, 1999.
- D. NORMAN,  
« Some observations on mental models »,  
Dans *Mental models*, Lawrence Erlbaum Associates Publishers, London, 1983.

- D. NORMAN,  
*Turns signal are the facial expressions of automobiles*,  
Addison Wesley, 1992.
- B. OGER,  
« Quelques réflexions sur les implantations d'ABCM : les facteurs d'adoption, les bénéfices perçus »,  
Rapport technique, IAE de Paris - GREGOR - novembre, 1999.
- S. OSKAMP,  
« Overconfidence in case-study judgements »,  
*Journal of Consulting Psychology*, vol. 29, p. 261–265, 1965.
- G. PAHL, P. BADKE-SCHAUB ET E. FRANKENBERGER,  
« Resume of 12 years interdisciplinary empirical studies of engineering design in Germany »,  
*Design Studies*, n° 20, p. 481–494, 1999.
- P. PAILLÉ,  
« De l'analyse qualitative en général et de l'analyse thématique en particulier »,  
*Recherches qualitatives*, vol. 14, 1996.
- J. PASSERON,  
*Le Raisonnement sociologique : l'espace non poppérien du raisonnement naturel*,  
Nathan, Paris, 1991.
- J. PASSERON,  
« Anthropologie et Sociologie : Quel genre de science pratiquons-nous ? »,  
*Raison*, n° 108, p. 1–23, 1993.
- V. PERRET ET M. GIRAUD-SÉVILLE,  
« Fondements épistémologiques de la recherche »,  
Dans *Méthodes de recherche en management*, R.-A. THIÉTART (coordinateur), Dunod, Paris, 1999.
- V. PERRET ET M. GIRAUD-SÉVILLE,  
« Les critères de validité en sciences des organisations : les apports du pragmatisme »,  
Dans *Questions de méthodes en sciences de gestion*, N. MOURGUES, F. ALLARD-POESI, A. AMINE, S. CHARREIRE ET J. LE GOFF (coordinateurs), EMS (Éditions Management & Société), Caen, 2002.
- J. PERRIN,  
« Diversité des représentations du processus de conception, diversité des modes de pilotage de ces processus »,  
Dans *Pilotage et évaluation des processus de conception*, J. PERRIN (coordinateur), p. 19–39, L'Harmattan, Paris, 1999.

- J. PIAGET,  
*Logique et connaissance scientifique*, chap. L'épistémologie et ses variétés, p. 3–61,  
La Pléiade, Paris, 1967.
- J. PIPER ET P. WALLEY,  
« ABC relevance not found »,  
*Management Accounting (CIMA, London)*, March 1991.
- J.-M. PLANE,  
« Recherche-action, méthodes d'observation et management stratégique »,  
Dans *Actes du Congrès de l'AIMS (Association Internationale de Management Stratégique)*, mai 1996.
- J.-M. PLANE,  
*Méthodes de recherche-intervention en management*,  
L'Harmattan, Paris, 2000.
- C. PONSARD,  
« L'imprécision et son traitement en analyse économique »,  
*Revue d'Économie Politique*, n° 1, p. 17–37, janvier-février 1975.
- K. POPPER,  
« Autobiography of Karl Popper »,  
Dans *The Philosophy of Karl Popper*, P. SCHILPP (coordinateur), p. 1–181, Open  
Court, La Salle, Illinois, 1974.
- M. PORTER,  
*L'avantage concurrentiel*,  
InterÉditions, Paris, 1986.
- P. PYHR,  
*Zero-Base Budgeting : a practical management tool for evaluating expenses*,  
John Wiley and Sons, New York, 1973.
- R. QUIVY ET L. VAN CAMPENHOUDT,  
*Manuel de recherche en sciences sociales*,  
Dunod, Paris, 2000.
- P. RABARDEL,  
« Microgenèse et fonctionnalité des représentations dans une activité avec instru-  
ment »,  
Dans *Représentations pour l'action*, A. WEILL-FASSINA, P. RABARDEL ET D. DU-  
BOIS (coordinateurs), Octarès, 1993.
- P. RABARDEL,  
*Les hommes & les technologies, Approche cognitive des instruments contemporains*,  
Armand Colin, Paris, 1995.

- J.-M. ROBERT,  
« Que faut-il savoir sur les utilisateurs pour réaliser des interfaces de qualité ? »,  
Dans *Ingénierie Cognitive*, G. BOY (coordinateur), p. 249–284, Hermes Science, coll.  
Lavoisier, 2003.
- J. ROGALSKI,  
« Un exemple d'outil cognitif pour la maîtrise d'environnements dynamiques »,  
Dans *Activités avec instruments*, Laboratoire d'ergonomie du CNAM, 1993.
- J. ROGALSKI ET J.-C. MARQUIÉ,  
« Evolution des compétences et des performances »,  
Dans *Psychologie ergonomique : tendances actuelles*, J.-M. HOC ET F. DARSEES (coor-  
dinateurs), p. 141–173, Presses Universitaires de France, collection Le travail humain,  
Paris, novembre 2004.
- J. ROGALSKI ET R. SAMURCAY,  
« Représentations de référence : outils pour le contrôle d'environnements dyna-  
miques »,  
Dans *Représentations pour l'action*, A. WEILL-FASSINA, P. RABARDEL ET D. DU-  
BOIS (coordinateurs), Octarès, 1993.
- E. ROTH, K. BENNET ET D. WOODS,  
« Human interaction with an « intelligent » machine »,  
*International Journal of Man-Machine Studies*, n° 27, p. 479–525, 1987.
- J. RUSSO ET P. SCHOEMAKER,  
« Managing overconfidence »,  
*Sloan Management Review*, vol. 23, p. 7–17, 1992.
- R. SAINSAULIEU,  
*L'identité au travail*,  
PFNSP, 1977.
- B. SAINT-SERNIN,  
*Les Mathématiques de la décision*,  
Presses Universitaires de France, 1973.
- J. SALLABERRY,  
*Dynamique des représentations dans la formation*,  
l'Harmattan, 1996.
- L. J. SAVAGE,  
*The Foundations of Statistics*,  
Wiley and Sons, New York, 1954.



- H. SAVALL ET V. ZARDET,  
*Recherche en Sciences de Gestion, approche qualimétrique. Observer l'objet complexe*,  
Economica, Paris, 2004.
- C. R. SCHWENK,  
« Information, cognitive biases, and commitment to a course of action »,  
*Academy of Management Review*, vol. 11, n° 2, p. 298–310, 1986.
- P. SENICOURT,  
*Contribution constructiviste à la conceptualisation, la modélisation et l'opérationnalisation de l'aide à la démarche entrepreneuriale et à la prise de décision stratégique*,  
Thèse de doctorat, Paris IX Dauphine, 1997.
- E. SHAFIR ET A. TVERSKY,  
« Penser dans l'incertain. Raisonner et choisir de façon non conséquentialiste »,  
Dans *Les limites de la rationalité Tome I. Rationalité, éthique et cognition*, J.-P. DUPUY ET P. LIVET (coordinateurs), p. 118–150, Éditions La Découverte, Paris, 1997.
- C. E. SHANNON ET W. WEAVER,  
*The mathematical theory of communication*,  
University of Illinois Press, Columbia (U.S.A.), 1948.
- K. SHAVER ET L. SCOTT,  
« Person, process, choice : The psychology of new venture creation »,  
*Entrepreneurship : Theory and Practice*, vol. 16, n° 2, p. 23–45, 1991.
- D. SILVERMAN,  
*Interpreting Qualitative Data, Methods for Analysing Talk, Text, and Interaction*,  
Sage, London, 2001.
- H. SIMON,  
« Rational decision-making in business organizations (Nobel Memorial Lecture, December 8, 1978) »,  
*American Economic Review*, n° 69, p. 493–513, 1979.
- H. SIMON,  
*Models of bounded rationality*,  
Englewood Cliffs, Prentice Hall, 1982.
- H. SIMON,  
*Administration et processus de décision*,  
Economica, Paris, 1983.

- H. SIMON,  
*Les sciences de l'artificiel*,  
Gallimard, Folio Essais, Trad. franç. de la III<sup>e</sup> édition, revue et complétée : *The Sciences of the Artificial*, MIT Press, 1996, Paris, 2004.
- M. SIMON, S. HOUGHTON ET K. AQUINO,  
« Cognitive Biases, Risk Perception, and Venture Formation : How Individuals Decide to Start Companies »,  
*Journal of Business Venturing*, vol. 15, n° 2, p. 113–134, 1999.
- G. SINQUIN,  
*Positionnement et impact de la Couveuse d'Entreprise de Caen au sein des dispositifs français d'aides à la création d'entreprises*,  
Mémoire de maîtrise, Faculté des Sciences Économiques et de Gestion, Université de Caen, 2004.
- A. SOLÉ,  
« La décision : production de possibles et d'impossibles »,  
Dans *Traité d'Ergonomie*, P. CAZAMIAN, F. HUBAULT ET M. NOULIN (coordonateurs), p. 573–636, Éditions Octarès Entreprises, 1996.
- A. SOLÉ ET D. PHAM,  
« Cette image dont nous sommes si prisonniers »,  
Dans *Questions de contrôle*, L. COLLINS (coordinateur), PUF, collection Gestion, Paris, 1999.
- J.-C. SPERANDIO,  
« Ergonomie cognitive et modélisation de l'opérateur »,  
Dans *Ingénierie Cognitive*, G. BOY (coordinateur), p. 55–80, Hermès, Paris, 2003.
- R. O. SWALM,  
« Utility Theory : Insights into Risk Taking »,  
*Harvard Business Review*, n° 44, p. 123–136, 1966.
- W. THOMAS ET D. THOMAS,  
*The Child in America : Behaviour Problems and Progress*,  
Knopf, New York, 1928.
- P.-K. D. TING, C. ZHANG, B. WANG, A. DESHMUKH ET B. DUBROSKY,  
« Product and Process Cost Estimation With Fuzzy Multi-Attribute Utility Theory »,  
*Engineering Economist*, vol. 44, n° 4, p. 303–332, 1999.
- L. TOUCHAIS,  
« Le contrôle de gestion en situation d'incertitude : le cas du sport spectacle »,  
*Finance Contrôle Stratégie*, vol. 4, n° 1, p. 215 – 237, mars 2001.

- A. TVERSKY ET D. KAHNEMAN,  
« Availability : a heuristic for judging frequency and probability », *Cognitive Psychology*, vol. 5, p. 207–232, 1973.
- A. TVERSKY ET D. KAHNEMAN,  
« Judgement under uncertainty : Heuristics and biases », *Science*, vol. 185, p. 1124–1131, 1974.
- A. TVERSKY ET E. SHAFIR,  
« The Disjunction Effect in Choice under Uncertainty », *Psychological Science*, vol. 3, n° 5, p. 305–309, 1992.
- A. TVERSKY, D. KAHNEMAN ET P. SLOVIC,  
*Judgments under uncertainty : Heuristics and biases*,  
Cambridge University Press, Cambridge, 1984.
- C. VALOT, J. GRAU ET R. AMALBERTI,  
« Les métaconnaissances : représentation de ses propres compétences »,  
Dans *Représentations pour l'action*, A. WEILL-FASSINA, P. RABARDEL ET D. DU-BOIS (coordinateurs), Octarès, 1993.
- F. VATIN (coordinateur),  
*TAYLOR Frederick W. - AMAR Jules - BELOT Emile - LAHY Jean-Maurice - LE CHATELIER Henry : Organisation du travail et économie des entreprises*,  
Les Éditions d'Organisation, Paris, 1990.
- T. VERSTRAETE,  
*Essai sur la singularité de l'entrepreneuriat comme domaine de recherche*,  
Éditions de l'Adreg, adresse : <http://www.editions-adreg.net>, 2002.
- W. VISSER,  
« Organisation of design activities : Opportunistic, with hierarchical episodes », *Interacting With Computers*, n° 6, p. 239–274, 1994.
- W. VISSER, F. DARSEES ET F. DÉTIENNE,  
« Approches théoriques pour une ergonomie cognitive de la conception »,  
Dans *Psychologie ergonomique : tendances actuelles*, J.-M. HOC ET F. DARSEES (co-ordinateurs), p. 97–118, Presses Universitaires de France, collection Le travail humain, Paris, novembre 2004.
- E. VOGLER,  
*Management stratégique et psychologie cognitive. Synthèse des emprunts du management stratégique à la psychologie cognitive.*,  
Cahiers de recherche ESC Lyon, 1996.

- E. VON GLASERSFELD,  
« Introduction à un constructivisme radical »,  
Dans *L'invention de la réalité : Contributions au constructivisme*, P. WATZLAWICK  
(coordinateur), p. 19–43, Seuil, Paris, 1988.
- J. VON NEUMANN ET O. MORGENSTERN,  
*The Theory of Games and Economic Behavior*,  
Princeton University Press, Princeton, N.J., 1944.
- F. WACHEUX,  
*Méthodes Qualitatives et Recherche en Gestion*,  
Economica, Paris, 1996.
- J. WALLANDER,  
« Budgeting - Unnecessary Evil »,  
*Scandinavian Journal of Management*, vol. 15, p. 405–421, 1999.
- M.-J. WANG ET G.-S. LIANG,  
« Benefit/Cost Analysis Using Fuzzy Concept »,  
*The Engineering Economist*, vol. 40, n° 4, p. 359–376, Summer 1995.
- P. WATZLAWICK (coordinateur),  
*L'invention de la réalité. Contributions au constructivisme*,  
Seuil, Paris, 1988.
- R. WEBB,  
« The impact of reputation and variance investigations on the creation of budget  
slack »,  
*Accounting, Organizations and Society*, vol. 27, p. 361–378, 2002.
- M. WEBER,  
*Essai sur la théorie de la science*,  
Plon, réédition 1992, press pocket édition, 1965.
- K. WEICK,  
*The social psychology of organizing*,  
Addison-Wesley, Reading, Mass, 2<sup>e</sup> édition, 1979.
- O. WILLIAMSON,  
*Markets and Hierarchies : Analysis and antitrust implications ; a study in the econo-  
mics of internal organization*,  
Free Press, 1975.
- D. H. WOODS,  
« Improving estimates that involve uncertainty »,  
*Harvard Business Review*, n° 44, p. 91–98, 1966.

- J.-M. XUEREBO, C. DONADA, P. BAUMARD ET J. IBERT,  
« Méthodes de Collecte et Gestion des Sources de Données »,  
Dans *Méthodes de recherche en management*, R.-A. THIÉTART (coordinateur), Dunod, Paris, 1999.
- J. YATES,  
*Judgment and Decision Making*,  
Prentice Hall, 1990.
- L. ZADEH,  
« Fuzzy sets »,  
*Journal of Information and Control*, vol. 8, p. 338–353, 1965.
- L. ZADEH,  
« A Fuzzy Set Theoretic Interpretation of Linguistic Hedges »,  
*Journal of Cybernetics*, vol. 2, p. 4–34, 1972.
- L. ZADEH,  
« Outline of a New Approach to the Analysis of Complex Systems and Decision Processes »,  
Dans *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics*, vol. SMC-3, p. 28–44, 1973.
- L. ZADEH,  
« The Linguistic Approach and Its Application to Decision Analysis »,  
Dans *Directions in Large-Scale Systems*, Y. HO ET S. MITTER (coordinateurs), p. 339–370, Plenum Press, 1976.
- L. ZADEH,  
« Fuzzy sets as a basis for a theory of possibility »,  
*Fuzzy Sets and Systems*, n° 1, 1978.
- L. ZADEH,  
« Toward a perception-based theory of probabilistic reasoning with imprecise probabilities »,  
*Journal of Statistical Planning and Inference*, n° 105, p. 233–264, 2002.
- P. ZARLOWSKI,  
*Pilotage par la valeur : étude théorique et analyse d'un exemple*,  
Thèse de doctorat, Université de Paris IX, 1996.
- A. ZEBDA,  
« The Investigation Of Cost Variances : A Fuzzy Set Theory Approach »,  
*Decision Sciences*, vol. 15, n° 3, p. 359–389, Summer 1984.

- A. ZEBDA,  
« The problem of ambiguity and vagueness in accounting and auditing », *Behavioral Research in Accounting*, vol. 3, p. 117–145, 1991.
- H. ZIMNOVITCH,  
« Faire de la recherche en contrôle de gestion ? »,  
Dans *La recherche historique en contrôle de gestion*, Y. DUPUIS (coordinateur), Vuibert, Collection FNEGE, 1999.
- J. T. ZINGER ET R. LEBRASSEUR,  
« The Benefits Of Business Planning In Early Stage Small Enterprises », *Journal of Small Business & Entrepreneurship*, vol. 17, Fall 2003.

# Glossaire

## Ambiguïté

Alors que certains philosophes distinguent l'ambiguïté du flou (voir section 1.1.3.1 page 27), nous conserverons comme sens ici pour ce terme celui de synonyme de flou, vague, imprécis, 27

## Architectonique

structure ou organisation, 270

## Arithmétique

Partie des mathématiques consacrée à l'étude des nombres et des opérations mathématiques simples  
Encyclopédie Hachette Multimédia, 88

## BFA

*Basic Fuzzy Arithmetic*, terminologie utilisée par Lesage (2001b) pour désigner l'arithmétique floue classique, 104

## Bogue

INFORMATIQUE. (Équivalent recommandé [Journal officiel, 19 février 1984] du mot anglais *bug*.) Erreur de programmation dans un logiciel, nuisible à son bon fonctionnement. NB : L'usage persistant, malgré les recommandations officielles, du mot anglais *bug*, conduit de plus en plus à vouloir donner à ce mot le genre masculin : un bogue ; le bogue de l'an 2000. Source : Encyclopédie Hachette Multimédia, 180

## CAM-I

*Consortium for Advanced Manufacturing International*, 40

## Cohérence

Harmonie, logique, rapport étroit entre les divers éléments d'un ensemble d'idées ou de faits, 90

Compatibilité descendante : Les programmes créés sur le nouveau système peuvent fonctionner sur l'ancien. Source : Le Jargon Français, 184

## Contrôle

contraction de contre-rôle, *registre tenu en double*. L'encyclopédie Hachette le définit comme la vérification administrative et, par extension, toute vérification exercée sur quelqu'un ou quelque chose. Notre acception du *contrôle de gestion* outrepassa son domaine habituel d'action – la réaction – pour le faire entrer dans la proaction, lui faire dépasser la fonction de contre-rôle des opérations courantes pour le transformer en partenaire de la formulation de la stratégie, 4

## Créateur

Nous utilisons le terme créateur d'entreprise dans le sens de *personne ayant l'intention de créer une organisation* à l'instant où nous la considérons, quelle que soit l'issue à terme de son projet de création. Il s'agit donc plus dans notre acception d'un état psychologique que d'un état civil. Nous utilisons dans cette recherche indifféremment les termes de *Créateur*, *Porteur de projet* ou *Entrepreneur*, 254

## Défuzzifier

Passer d'une variable floue à une variable réelle, pour permettre le

- réglage d'un système. Les techniques les plus répandues pour effectuer cette *défuzzification* sont la technique du maximum, la technique de la moyenne pondérée et la technique du centre de gravité, 278
- Entrepreneur  
Nous utilisons dans cette recherche indifféremment les termes de *Créateur*, *Porteur de projet* ou *Entrepreneur*, voir l'entrée de glossaire *Créateur*, 254
- Entropie  
quantité d'informations qu'un signal ou message porte (les possibilités d'interprétation du message entraînent l'incertitude). Concept issu de la théorie de l'information de Shannon et Weaver (1948). Source : Dictionnaire Hachette Multimédia, 95
- Fuzzifier  
Introduire du flou dans un modèle, passer d'une variable réelle à une variable floue, 278
- Heuristiques  
modes de pensée bien ancrés, tirés de l'expérience ou d'analogies, plutôt que d'une analyse scientifique trop complexe, qui permettent d'accélérer les décisions, mais peuvent conduire à un jugement personnel irrationnel, 76
- IFA  
*Interactive Fuzzy Arithmetic*, terminologie utilisée par Lesage (2001b) pour désigner l'arithmétique floue améliorée qu'il a proposé pour prendre en compte les relations intervariables et ainsi diminuer l'entropie artificiellement générée par les calculs flous, 104
- NFT  
Nombre Flou Trapézoïdal, 101
- Nomothétique  
Approche nomothétique : l'approche nomothétique tente d'inférer des réponses d'un groupe de sujets un modèle moyen. Dans ce sens, les fluctuations des individus par rapport à ce modèle sont assignées à des erreurs aléatoires et sans signification. Même si dans des perspectives différentielles on admet que plusieurs modèles qualitativement différents puissent exister, il n'en demeure pas moins que les comportements individuels sont ramenés à un nombre restreint de modèles génériques. (Didier Delignières, Université Montpellier I), 141
- Pertinence  
Caractère de ce qui est approprié, qui a un rapport avec ce dont il est question, 90
- Porteur de projet  
Nous utilisons dans cette recherche indifféremment les termes de *Créateur*, *Porteur de projet* ou *Entrepreneur*, voir l'entrée de glossaire *Créateur*, 254
- Probabilité  
Ce mot désigne la qualité d'un événement *probable*, c'est-à-dire dont on peut prouver qu'il est pertinent. Une distribution de probabilités est une mesure (elle associe un nombre à cette qualité). (Kast, 2002), 111
- Switch



terminologie que nous avons utilisée tout au long du développement de nos outils pour désigner les interrupteurs logiques mis en œuvre dans nos macros. Nous avons conservé cette terminologie dans cet ouvrage par souci de continuité entre nos différents documents, voir section 4.1.2 page 176, 176

#### VBA

*Visual Basic pour Applications*, langage de programmation orienté objet des applications Microsoft, 187

# Index

## *Remarque*

la version .PDF de la thèse (voir CD-ROM joint) permet d'effectuer une recherche par mot-clé sur l'intégralité de l'ouvrage., 377

Actifs immatériels, 64, 65

Activité, 44

Agent cognitif, 81

AireEntropie, 108, 176, 269

utilisation, 284

Arithmétique floue, 101

Autres Macros

conception, 189

utilisation, 403

Biais

Best Guess Strategy, 77, 324

d'ancrage, 76, 324

d'aversion, 77

d'illusion de contrôle, 78

de conservatisme, 76, 324

de disponibilité, 75, 324

de meilleure spéculation, 77, 324

de perception sélective, 76, 324

de surconfiance, 77

Dissonance cognitive, 123

loi des petits nombres, 77, 324

Calcul flou, 101

Cas

Achat Voiture, 212, 213, 232, 242, 280, 281, 303, 304, 327, 328, 330

ATEA, 212, 213, 215, 329

ATEA IFA, 212, 213

Constructions pour Location, 188, 212, 213, 228, 230, 232, 280, 281, 311, 327, 488, 490

Conversion GPL, 212, 242, 268, 269, 271, 272, 296, 297, 311, 328

Itinéraire, 213, 215, 246, 302, 311, 312, 316, 327

Chaîne de valeur de Porter (1986), 43

Charge cognitive, 124

Cisaillement

phénomènes de, 295

Cohérence, 92, 97

Conception, 143, 145, 146, 160, 163, 173, 176, 179

Constructivisme

critères qualité, 162

rejet de l'hypothèse ontologique, 159

visée d'action, modèles/ outils, 157

Consulting

versus recherche, 147

Contrôle de gestion, 4

Contre-rôle, 4

Critères qualité retenus, 163

Défuzzification, 176

Degré d'appartenance, 88

Dissonance cognitive, 123, 124

Echelle des niveaux d'interaction IFA, 193

Entropie

artificielle, 102

Epistémologie ergonome, 162, 163

Ergonomie cognitive, 124, 143

Fonction IFA (Macro), 191

IFA

échelle des niveaux de relation, 193

Formule Lesage (2003), 105

Formule modifiée, 194

Imprécision, 28, 96, 97

Incertitude, 28, 96, 109, 112, 130

Informations antagonistes, 76

Interactions intervariables, 104

Interactive Fuzzy Arithmetic (IFA), 104, 105

- échelle des niveaux de relation, 193
  - code, 434
  - conception, 179
  - conséquences de l'utilisation, 268, 270, 273, 274, 284, 295, 304
  - formule modifiée, 194
  - macro, fonctionnement, 191
  - macro, utilisation, 200
  - utilisation, 212, 227, 229, 237, 243, 244, 249, 403
- Intervalle flou, 99, 120
- Jeu organisationnel, 71, 83
- Langage
  - compilé, 178
  - interprété, 178
- Logique Floue, 87
- Métaconnaissances, 82
- Métareprésentations, 82
- Méthode ABC, 40, 41, 45, 47, 49, 55, 60, 61, 64, 91, 93, 119, 215, 299, 485
  - floue, 120, 126, 225–227
- Macro
  - Fonction IFA, 191
  - Graphique, 195
  - Test Sensibilité, 198
- Macro Graphique
  - code, 468
  - conception, 185
  - fonctionnement, 195
  - utilisation, 403
- Macro Test Sensibilité
  - code, 451
  - conception, 188
  - fonctionnement, 198
  - utilisation, 207, 403
- Modélisation, 89, 129
- Monte-Carlo, 119
- Nombre Flou, 99
  - Trapézoïdal, 101, 120
  - Triangulaire, 120, 129
- Outils cognitifs, 80
- Paradigme de la prothèse, 81
- Pertinence, 6, 92
- Probabilités, 109, 117, 119
- Problématique, 135
- Recherches-Interventions
  - Accueil Enfants, 213, 215, 260, 261, 282, 289–291, 308, 310, 315, 318, 322, 326
  - Agence Immobilière, 188, 213, 251, 255, 280, 281, 309, 315, 318, 323, 399
  - Appareillage de Mesure, 187, 188, 213, 214, 256, 257, 270, 281, 309, 312, 313, 323, 325
  - Conseil en Informatique Libre, 213, 214, 258, 259, 303, 307, 310, 312
  - Ferme Biologique, 213, 215, 260, 261, 263, 273, 274
  - Graphistes, 213, 215, 260–263, 273, 274, 276, 277, 282, 284, 285, 289, 307, 313–315, 317, 324
- Relations intervariables, 102, 104
  - échelle, 193
- Représentation, 47, 78, 79, 82, 89, 97, 122, 123, 129, 130, 134, 135, 146, 321, 325
  - incomplétude, 71, 82, 83, 165
- Robustesse, 304
- Scientificité, 160
- Structuration cognitive, 123
- Système cognitif distribué, 81, 166, 339
- Systèmes-experts, 81, 121
- Tableur
  - choix, 177
- Test Sensibilité, 289, 290
- Théorie de la mesure, 89
- Théorie des sous-ensembles flous, 88, 97
- Utilisabilité, 156
- Viabilité, 156

## Index des Auteurs

Ackerman, Robert W. 33

Allard-Poesi, Florence 149–151

Allen, D. 58

Allen, K.R. 75

Amalberti, R. 82

Anthony, R.N. 3, 4, 68, 72

Aquino, K. 75, 77, 78

Ardouin, J.-L. 46, 58, 59, 130, 131

Argyris, C. 147

Aurégan, P. 3, 154, 155

Avenier, J.M. 149

Badke-Schaub, P. 144

Baranger, P. 17, 46, 215

Barbieri Masini, Eleonora

Barnes, J.H. Jr. 75, 77, 316

Barney, J.B. 75

Baumard, P. 161

Bedford, N. 68, 72

Behrens, A. 109

Belmondo, C.

Benavent, C. 79

Bennet, K.B. 81

Berger, P. 135

Berland, N. 64, 65, 68, 139

Berliner, C. 37, 39, 112

Bescos, P. L.

Besson, P. 50

Bidault, Mickaël

Bird, B. 79

Black, M. 27

Blessing, L. T. M. 144

Boisvert, H. 45

Bonnardel, N. 146

Boucher, Thomas O. 109

Bouchon-Meunier, B. 96, 121

Boudeville, J. 153

Boudon, R. 159

Bouquin, Henri 4, 5, 16, 19, 31, 40,  
44, 52, 53, 55, 85

Bourdieu, Pierre 135

Bourguignon, Annick 73

Boutinet, J.P. 154

Bréchet, J.P. 154

Brimson, J.A. 37, 39, 112

Bruyat, C. 30, 67

Bry, X. 95

Burlaud, Alain 45, 53

Burns, J. 304

Busenitz, L.W. 75

- Caplat, G.
- Casta, J.-F. 27, 90, 94, 95, 98, 121
- Cathelat, B.
- Chalmers, A. 160
- Chanal, V. 150
- Chandler, A.D. 18
- Charreire, S. 157, 159, 160
- Chauvin, Christine 80, 163
- Chendall, R. H. 70
- Chiu, Chui-Yu 109
- Choobineh, F. 109
- Christian Bastien, J. M. 176
- Claveau, N. 150
- Colas, Hervé 67
- Cooper, R. 44, 57, 126
- Cossette, P.
- Cox, E.D. 304, 311, 341
- Culverhouse, P. F. 144
- Cyert, R. M. 67
- Da Costa Pereira, Célia 114
- Dan, Swenson
- Darses, Françoise 80, 81, 143–146, 163
- David, Albert 147, 150, 151
- De La Ville, I. 135, 163
- De Longeaux, D. 69
- de Montmollin, Maurice 79, 162, 175
- Dearden, J. 3, 4, 68, 72
- Declerck, R. 153
- Deleuze, Gilles 151
- Demers, Christiane
- Deshmukh, Abhijit 113
- Détienne, Françoise 81, 144–146
- Donada, C. 161
- Drucker-Godard, Carole 141, 143, 162
- Drucker, Peter 18
- Dubois, Didier 6, 28, 99, 114
- Dubrosky, Barbara 113
- Ducrocq, Charles
- Duhaime, I. 75
- Dupouy, A. 331
- Dupuy, Jean-Pierre
- Dworaczek, Andréas
- Eden, C. 73, 74
- Ehlinger, Sylvie 141, 143, 162
- Eilon, S. 71
- Einhorn, H. 114
- Eisenhardt, K.M. 330
- Ekholm, B-G. 64, 65

- Ellsberg, D. 27
- Ermine, J.-L. 122
- Falzon, P. 143
- Ferson, Scott 120
- Festinger, L. 7
- Fiol, Michel 4, 86
- Fischhoff, B. 77, 305, 318
- Follet, Mary P. 4, 86
- Foster, George
- Franchisteguy-Couloume, I. 331
- Frankenberger, E. 144
- Fraser, Robin 64, 65
- Frydlender, Jean-Christophe 105
- Gabriel, P. 29
- Gervais, Michel 3, 25, 30, 66, 74, 125, 130, 153
- Getz, I.
- Giddens, A. 135
- Gil-Aluja, J. 116
- Giraud-Séville, M. 148, 158, 160, 161, 163
- Girin, Jacques 142, 148
- Godet, Michel 63, 341
- Gogus, Ozerk 109
- Gordon, L. 70
- Gosselin, M. 159
- Grau, J.Y. 82
- Grenier, Corinne 141, 143, 162
- Guihéneuf, R. 62
- Hansen, E.L. 75
- Hartman, Joseph C. 109
- Hatchuel, Armand 29
- Hercek, Robert F. 109
- Herriau, C.
- Hirshman, E.C. 162
- Hlady-Rispal, M. 141, 143, 147, 149, 150, 162
- Hoc, Jean-Michel 80, 163
- Hogarth, R. 114
- Hogarth, R.M. 77
- Hollnagel, E. 80
- Hope, Jeremy 64, 65
- Houghton, S.M. 75, 77, 78
- Huault, I. 157, 159, 160
- Humphreys, G. 50
- Hutchins, E. 81
- Ibert, J. 161
- Jarrosson, Bruno 85, 302, 326, 330
- Jenkins, Alan 73

- Joffre, P. 3, 154, 155
- Johnson, H.T. 31, 40, 53
- Jung, D. 304
- Kahneman, Daniel 75, 77, 78, 114, 326, 328
- Kaplan, R. S. 31, 44, 57, 68, 126
- Kast, Robert 26, 110–112, 373
- Kelly, G.A. 74
- Kelton, W. David 119
- Keys, D.E. 54
- Klir, George J. 26–28, 102, 103, 340
- Knight, F. 26, 27, 109
- Koenig, G. 8, 72, 136, 156–158, 163, 335
- Kosko, Bart 88
- Kuchta, Dorota 113
- Lacombe, Isabelle 50, 54
- Langer, E.J. 78
- LaScola Needy, Kim 71, 109, 113, 119–121, 126, 129, 156, 157, 173, 174, 212, 305
- Lauzel, Pierre 62–64, 70, 115–118, 120, 127, 134, 302, 317
- Lavigne, E. 146
- Law, Averill M. 119
- Le Moigne, J.-L. 149, 158–160
- Lebahar, J.C. 83
- Lebas, M. 31, 47, 48
- LeBrasseur, R. 322
- Lecourt, Dominique 142
- Lefevre, R.J. 54
- Lesage, Cédric 6–10, 28, 82, 88–94, 96, 97, 99, 100, 104–106, 108, 113, 121–124, 133–136, 140, 156, 157, 164, 166, 174, 179–181, 185, 194, 195, 212, 214, 228, 229, 283, 316, 322, 332, 372, 373, 375
- Lesca, H. 150
- Lewin, K. 147
- Liang, Gin-Shuh 109
- Lichtenstein, S. 77, 305, 318
- Livingston, Paisley
- Lorino, Philippe 5, 21, 22, 31, 35, 36, 45–47, 55, 64, 127
- Louart, Pierre 159
- Lovallo, D. 77, 78, 326, 328
- Luce, R. D. 114
- Luckmann, T. 135
- MacClain, Smith D. 147
- March, James Gardner 67, 72
- Marion, S. 66, 129
- Marquié, Jean-Claude 74
- Martin, G. 146

- Martinet, A.-C. 29, 150
- Mazars-Chapelon, A.
- Mélèse, Jacques 25, 34
- Mendenhall, William 119
- Mendoza, C.
- Mévellec, P. 5, 24, 31, 34, 40, 46, 47, 52, 55, 57, 130, 159
- Mintzberg, H. 3, 5, 30, 32, 33, 49, 65, 69, 74, 85, 123, 161, 281
- Molich, R. xvi, 175, 176, 191
- Monod, E.
- Morgan, Gareth 71, 83, 166
- Morgenstern, O. 95, 114
- Moriceau, Jean-Luc 72, 85, 130, 146, 151–153
- Morris, D. 70
- Mourtajji, L.
- Mouton, P. 17, 46, 215
- Mucchielli, A. 162
- Munier, B.
- Nachtmann, Heather 71, 109, 113, 119–121, 126, 129, 156, 157, 173, 174, 212, 305
- Narayanan, V.G.
- Narayanan, V.K. 70
- Nielsen, J. xvi, 175, 176, 191
- Nobre, T. 9
- Noel, Xavier 66, 129
- Norman, D.A. 80, 82
- Oger, Brigitte
- Oskamp, S. 77
- Pahl, G. 144
- Paillé, P. 141
- Park, Chan S. 109
- Passeron, J.C. 141, 142
- Perret, Véronique 148–151, 158, 160, 161, 163
- Perrin, J. 144
- Pham, D. 152
- Phillips, L.D. 305
- Piaget, J. 159
- Piper, J.A. 58
- Plane, J.-M. 147, 148, 155, 159, 323
- Ponsard, C. 27
- Popper, Karl 71
- Porter, M. 34, 43, 375
- Prade, Henri 6, 28, 99, 114
- Putnam, R. 147
- Pyhr, P. 40
- Quivy, R.
- Rabardel, Pierre 80–82



- Raiffa, H. 114  
 Reece, J.S. 4  
 Robert, J.-M.  
 Rogalski, Janine 74, 80–82  
 Roth, E.M. 81  
 Russo, J.E. 77  
  
 Sainsaulieu, Renaud 148  
 Saint-Sernin, Bertrand 319  
 Sallaberry, J.C 79  
 Sammut, S. 66, 129  
 Samurcay, R. 80–82  
 Sarkar, Ratna G.  
 Saumonneau, M. 331  
 Savage, Leonard Jimmy 114, 115  
 Savall, H.  
 Schoemaker, P.J. 77  
 Schwenk, C. R. 77, 78  
 Scott, L.R. 75  
 Senicourt, P. 66, 129, 137  
 Shafir, Eldar 115  
 Shannon, C. E. 373  
 Shaver, K.G. 75  
 Shaw-Taylor, B. 50  
 Silverman, D. 162  
 Simon, Claude 45  
 Simon, H.A. 25, 27, 29, 32, 68, 73, 79, 85, 123, 143, 145, 155, 156, 158, 163, 167, 330  
 Simon, M. 75, 77, 78  
 Sincich, Terry 119  
 Siquin, Guillaume 67  
 Slovic, P. 77, 114, 318  
 Solé, A. 85, 152  
 Sperandio, Jean-Claude  
 St. Clair, Ute 26–28, 102, 103, 340  
 Sull, D.N. 330  
 Swalm, R. O. 78  
  
 Tannery, F. 150  
 Teller, Robert 62–64, 70, 115–118, 120, 127, 134, 302, 317  
 Terrier, François 6, 28, 114  
 Thenet, Gervais 25, 30, 66, 74, 125, 130, 153  
 Thomas, D.S. 74  
 Thomas, W.I. 74  
 Ting, P.-K. Dean 113  
 Touchais, Lionel 69, 70  
 Tversky, Amos 75, 77, 114, 115  
  
 Valot, C. 82  
 Van Campenhoudt, L.  
 Verstraete, T. 79, 322

- Visser, Willemien 81, 144–146
- Vogler, E.
- Von Glasersfeld, E. 160
- von Neumann, J. 114
- Wacheux, F. 140–142, 147–149, 158, 159, 162
- Wallander, J. 64–66
- Walley, P. 58
- Wallin, J. 64, 65
- Wang, Ben 113
- Wang, Mao-Jiun 109
- Weaver, W. 373
- Webb, R.A. 63
- Weber, M. 135
- Weick, K.E. 79
- Williamson, O.E. 18
- Woods, D. H. 326
- Woods, D.D. 80, 81
- Xuereb, Jean-Marc 161
- Yates, J.F. 76, 78
- Yuan, Bo 26–28, 102, 103, 340
- Zadeh, L.A. 7, 9, 71, 72, 87, 88, 97, 98, 112, 113, 117, 121, 140, 156, 164, 212
- Zardet, V.
- Zarlowski, P.
- Zebda, A. 25, 27, 68, 71, 72, 88, 109, 114, 133, 316
- Zhang, Chuck 113
- Zimnovitch, H. 17
- Zinger, J. Terence 322



## Troisième partie

### Annexes



# Annexe A

## Aperçu du Calculateur Flou V 1.0

Remarque : cette capture d'écran ne présente que la partie supérieure du calculateur.  
Six matrices permettent de calculer la matrice affichée ici.

# Type Calcul:

Addition	↑
Multiplication	
Soustraction	
Division	
MIN	
MAX	↓

Relation entre les deux variables (I/D):

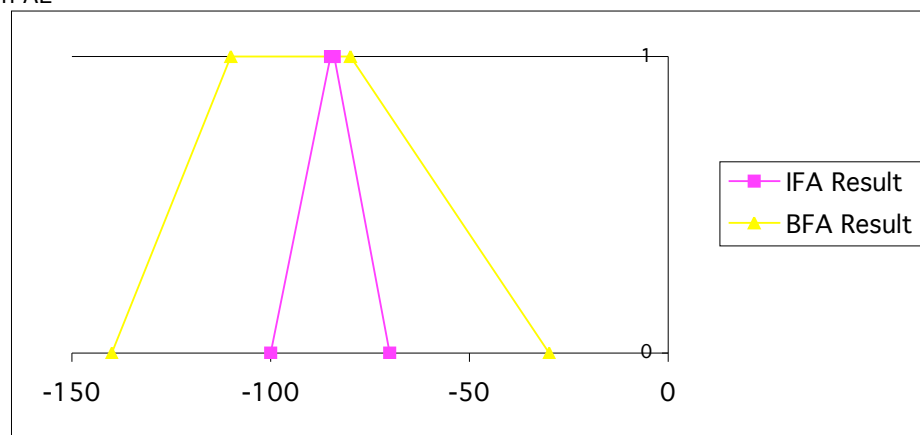
Niveau de connaissance de cette relation (0->18):

I

18

	L0	L1	U1	U0	AE	Amélioration AE
X	130	150	170	200	45	
Y	230	250	260	270	25	
BFA Result	-140	-110	-80	-30	70	
IFA Result	-100	-85	-84	-70	15,5	-77,86%

Y mis en fme j	-230	-250	-260	-270
Intervalle X pour IFA:		7		
Intervalle Y pour IFA:		4		
Type de Fonction		9	9	
		#N/A		



Classt														
270		-140	-133	-126	-120	-119	-112	-105	-100	-98	-91	-84	-77	-70
266		-136	-129	-122	-116	-115	-108	-101	-96	-94	-87	-80	-73	-66
262		-132	-125	-118	-112	-111	-104	-97	-92	-90	-83	-76	-69	-62
260	U1	-130	-123	-116	-110	-109	-102	-95	-90	-88	-81	-74	-67	-60
258		-128	-121	-114	-108	-107	-100	-93	-88	-86	-79	-72	-65	-58
254		-124	-117	-110	-104	-103	-96	-89	-84	-82	-75	-68	-61	-54
250	L1	-120	-113	-106	-100	-99	-92	-85	-80	-78	-71	-64	-57	-50
250		-120	-113	-106	-100	-99	-92	-85	-80	-78	-71	-64	-57	-50
246		-116	-109	-102	-96	-95	-88	-81	-76	-74	-67	-60	-53	-46
242		-112	-105	-98	-92	-91	-84	-77	-72	-70	-63	-56	-49	-42
238		-108	-101	-94	-88	-87	-80	-73	-68	-66	-59	-52	-45	-38
234		-104	-97	-90	-84	-83	-76	-69	-64	-62	-55	-48	-41	-34
230		-100	-93	-86	-80	-79	-72	-65	-60	-58	-51	-44	-37	-30
					L1				U1					
		130	137	144	150	151	158	165	170	172	179	186	193	200

## Annexe B

# Présentation faite aux participants de la couveuse

Remarque : au dessous des éditions des transparents se trouvent les notes personnelles du chercheur.



# Le niveau de maturité du projet

Idée    Projet Personnel    Etude de marché    Prévisions Financières    Financement Aides Statut juridique

1

Rapide présentation de moi-même: contrôleur de gestion pendant 4 ans, travail sur budget, sur plan à 10 ans, etc... d'où réflexions qui ont amené à ce que je vais vous présenter aujourd'hui.

Vous êtes en pleine réflexion sur création d'entreprise.

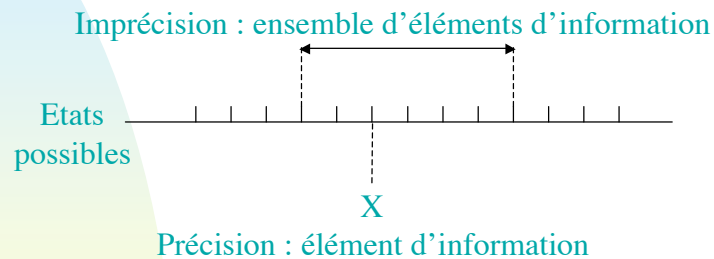
Dans cette réflexion, vous en êtes sans doute chacun à différents stades de certitude sur les paramètres qui définissent le fonctionnement de votre future entreprise.

Faire des prévisions financières, des comptes de résultats prévisionnels dès le départ me semble important pour deux raisons:

- Le financier est le seul langage commun à toutes les activités d'un projet, et le seul que l'on puisse additionner pour en calculer un tout;
- C'est l'aspect financier qui décidera de la poursuite ou non du projet (en fonction du niveau d'investissement que vous pourrez faire dedans).

De plus, même si les connaissances que vous avez sur votre projet ne sont pas très précises, dès la phase de l'idée vous avez déjà en tête ce que va impliquer votre projet, mais vous n'êtes capables d'énumérer ces connaissances que de façon vague.

# Imprécision et Incertitude



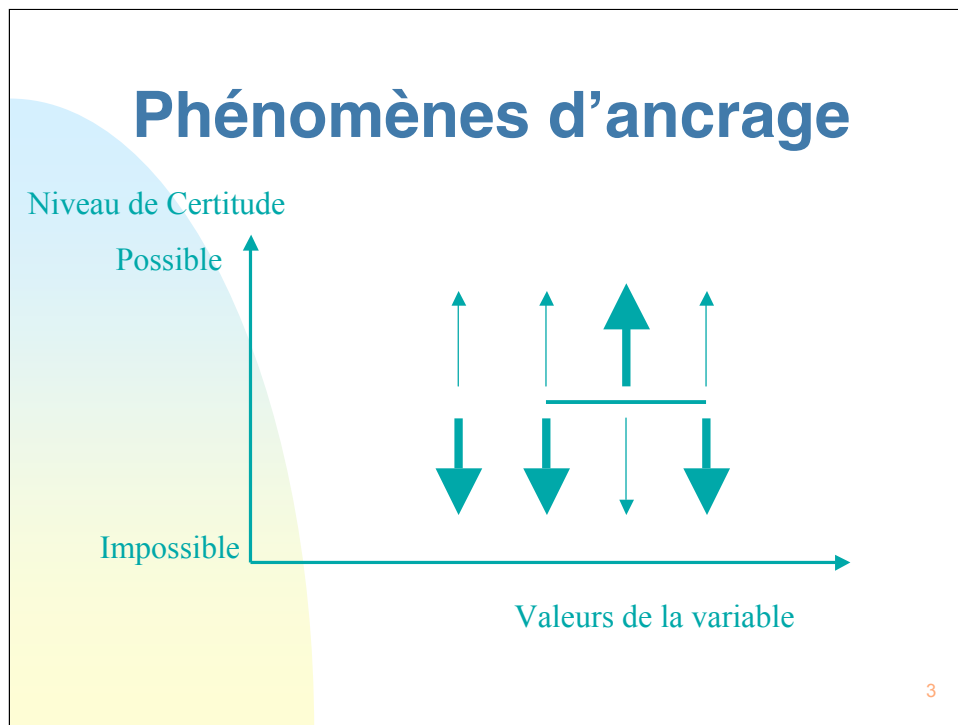
2

La difficulté lorsque l'on fait son business plan, c'est d'avoir à choisir une seule valeur pour chacune des variables du business plan, alors que l'information que l'on a pour chaque variable est plutôt une fourchette de valeurs (par exemple : prix de location au m<sup>2</sup> : vous savez que ça va être entre 8 et 16 €/m<sup>2</sup>/mois par ex, et que ça ne peut en aucun cas être moins de 4€ ou plus de 25€. Par rapport à ces connaissances, choisir arbitrairement 10 c'est en quelque sorte tricher par rapport à ce que l'on sait. De plus, vous savez que plus votre local aura tendance à être grand, plus le prix au m<sup>2</sup> a des chances de baisser).

On peut bien sûr prévoir plusieurs scénarios, mais ce type d'approche a rapidement des limites lorsque pratiquement toutes les variables d'entrée de notre business plan sont vagues. Par exemple, votre étude de marché va vous dire que vous avez des perspectives de vente entre 10000 et 15000. Quelle valeur allez-vous prendre?

Ne vous leurrez pas, vous ne saurez jamais à l'avance exactement combien de ventes vous ferez, vous ne le saurez même parfois pas après qu'elles aient été effectuées. En revanche, vous pouvez vous fixer un objectif.

La valeur a priori d'un bien/produit/service, par exemple, est toujours un intervalle dans lequel vous allez essayer de vous placer afin de pouvoir faire fonctionner votre projet.



On va donc avoir tendance à se fixer, lorsque l'on fait sa prévision financière, sur les valeurs que l'on aura choisies parmi chaque intervalle et à leur donner plus d'importance qu'aux autres, qui avaient tout autant de chance d'apparaître.

Du coup, avec les calculs traditionnels (l'algèbre booléenne), on a tendance à se focaliser sur le résultat, par exemple, et surtout sur sa maximisation. On va chercher à voir ce qu'il faut bouger comme entrées dans le modèle pour avoir un résultat plus important.

Toutes les autres valeurs que pouvaient prendre nos variables sont progressivement oubliées, et on se focalise sur une seule configuration parmi les très nombreuses hypothèses qu'autorisait notre projet. L'inconvénient, c'est qu'en procédant de la sorte, on occulte en fait le risque et l'incertitude liés à notre projet (il est inutile de vous préciser que l'on a tendance, en outre, à conserver les hypothèses de départ qui nous arrangent, et on va ainsi s'auto-persuader à l'aide de notre modélisation, que notre projet est le bon).

Prenons un exemple de résultat d'un projet tout d'abord calculé avec les outils traditionnels: .../...

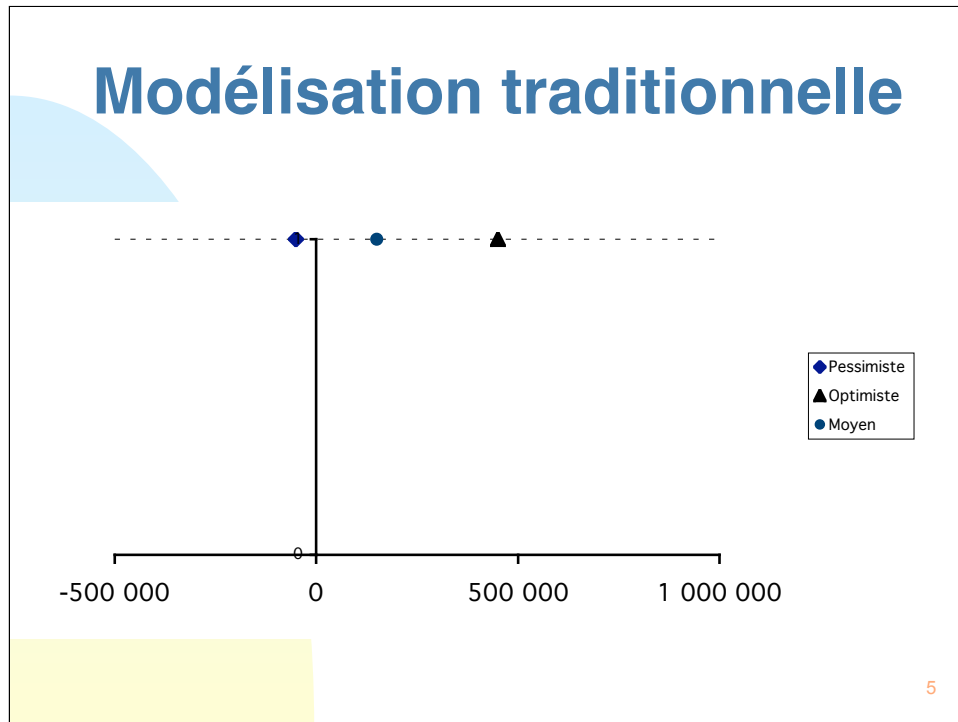
## Un exemple de prévisions de résultat

	Chiffres les plus vraisemblables		Chiffres mini & maxi	
Unités vendues	10 000	20 000	5 000	30 000
Prix de vente	40	50	30	55
Coût d'achat	25	35	20	40
Frais Fixes	50 000	100 000	40 000	125 000

- On sait de plus que l'on aura tendance à acheter plus si on arrive à vendre plus, et que l'on essaiera de vendre plus cher si on a payé plus cher.

4

C'est le genre d'informations que l'on a tous assez facilement. Si, par exemple, je vous dis « un homme grand », vous voyez très bien ce que c'est, par contre à traduire avec les mathématiques classiques c'est moins facile...

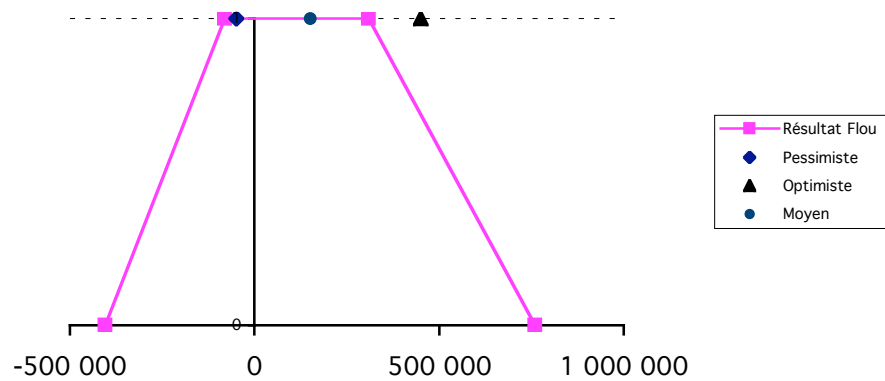


Pessimiste: -50 000

Moyen: 150 000

Optimiste: 450 000

## Modélisation avec la logique floue



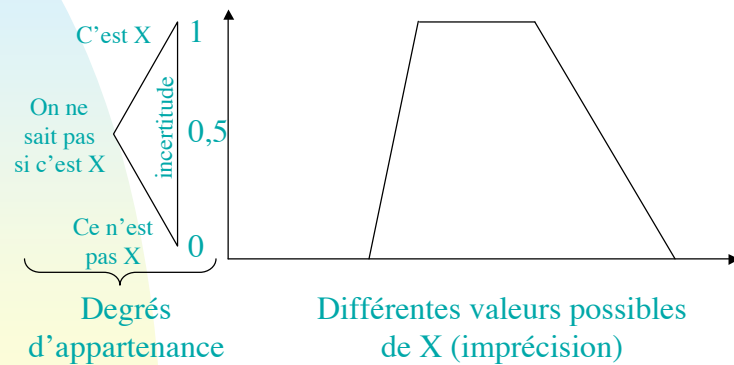
6

Très possible (prévu): entre -80 000 et 310 000

Non prévu : en-dessous de -450 000 et au-delà de 760 000

# Nombres Flous

- Signification de la représentation du nombre flou



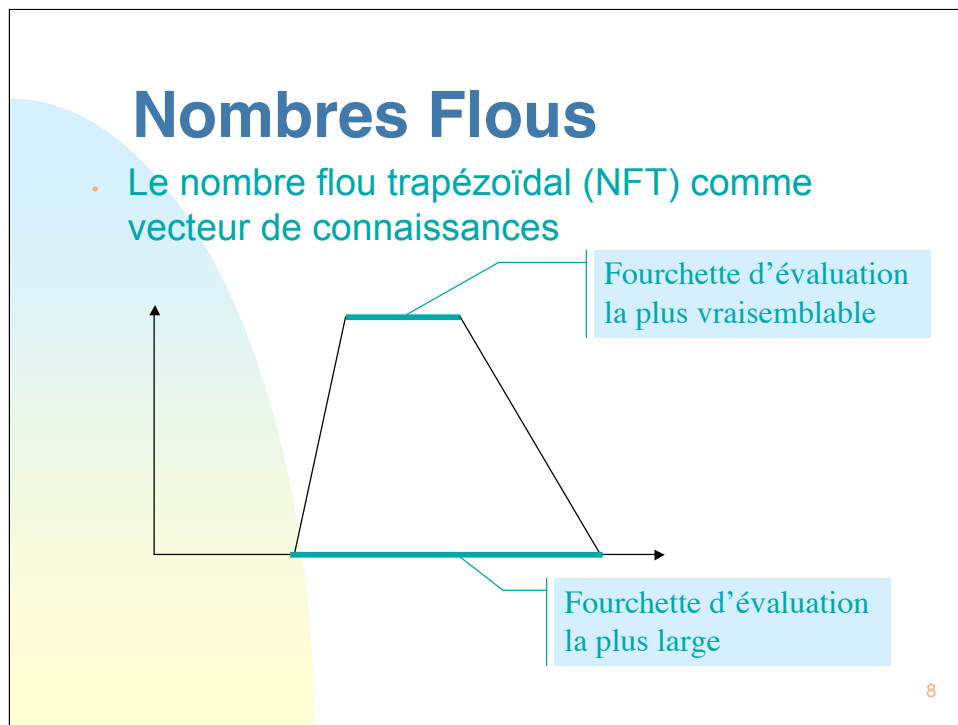
7

En général, on peut représenter un nombre flou par un trapèze défini par deux axes.

La base large du bas se nomme le support.

Le segment situé à un degré d'appartenance de 1 s'appelle le noyau.

Incertitude: vous êtes plus ou moins sûrs de chacune des valeurs d'une variable: par exemple, vous êtes tous d'ores et déjà sûrs, même sans avoir fait d'étude de marché, qu'il est impossible de vendre moins de zéro produit (ça serait de l'antimatière!).



Ainsi, ils peuvent modéliser des représentations mentales, le support correspondant à la fourchette d'évaluation la plus large, et le noyau à la fourchette d'évaluation la plus vraisemblable.

Si on procède de la sorte :

- On ne sera pas surpris par les résultats une fois le projet démarré, car ils tomberont dans les prévisions (ce qui n'est jamais le cas lors d'une prévision en méthode parfaite, d'où le niveau de mortalité des jeunes entreprises), ce qui vous donnera une plus grande confiance dans votre projet.
- On sera attentif à tous les éléments déterminants de notre projet : ainsi, au lieu de se focaliser sur la maximisation du résultat par exemple, on pourra chercher comment s'assurer d'une plus grande constance de celui-ci, ou avoir toujours à l'esprit le dimensionnement nécessaire de l'entreprise, pour pouvoir résister en cas d'activité faible, mais aussi pour pouvoir répondre en cas de demande forte de la part de ses clients. On s'intéressera donc plus à la flexibilité et à la robustesse de notre projet qu'à la maximisation d'un résultat unique et illusoire.



## Ma proposition

- Vous aider à créer un budget/ business plan qui vous permette de mieux comprendre votre projet
- Déroulement prévisionnel:
  - Un premier RDV durant lequel vous m'expliquez le fonctionnement, les variables, et ce que vous savez sur votre projet;
  - Je m'occupe ensuite de vous créer un outil budgétaire flou;
  - Un second RDV dont le but sera de vous livrer l'outil, vous expliquer son fonctionnement, et le résultat prévisionnel de votre projet étant donné l'état de vos connaissances actuelles. Les variables dont vous devez améliorer la connaissance pour améliorer la certitude de votre résultat et les variables qui influencent le plus le niveau du résultat.
  - Un support permanent pour les MAJ et améliorations successives dont vous aurez besoin pour votre modélisation.
- Coût : Forfait de 150 €.

9

L'idéal serait que vous ayez déjà travaillé sur un business plan, et que je transforme celui-ci. Car si vous y avez déjà réfléchi, vous serez plus à même de m'expliquer le fonctionnement de votre projet lors de notre premier rendez-vous.

De même, il serait bien que vous connaissiez déjà XL, afin que cela ne vous gêne pas pour l'utilisation des outils que je vous développerai.

En résumé: mon travail est de vous produire un outil monétaire d'aide à la décision.

Votre travail: y mettre les informations, et les améliorer en fonction de vos besoins de décision.

Soyons clairs, même si ce que je vous ai présenté ici vous a peut-être paru compliqué (ce qui est d'ailleurs le cas au niveau des calculs), pour l'utilisateur c'est en fait plus simple puisqu'il suffit de mettre ce que l'on sait dans son modèle, et au fur et à mesure des différentes investigations sur les différentes activités du projet, améliorer les résultats de celui-ci sans se mettre des oeillères.

=> Essayer de déjà définir qui est intéressé, prendre des RDV (AP 11 juin)

# **Annexe C**

## **Mode d'emploi Business Plans Flous**

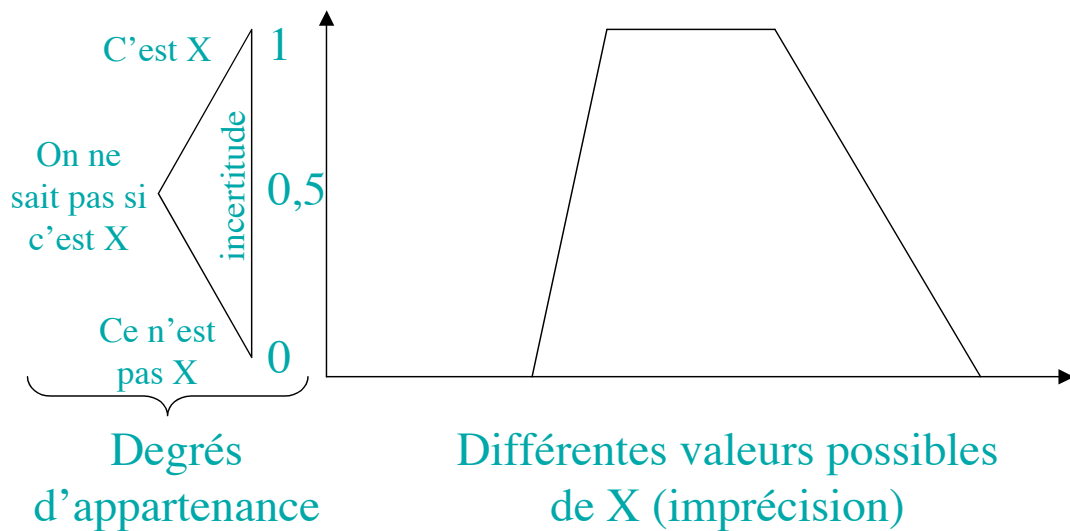
### **C.1 Mode d'emploi Business Plan Flou livré à Agence Immobilière<sup>1</sup>**

---

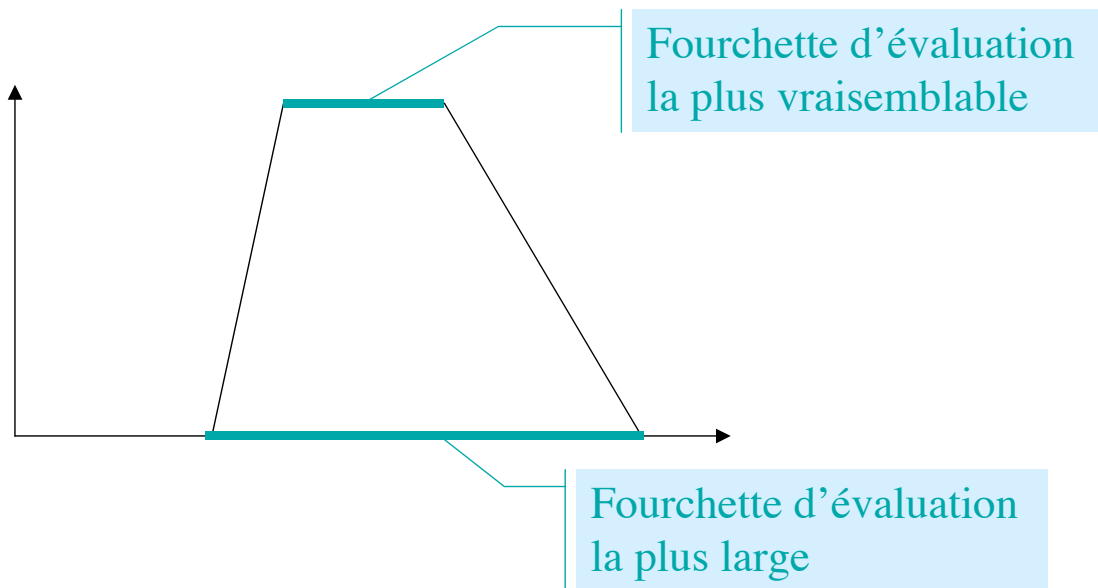
<sup>1</sup>Nous rappelons que Agence Immobilière est un ami, ce qui explique le ton particulier de ce mode d'emploi (Voir section 5.3.2.1 page 255). En outre, ce mode d'emploi correspond à la première intervention que nous avons effectuée. Le mode d'emploi correspondant à la version la plus aboutie de notre outil se trouve dans la section suivante, à la page 403.

- ⇒ Tout le modèle se pilote depuis « Hypothèses centralisées », les autres classeurs XL sont liés dessus et servent principalement à effectuer les calculs ;
- ⇒ L'idée de départ, c'est de remplir la partie gauche du tableau, c'est-à-dire les colonnes intitulées Valeurs Brutes. (De façon générale, il ne faut modifier que les cellules dont les chiffres sont en bleu. Les cellules contenant des chiffres d'autres couleurs sont des cellules de calcul) ;
- ⇒ Pour chaque variable, il y a quatre colonnes qui correspondent aux 4 coordonnées des nombres flous trapézoïdaux (NFT). Les deux bornes extrêmes (L0 et U0) représentent les valeurs au delà desquelles on pense que la variable ne peut pas aller. Les deux bornes centrales (L1 et U1), qui représentent le noyau du NFT, sont les extrêmes des valeurs dont on pense qu'elles sont tout à fait possibles (cf Figure 1 et 2) (ce sont finalement les valeurs qui ont la même possibilité d'occurrence que la valeur que l'on avait été obligé de choisir arbitrairement dans une modélisation utilisant l'algèbre classique).

**Figure 1 - Signification du nombre flou**



**Figure 2 - Le NFT comme vecteur de connaissances**



- ⇒ Le principe est donc de se demander, pour chacune des variables du modèle, quelle est la fourchette d'évaluation la plus large, et quelle est la fourchette d'évaluation la plus vraisemblable, et d'entrer ces valeurs pour chaque variable.
- ⇒ On obtient de ce fait des sous-totaux successifs qui sont eux aussi flous, et qui indiquent toutes les possibilités de résultat étant donné les inputs.
- ⇒ Une première amélioration du niveau de flou (entropie) du résultat consiste à définir les relations de dépendance entre les variables (cf annexe).
- ⇒ Une fois ce travail fait, le résultat final risque bien évidemment d'être assez « flou ». Il faut alors me renvoyer « hypothèses centralisées » afin que je réalise un test de sensibilité pour définir les variables les plus importantes pour diminuer l'entropie du résultat, mais aussi un second test de sensibilité pour définir les variables les plus importantes pour l'accroissement du résultat.
- ⇒ Ensuite, par enquêtes, études de marché, réflexion, le porteur du projet (donc toi) arrivera à, peu à peu, resserrer la précision de chaque variable, mais il conservera ainsi en vue l'intégralité de ce qui est possible pour son projet. Le but étant de verrouiller les variables qui font courir le plus de risque au projet, sachant qu'il y a toujours un niveau de flou tant qu'on se projette dans le futur, et qu'il en reste souvent aussi dans le passé !!

**Remarque :** il y a moyen, à tout moment, de retourner au paradigme de la mesure (les nombres parfaits): La colonne F « Si j'étais en paradigme de la mesure, je dirais : » permet de choisir une valeur unique (par exemple, celle du modèle fait avant) pour chaque variable. En mettant un X dans la cellule F1, ces valeurs remplacent temporairement les nombres flous dans la modélisation. Cela permet de vérifier par exemple que la modélisation floue trouve bien le même résultat que celle faite avant.

Il y a aussi moyen de remplacer un nombre flou par la moyenne de son noyau, en entrant la valeur 3 dans la colonne H, sur la ligne qui correspond au nombre flou en question.

**Remarque 2 :** Le modèle flou accepte les nombres parfaits, il suffit de mettre la même valeur pour les 4 coordonnées du NFT.

## Niveau de dépendance entre variables

Le calcul flou demande que les variables soient assemblées deux à deux. Par exemple, on ne peut pas additionner d'un coup dix nombres flous, on est obligé d'additionner les deux premiers, puis d'additionner ce premier résultat avec le 3<sup>ème</sup> nombre flou, etc. Cela explique en partie la lourdeur des calculs.

L'avantage est que l'on peut définir les relations qu'il y a entre ces variables, ce qui permet de diminuer l'entropie du résultat du calcul, particulièrement pour les soustractions et les divisions.

Pour régler le niveau de dépendance, il faut aller dans les feuilles de calcul. Par exemple, voir la feuille « Marge sur masse salariale » dans le classeur « Calcul du résultat ».

La cellule L1 sert à définir le type de relation I pour croissante (increasing), D pour décroissante (Decreasing).

La cellule L2 permet de donner le niveau de connaissance de cette relation, sur une échelle de 0 à 18. 0 revient à dire que l'on n'en sait rien, et ne prend donc aucune relation de croissance-décroissance en compte (même si on a mis I ou D dans la cellule au dessus). 18 signifie que l'on sait que les deux variables sont corrélées de façon très linéaire. Les valeurs intermédiaires permettent de régler le niveau de connaissance entre ces deux extrêmes. Par exemple, pour Marge sur Masse Salariale, on sait que la marge sur les amortissements est en grande partie composée du chiffre d'affaires. La masse salariale, étant indexée sur le CA, va suivre la tendance du CA. On peut donc en conclure qu'il y a une relation de croissance entre les deux. Je l'ai arbitrairement fixée à 9, estimant que selon les aléas sur les immobilisations et le montage de l'emprunt, ces deux variables peuvent être légèrement décorrélées.

La cellule J13 donne le gain réalisé sur l'entropie dans ce calcul, entre un calcul flou basique (BFA, sans prise en compte de relation) et un calcul flou interactif (IFA, prise en compte d'une relation de croissance/ décroissance). (Dans tous les calculs de la modélisation, je repars du résultat donné sur la ligne IFA).

## **C.2 Mode d'emploi livré avec les Business Plans Flous V4.44**

# Mode d'emploi Business Plans Flous

## Introduction

Le modèle étant assez lourd, je vous conseille de configurer Excel en calcul manuel, s'il ne le fait pas automatiquement à l'ouverture du classeur. Pour ce faire, allez dans le menu 'Outils/ Options/' (Excel/Préférences sur Mac) et dans l'onglet 'Calcul' cochez 'sur ordre' et décochez 'Recalcul avant enregistrement'. Lorsque vous êtes en mode calcul manuel, dès qu'une modification a été effectuée dans le modèle, Excel écrit 'recalculer' dans la barre en bas à gauche de la fenêtre.

Ayez le réflexe de régulièrement effectuer des sauvegardes de votre fichier, en copiant-collant le fichier sous l'explorateur (PC) ou en le dupliquant (Pomme-D) sous Mac. Ainsi, si vous faites une erreur de manipulation ou, au cas où Excel générerait des erreurs, vous ne serez pas obligé de tout reprendre à zéro.

## Conventions

Les cellules à renseigner sont celles dont les caractères sont en bleu.

Année		2005	2005	2005
N° du Mois		4	5	6
Mercredi	3	4	4	5
Jeudi	4	4	4	5

Les cellules dont les caractères sont en **noir** sont des cellules calculées.


Les cellules à **fond jaune** sont des totaux annuels.

Les cellules dont les caractères sont en **vert** sont celles dont les valeurs sont liées sur un **autre classeur**. (Remarque : dans un tel cas, à l'ouverture du classeur, XL vous demande si vous souhaitez mettre à jour les liaisons. Vous pouvez aussi ouvrir les différents classeurs en même temps si vous souhaitez effectuer des changements dans les deux simultanément, mais vous devez être conscient que cela allongera la durée des calculs).

Par défaut, j'ai généralement rempli les cellules des mois suivants en entrant la formule '= le mois précédent'. C'est juste pour tester le modèle, et il est bien sûr autorisé et même conseillé d'écraser ces formules pour y mettre une autre valeur !

**Remarque :** Vous pouvez parfaitement entrer des formules dans les cellules à renseigner, ou même des liens sur des feuilles de calculs personnelles qui se trouveraient hors de votre classeur projet.



Aucune cellule n'est protégée, donc attention de ne pas écraser une formule nécessaire au fonctionnement du modèle (caractères noirs). Si cela devait arriver, soit faire marche arrière avec l'icône : , soit fermer le fichier sans l'enregistrer et le rouvrir ensuite.

Lorsqu'il y a des remarques particulières par rapport à un calcul ou aux valeurs d'une variable, j'ai mis une note dans la cellule. Les cellules contenant

une note sont affichées avec un triangle rouge dans le coin :

Coût du	L0
panier	L1
moyen	U1
	U0

Coût du	L0	Jean-Christophe Frydlender: J'ai appliqué une marge de 30 % comme dit dans notre entretien	15
panier	L1		15
moyen	U1		85
	U0		7,69
	XP		0
	SWX		

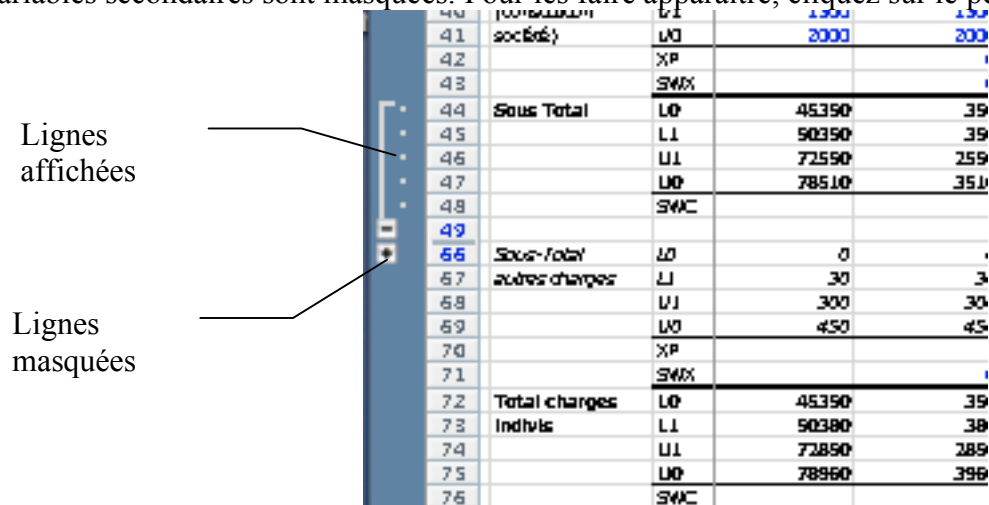
En plaçant la souris sur la cellule en question, le commentaire apparaît :  
Pour modifier ou effacer ces commentaires, cliquer sur la cellule avec le bouton droit de la souris.



## Aperçu du Business Plan Flou (BPF)

		Année 1						
		avr-05	mai-05	juin-05	juil-05	août-05	sep-05	oct-05
Panier Moyen en euros (1 ad + 1 enf)	L0	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
	L1	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
	U1	5	5	5	5	5	5	5
	U0	10	10	10	10	10	10	10
	XP SWX		0	0	0	0	0	0
CA du BAR	L0	39	39	39	42	39	36	42
	L1	117	113	122	122	117	117	117
	U1	1290	1255	1290	1365	1255	1250	1330
	U0	4150	4050	4150	4400	4050	4000	4300
	SWC							
Coût du panier moyen	L0	1,15	1,15	1,15	1,15	1,15	1,15	1,15
	L1	1,15	1,15	1,15	1,15	1,15	1,15	1,15
	U1	3,85	3,85	3,85	3,85	3,85	3,85	3,85
	U0	7,69	7,69	7,69	7,69	7,69	7,69	7,69
	XP SWX		0	0	0	0	0	0
Coûts Variables du BAR	L0	30	30	30	32	30	28	32
	L1	90	87	93	93	90	90	90
	U1	992	965	992	1050	965	962	1023
	U0	3192	3115	3192	3385	3115	3077	3308
	SWC							

Certaines variables secondaires sont masquées. Pour les faire apparaître, cliquez sur le petit + dans la marge. Pour les remasquer, cliquez sur le -.



40				
41	soctés)	U0	2000	200
42		XP		
43		SWX		
44	Sous Total	U0	45350	39
45		L1	50350	39
46		U1	72550	259
47		U0	78510	351
48		SWC		
49				
50	Sous-total	U0	0	
51	autres charges	L1	30	3
52		U1	300	30
53		U0	450	45
54		XP		
55		SWX		
56	Total charges	U0	45350	39
57	Indivis	L1	50380	39
58		U1	72850	289
59		U0	78960	399
60		SWC		

Lorsque vous ouvrez votre Business Plan Flou, un nouveau menu apparaît sur la droite 'BPF' :



Ce menu permet de commander certaines fonctions de votre Business Plan.

Remarquez que ce menu contient des items 'Affichage' et 'Impression'. Quand vous cliquez dessus, cela change l'affichage de la feuille en cours. Si vous sélectionnez plusieurs feuilles (touche ctrl ou shift enfoncées et sélection des onglets avec la souris), toutes les feuilles ainsi sélectionnées changent d'affichage. Attention, pour certaines feuilles qui ne sont pas mensualisées, comme le Compte d'Exploitation par exemple, seul 'Affiche Tout' a un sens !

## Renseignement du modèle

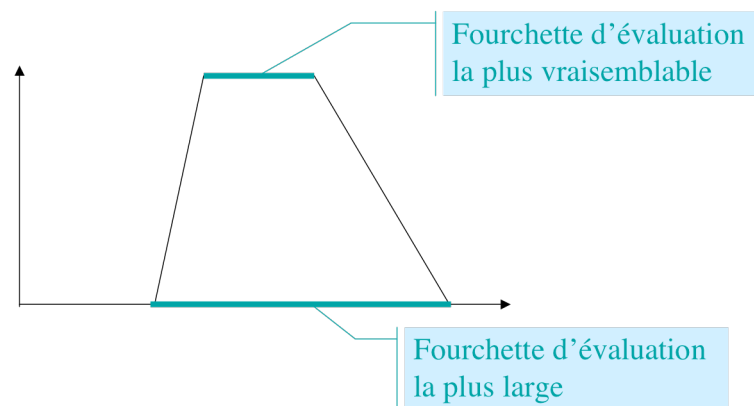
### Premier remplissage

#### Que mettre dans les variables ?

Le modèle correspond à la description que vous m'avez faite de votre projet lors de notre premier entretien. Si votre vision du projet a évolué, contactez-moi afin que je mette votre modèle à jour.

Le principe de renseignement des variables est le suivant :

Pour chaque variable, posez-vous la question : « Qu'est-ce qui est très possible d'arriver ? » ou « Dans quelle fourchette se situe très



vraisemblablement ma variable ? ». Les deux valeurs extrêmes de cette fourchette correspondent à L1 et U1 dans les tableaux du modèle.

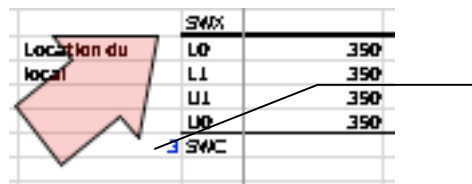
Posez vous ensuite la question : « Quelles sont les valeurs extrêmes au delà desquelles ma variable ne peut aller ? ». Les deux valeurs extrêmes de la fourchette correspondent à L0 et U0.

**Remarque :** Le modèle est paramétré en calcul manuel, afin de ne pas ralentir l'ordinateur. Lorsque vous voulez voir le résultat, il faut d'abord relancer un calcul. Pour relancer un calcul, allez dans le menu « BPF » et cliquez sur « Tout Recalculer ». Vous pouvez aussi appuyer sur « F9 » sur PC ou sur Pomme-⌘ sur Mac.

Une fois le modèle ainsi renseigné, vous avez en résultat des calculs des nombres flous qui vous indiquent dans quelle fourchette se situe votre projet, avec L1 et U1 délimitant ce qui est très vraisemblable d'arriver, et L0 et U0 qui délimitent les extrêmes au delà desquels vous ne prévoyez pas que votre projet puisse se situer.

## Relations entre variables

Une flèche, ascendante ou descendante, placée sur le libellé d'un calcul signifie qu'une relation de dépendance est prise en compte entre les deux variables qui entrent dans le calcul. Si la flèche est ascendante, cela signifie qu'il y a une relation de croissance entre les variables (lorsque la première variable a tendance à croître, la seconde aussi). Si la flèche est descendante, cela signifie qu'il y a une relation de décroissance entre les deux variables (lorsque la première variable a tendance à croître, la seconde a tendance à décroître). Le niveau de cette relation apparaît sous la flèche, en bleu. Vous pouvez modifier ce niveau s'il ne vous convient pas.



	SWX
local	350
U0	350
U1	350
U0	350
SWC	

Niveau de relation

Le niveau de relation peut être réglé de 0 à 6. L'échelle est la suivante :

- 0** : Relation **Nulle** (pas de relation entre les variables, cas par défaut ;
- 1** : Relation **Très Faible** entre les variables ;
- 2** : Relation **Faible** entre les variables ;
- 3** : Relation **Moyenne** entre les variables ;
- 4** : Relation **Forte** entre les variables ;
- 5** : Relation **Très Forte** entre les variables ;
- 6** : Relation **Linéaire** entre les variables.

Si vous voulez annuler une relation de dépendance, vous pouvez soit mettre son niveau de relation à 0, soit entrer '**BFA**' ou '**IND**' dans la ligne 'SWC'.

Mettez à zéro si vous pensez qu'il n'y a pas de relation, et mettez BFA ou IND dans SWC si vous voulez juste observer l'impact que ça a sur le résultat d'annuler la relation.

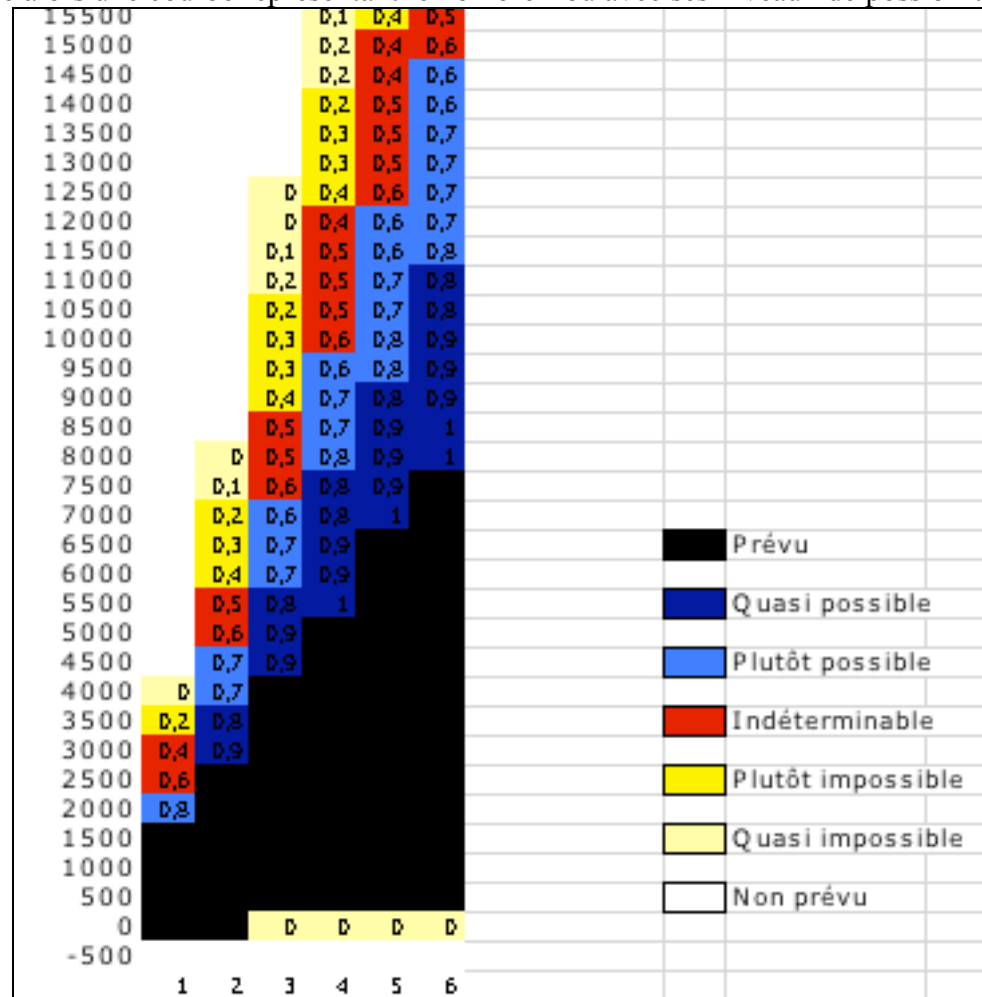
## Edition d'un nombre flou sous forme d'un graphique

Vous pouvez sortir un graphique de n'importe quel nombre flou de votre modèle en le sélectionnant (sur le nombre de colonnes que vous voulez), puis en cliquant sur le menu « BPF/ Graphique NFT ». Une boîte de dialogue vous demande si vous voulez cumuler les valeurs, c'est-à-dire mois 2 = mois 2 + mois 1, etc.

Synthèse		Année 1						
		avr-D5	mai-D5	juin-D5	juil-D5	aoû-D5	sep-D5	oct-D5
Panier	LD	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
Moyen	L1	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
en euros	U1	5	5	5	5	5	5	5
(1 ad + 1 en)	UD	10	10	10	10	10	10	10
	XP		0	0	0	0	0	0
	SWX							
CA du BAR	LD	39	39	39	42	39	36	42
	L1	117	113	122	122	117	117	117
	U1	1290	1255	1290	1365	1255	1250	1330
	UD	4150	4050	4150	4400	4050	4000	4300
	SWC							
Coût du	LD	1,15	1,15	1,15	1,15	1,15	1,15	1,15
panier	L1	1,15	1,15	1,15	1,15	1,15	1,15	1,15

.../...

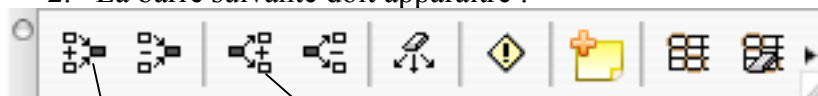
Le programme affiche alors une courbe représentant le nombre flou avec ses niveaux de possibilité :



## Retrouver la structure du modèle

Si vous avez du mal à comprendre d'où viennent les informations affichées par un calcul, activez la barre d'outils d'audit :

1. Menu 'Affichage/ Barre d'Outils.../ (Personnaliser)' et cocher 'Audit'
2. La barre suivante doit apparaître :

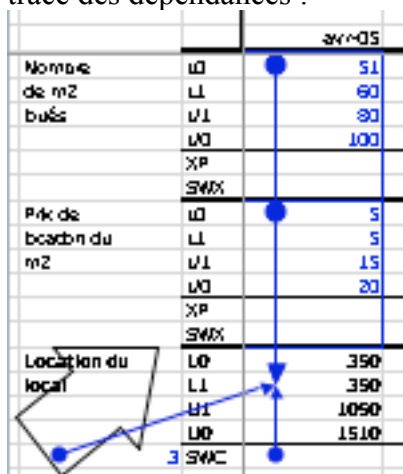


Repérer les antécédents

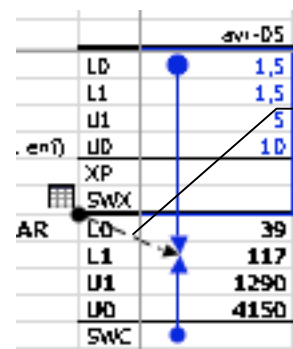
Repérer les dépendants

Vous pouvez aussi les atteindre par le menu 'Outils/ Audit/ Repérer les antécédents (ou Repérer les dépendants)'

En sélectionnant une cellule de la formule dont on cherche les variables et en cliquant sur 'repérer les antécédents', on obtient un tracé des dépendances :



Si certaines variables liées sont situées sur une autre feuille, le tracé fait apparaître une icône de feuille XL :



Double cliquez sur le connecteur pour faire apparaître les données source.



## Affinement du modèle

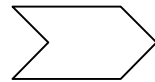
### Au niveau des variables

Une fois les variables du modèle renseignées, vous allez sans doute vous poser des questions sur les résultats qui apparaissent dans le modèle : « Comment se fait-il que j'en arrive là ? »

Pour affiner votre compréhension de votre modèle, plusieurs possibilités s'offrent à vous. Si vous souhaitez remplacer temporairement l'un des nombres flous d'une variable par un nombre parfait (une seule valeur), vous pouvez entrer cette valeur dans la ligne XP (X Parfait) et entrer dans la ligne 'SWX' le mot '**MES**' (respectez les majuscules ; MES signifie Mesure). Dès lors, dans les calculs, c'est la valeur entrée dans XP qui est prise en compte et non plus le nombre flou. Cela permet, par exemple, de mieux comprendre l'impact d'une variable sur le résultat.

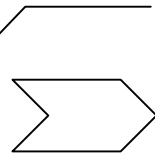
**Remarque :** Il est aussi tout à fait possible d'entrer un nombre parfait à la place du nombre flou (faites le si vous avez validé cette hypothèse : par exemple, vous avez signé votre bail et savez à présent exactement combien va vous coûter votre local). Il suffit pour cela d'entrer la même valeur pour L0, L1, U1 et U0.

	avr-05
L0	2
L1	6
U1	15
U0	25
XP	9
SWX	



Quelle que soit la valeur entrée sur la ligne 'XP', c'est le nombre flou qui est pris en compte dans les calculs

	avr-05
L0	2
L1	6
U1	15
U0	25
XP	9
SWX	MES



Switch 'MES' entré dans la ligne 'SWX'

C'est le nombre parfait qui est pris en compte dans les calculs  
Solution à privilégier si vous voulez juste voir l'impact sur le résultat.

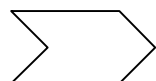
	avr-05
L0	9
L1	9
U1	9
U0	9
XP	
SWX	



Les quatre coordonnées du nombre flou sont renseignées avec un nombre parfait : le résultat est le même que dans le cas précédent. Solution à utiliser lorsque vous avez obtenu la certitude que la variable aura cette valeur-là.

Vous pouvez également demander à ce que soit prise en compte dans les calculs la moyenne du nombre flou que vous avez entré dans la variable. Il faut alors entrer dans la ligne 'SWX' le mot '**MOY**'. C'est la moyenne de l'intervalle le plus vraisemblable qui est prise en compte (donc la moyenne de L1, U1). Le fait qu'une valeur se trouve dans la ligne 'XP' n'aura aucun impact sur le calcul.

	avr-05
L0	2
L1	6
U1	15
U0	25
XP	
SWX	MOY



Les quatre coordonnées du nombre flou prises en compte dans les calculs sont la moyenne de L1 et U1 (donc ici 10,5 pour les 4 coordonnées). Si une valeur était entrée sur XP, cela n'influencerait aucunement le résultat.

Enfin vous pouvez annuler temporairement l'une de vos variables en entrant '**NUL**' dans 'SWX' : cela permet par exemple de voir comment se comporte la trésorerie si vous n'avez pas d'apport.



Lorsque vous entrez un Switch pour la variable dans la ligne 'SWX', seule la colonne dans laquelle vous mettez cette instruction est affectée. Si vous voulez que la variable passe en moyenne sur toutes les périodes du business plan, vous pouvez par exemple mettre 'MOY' dans la première colonne, entrer la formule '= « colonne adjacente gauche »' (soit dans la cellule E10 la formule '=D10') puis recopier cette cellule jusqu'à la dernière cellule à droite de la ligne 'SWC'.

### Au niveau des calculs

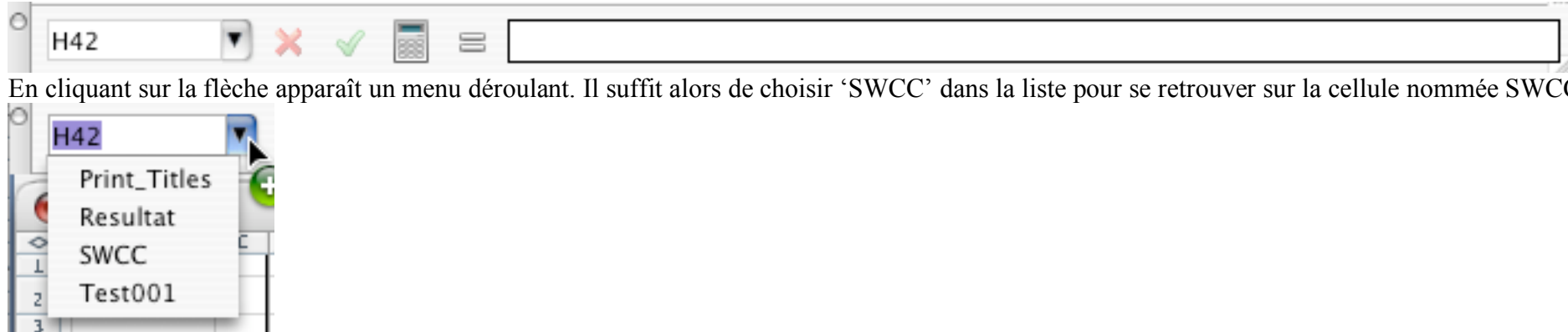
Comme pour les variables, vous pouvez demander au niveau d'un calcul de prendre les moyennes ou les nombres parfaits des deux variables entrant dans ce calcul. Les instructions '**MES**' ou '**MOY**' sont à entrer sur la ligne SWC (Attention, les lignes XP des variables entrant dans le calcul doivent être renseignées pour que '**MES**' fonctionne, et les variables prises en compte dans le calcul ne doivent pas elles-mêmes être des calculs).

Pour les calculs prenant en compte un niveau de dépendance entre les variables, l'instruction '**BFA**' (ou '**IND**', pour indépendance) revient à annuler la prise en compte de cette relation de dépendance.

### Au niveau du modèle

Comme pour les 'SWC' trouvés au niveau de chaque calcul, il y a moyen de demander au modèle d'effectuer ses calculs en prenant la moyenne ou les XP de tous les nombres flous valorisant les variables. Pour cela il faut trouver la cellule du modèle nommée SWCC.

Pour trouver la cellule nommée SWCC, le moyen le plus simple est de cliquer sur la petite flèche qui se trouve sur le côté de la fenêtre d'affichage de la cellule active.



En cliquant sur la flèche apparaît un menu déroulant. Il suffit alors de choisir 'SWCC' dans la liste pour se retrouver sur la cellule nommée SWCC.

Un autre moyen pour atteindre cette cellule est de passer par le menu 'Edition/ Aller à' et de choisir 'SWCC'.

SWCC accepte les paramètres suivants :

- **MOY** pour que le modèle soit calculé sur la base de la moyenne des nombres flous ;

- **MES** pour sélectionner les lignes 'XP' au lieu des nombres flous dans les calculs (si vous n'avez pas renseigné les lignes 'XP', le modèle prend par défaut les nombres flous) ;
- **BFA** (ou **IND**) pour que soient ignorées les relations de dépendance entre variables éventuellement paramétrées dans votre modèle.

Quand vous utilisez le switch central, il vaut mieux mettre votre modèle en 'Calcul Complet' (BPF/ Basculer en Calcul Complet) pour qu'excel prenne bien en compte vos modifications.

**Remarque :** Le fait d'entrer une commande dans 'SWCC' revient à entrer cette commande dans toutes les lignes 'SWC' et passe donc outre ce qui pourrait être inscrit dans les lignes 'SWC'. En revanche, entre les paramètres entrés dans les lignes 'SWX' et dans les lignes 'SWC' (ou SWCC), l'instruction 'MES' outrepassa l'instruction 'MOY'. Donc si vous entrez 'MOY' dans 'SWCC' et 'MES' sur l'une des lignes 'SWX', le modèle prendra la valeur inscrite dans 'XP' pour la variable dont la ligne 'SWX' contient 'MES' et prendra la moyenne de toutes les autres variables.

Si vous ne savez plus où vous en êtes dans tous les SWX, SWC, et SWCC, vous pouvez tous les mettre à zéro en cliquant sur 'Effacer tous les SWX, SWC et SWCC' dans le menu 'BPF'.

## Analyse des sensibilités

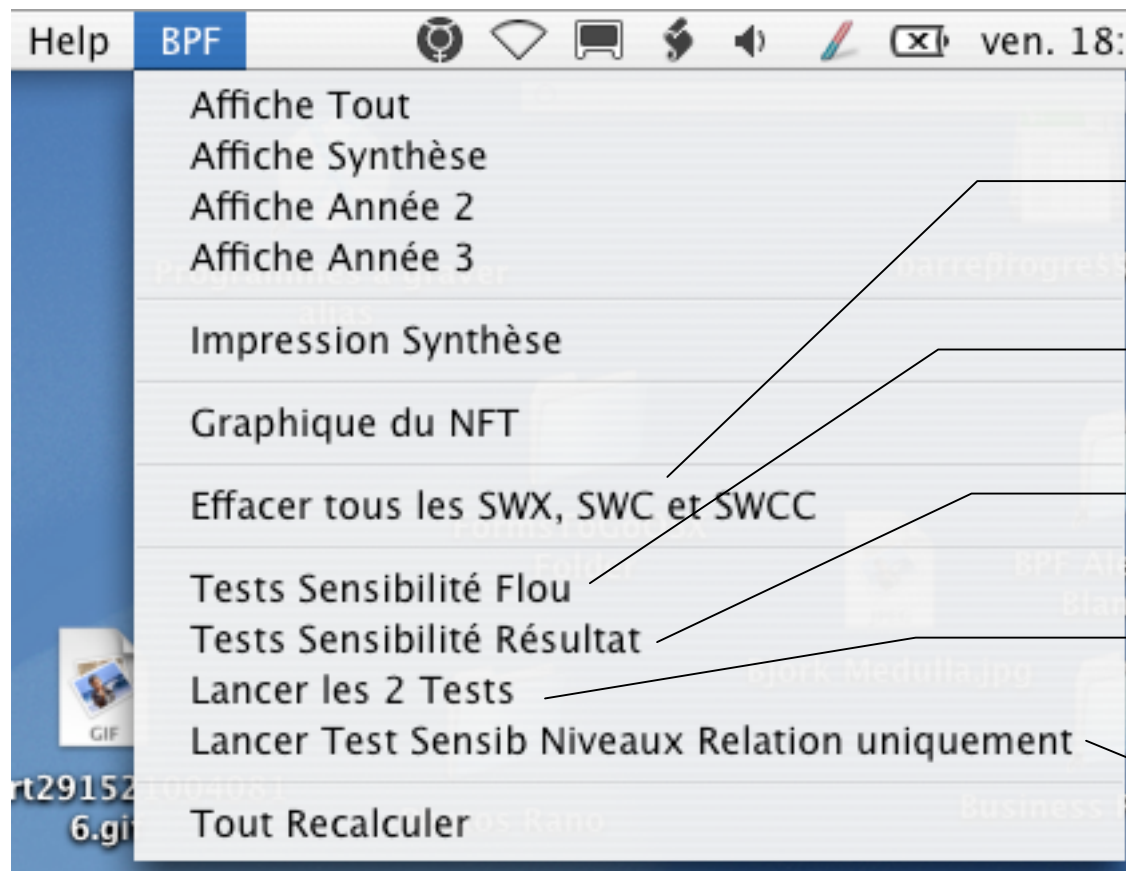
L'analyse des sensibilités permet de déterminer quelles sont les variables de votre modèle qui :

1. Génèrent le plus de flou dans le résultat final affiché par votre modèle ;
2. Influencent le plus le niveau du résultat final.

Cette analyse permet donc de déterminer, dans le premier cas, quelles sont les variables dont il faut que vous amélioriez la connaissance si vous voulez diminuer l'incertitude de votre résultat. Dans le second cas, cela permet de déterminer les variables vis à vis desquelles vous devez être particulièrement vigilant pour assurer, par exemple, un bon niveau de résultat ou de trésorerie à votre projet.

Enregistrez votre fichier avant de lancer une analyse de sensibilité, éventuellement faites en une copie. Si le programme venait à planter, quittez excel sans enregistrer votre fichier afin de le retrouver dans l'état dans lequel il était juste avant de lancer l'analyse de sensibilité.

L'analyse des sensibilités se lance depuis le menu 'BPF', en choisissant 'Test Sensibilité Flou' pour le premier test et 'Test Sensibilité Résultat' pour le second. Vous pouvez aussi lancer les deux d'un coup :



Pour effacer tous les switches de votre modèle (irréversible, si vous l'avez lancé à tort, fermez votre fichier sans l'enregistrer)

Cherche les variables qui génèrent le plus de flou dans le résultat de votre modèle.

Cherche les variables qui influencent le plus le niveau du résultat calculé par le modèle.

Effectue les deux tests précédents en une fois.

N'effectue le test de sensibilité au flou que sur les niveaux de relation de votre modèle

Ces deux tests durent un certain temps (plusieurs dizaines de minutes, selon la puissance de votre machine), donc choisissez le moment opportun pour les lancer. Le résultat de chacun de ces tests est donné dans un nouveau classeur XL avec un classement des variables les plus importantes aux variables les moins importantes. Excel ne bouge pas tout le long des tests, seul un sablier vous permet de voir qu'il travaille. Il émet un son quand il a fini d'effectuer les tests.

**Remarque :** pendant la durée des tests, tous vos switches sont ignorés. Donc si vous avez décidé que tel prix serait de tant, par exemple, entrez le dans le nombre flou (4 fois la valeur) plutôt que de le mettre dans XP et de mettre SWX sur « MES », car XP sera ignoré et seul le nombre flou sera pris en compte pour les tests de sensibilité.

**Seules les valeurs 'IND' ou 'BFA' dans SWCC sont prises en compte.** Cela vous permet de voir les résultats des tests sur votre modèle si l'on ne prenait pas les relations de dépendance en compte.

A la fin des tests, un nouveau classeur est créé, avec une ou plusieurs feuilles selon les tests que vous avez lancés. L'intitulé des onglets vous permet de savoir à quel test correspond la feuille (il en est de même dans les entêtes lors d'une impression).

Nom des variables, triées par ordre décroissant d'influence

Niveau d'influence de la variable sur le résultat du calcul

Un signe '-' apparaît dans cette colonne si la variable a une influence inversée (par exemple, dans le test résultat, l'augmentation des charges sociales a une influence '-' sur le résultat final, alors que l'augmentation des ventes a une influence positive.

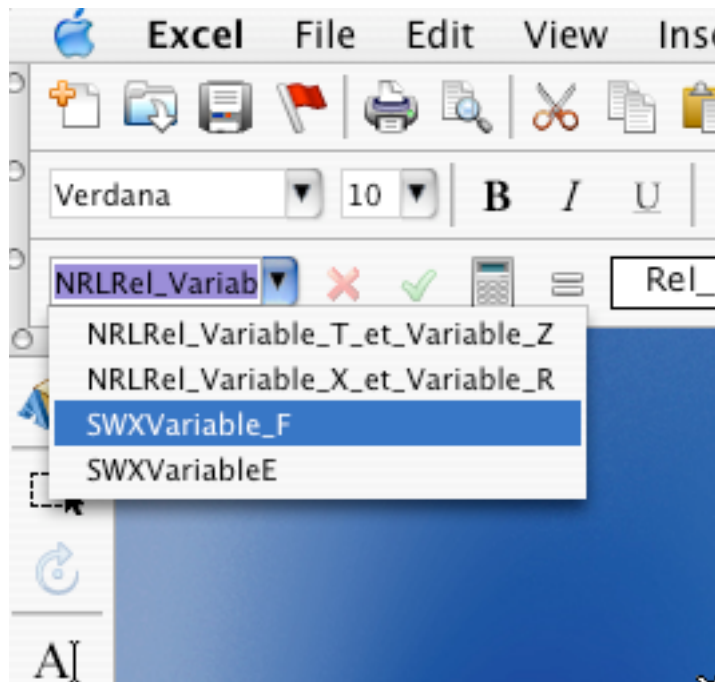
Variable	Sensibilité	Sens Impact	Rappel Niveau Relat°
Rel_Variable_T_et_Variable_Z	27%		3
Rel_Variable_X_et_Variable_R	12%		5
Variable F	6%		
Variable E	6%		
Etc.	2%		3
	2%		4
	2%		3
	2%		4

Les lignes des variables du type 'Niveau de relation' sont surlignées en jaune, et le niveau de relation actuellement entré dans votre modèle est rappelé dans la dernière colonne.

Vous avez moyen d'atteindre directement les variables grâce aux zones de cellules (la zone de liste qui se trouve en haut à gauche de vos barres d'outils, voir ci dessous.) :

Les onglets ont un nom en deux parties : la première partie décrit le type du test (Flou ou Résultat), la seconde partie est le nom du tableau de sortie sur lequel a porté le test. Le modèle peut en effet comporter plusieurs états de sortie, par exemple un compte d'exploitation et un plan de trésorerie, les tests sont donc effectués sur chacun d'eux.

Test Flou Compte\_d\_Exploitation    Test Resultat Compte\_d\_Exploita



1. Retournez dans le classeur qui contient votre projet.
2. Dans la liste de zones de cellules, sélectionnez la variable que vous voulez atteindre (si ce n'est pas un niveau de relation, vous trouverez le préfixe 'SWX' devant le nom de la variable). Vous pouvez aussi l'atteindre en faisant 'Edition/ Aller A' (Ctrl-T sur PC)
3. Vous vous y retrouvez directement !

**Remarque :** si vous n'avez pas cette barre d'outils sur votre version d'Excel, faites 'Affichage/Barre de formule'

Les tests de sensibilité vous donnent donc l'ordre d'importance des variables dans le flou généré et dans le niveau des résultats affichés par les tableaux de synthèse de vos modèles. Les variables les plus influentes sont donc celles dont vous avez intérêt à améliorer la connaissance prioritairement pour améliorer vos prévisions.

**Remarque :** si durant le calcul des tests, Excel émet de nombreux bips ou dings, il y a vraisemblablement des erreurs. Vérifiez que votre modèle n'affiche pas #VALEUR ou #NOM et suivez le paragraphe suivant, 'Résolution de problèmes'. Si le problème persiste, renvoyez-moi votre classeur-projet en me décrivant ce qui s'est passé.

### **Conclusion sur le renseignement de votre modèle.**

Si vous avez atteint un stade où vous avez déjà récolté le maximum d'information sur les variables de votre modèle et que le fait que le résultat des calculs soit encore flou vous gêne, sachez que :

- il faut éviter de mettre des variables d'entrée plus précises que ce que vous savez vraiment ;
- en revanche, vous pouvez parfaitement vous définir des objectifs, qui eux sont des nombres parfaits, et que vous pourrez notamment présenter à vos partenaires, utilisez à ce moment là de préférence les XP.

### **Enfin, une dernière requête, je souhaiterais que vous me teniez informé lors des grandes mises à jour des variables d'entrée de votre modèle :**

- vous pourriez ainsi m'envoyer votre modèle mis à jour, les fichiers de tests sensibilités s'ils vous ont aidé dans cette mise à jour, ainsi qu'une petite explication sur les variables que vous avez modifiées et sur les raisons de ces modifications (rencontres, enquêtes, études de marchés, simulations, discussions avec des partenaires, etc.)

J'espère que cette idée ne vous paraît pas contraignante mais j'y vois **deux avantages** :

- Cela vous permettra de faire un point sur vos hypothèses, être obligé de les commenter et de les expliquer vous aidera forcément à mieux maîtriser votre projet et peut-être à vous révéler d'autres questionnements,
- Cela me permettra de vérifier que le modèle fonctionne toujours de façon satisfaisante et ne comporte pas d'erreurs.



## Résolution de Problèmes

### En cas de résultats de calculs étranges

Si les calculs semblent ne pas bien s'effectuer (pas de changement du résultat alors que vous avez changé des valeurs dans votre modèle par exemple, ou affichage répété de #VALEUR, ou encore des résultats dans les tests de sensibilités qui sont les mêmes pour plusieurs variables (c'est très rare !) etc), vous pouvez passer votre modèle en calcul approfondi : Excel recalculera tout à chaque fois. Pour cela, dans le menu 'BPF', choisissez tout en bas : 'Basculer en mode Calcul Complet'. Si vous voyez affiché 'Basculer en mode Calcul Rapide', c'est que vous vous trouvez déjà en mode calcul complet.

**Remarque :** Selon les versions d'Excel, l'affichage de la barre d'outils ne se remet pas tout de suite à jour, il ne faut donc pas en tenir compte si vous savez que vous avez effectué le basculement (un message s'affiche lorsqu'on effectue ce basculement).

A chaque réouverture de votre fichier, le mode de calcul est celui par défaut (rapide ou complet selon les tests que j'ai pu effectuer sur votre modèle).


### En cas de plantages à l'ouverture du fichier

1. Ouvrir Excel
2. Dans les préférences d'excel choisir 'calcul manuel', ne pas cocher 'recalcul avant enregistrement'
3. Ouvrir le fichier depuis Excel en faisant 'Fichier/ Ouvrir...'

### Si les calculs affichent #NOM

Essayez de relancer un calcul complet avec le menu «BPF/ Recalculer Tout »

☞ Si cela ne résoud pas le problème, une première solution consiste :

1. à sélectionner une cellule vide, hors des tableaux,
- 
2. à cliquer sur le bouton de l'assistant fonctions .
  3. Aller dans 'Fonctions personnelles', choisir IFA, et sélectionner n'importe quelle zone.
  4. Valider, et relancer un calcul.

☞ Une solution alternative pour contourner ce bug d'Excel consiste à ouvrir l'éditeur Visual Basic :

1. Allez dans le menu 'Outils/ Macros/ Visual Basic Editor' ;
2. Cliquez sur le classeur de votre modèle pour y revenir ;

3. Relancez un calcul.

### **Si les calculs affichent #VALEUR**

Soit vous avez fait une erreur en entrant un chiffre à la place d'un nombre, ou en entrant un switch de façon incorrecte (par exemple en minuscules au lieu de majuscules, ou en se trompant sur l'orthographe du switch). Quand un switch est incorrect, un message d'erreur dans le premier calcul qui rencontre cette erreur indique en toutes lettres l'origine de l'erreur, par exemple : "!!Pb avec X ou SWX!!". Les résultats des calculs suivants affichent #VALEUR. Il faut donc remonter jusqu'au premier calcul qui a un problème.

Si vous n'arrivez pas à lire l'intégralité du message, agrandissez la colonne.

Si l'erreur ne vient pas d'une entrée incorrecte, essayez de relancer un calcul complet.

### **Si Excel refuse d'enregistrer votre modèle**

Essayez de faire tourner l'une des macros du menu 'BPF' (Recalcule tout, Graphique, Affichage, etc.), cela le débloque souvent.



# Annexe D

## Code des macros

Nous n'avons reproduit ici que les 3 codes les plus importants :

- le Calculateur Flou ( page 434) ;
- la macro permettant d'effectuer les Tests de Sensibilité ( page 451) ;
- et enfin la macro Graphique ( page 468), permettant de représenter un NFT ou une série de NFT.

Les autres macros, notamment celles liées au menu additionnel « BPF » apparaissant à l'ouverture du modèle n'ont pas été reportées ici, car elles sont plus classiques. Le lecteur intéressé pourra les trouver en situation dans le modèle , dans le répertoire « CalcFlou ».

L'ensemble de ces macros est régi par la licence CeCILL soumise au droit français et respectant les principes de diffusion des logiciels libres (voir section suivante).

**Note version de présoutenance :** Le code des macros est pour l'instant brut, sans mise en page quelconque, ce qui signifie que les lignes longues débordent parfois de la page. Ceci sera bien entendu rectifié.

### D.1 Contrat de Licence de Logiciel Libre CeCILL

Contrat de Licence de Logiciel Libre CeCILL<sup>1</sup> Avertissement

Ce contrat est une licence de logiciel libre issue d'une concertation entre ses auteurs afin que le respect de deux grands principes préside à sa rédaction :

---

<sup>1</sup>Version 2.0 du 2005-05-21.

\* d'une part, le respect des principes de diffusion des logiciels libres : accès au code source, droits étendus conférés aux utilisateurs, \* d'autre part, la désignation d'un droit applicable, le droit français, auquel elle est conforme, tant au regard du droit de la responsabilité civile que du droit de la propriété intellectuelle et de la protection qu'il offre aux auteurs et titulaires des droits patrimoniaux sur un logiciel.

Les auteurs de la licence CeCILL (pour Ce[a] C[nrs] I[nria] L[ogiciel] L[ibre]) sont :

Commissariat à l'Energie Atomique - CEA, établissement public de caractère scientifique technique et industriel, dont le siège est situé 31-33 rue de la Fédération, 75752 Paris cedex 15.

Centre National de la Recherche Scientifique - CNRS, établissement public à caractère scientifique et technologique, dont le siège est situé 3 rue Michel-Ange 75794 Paris cedex 16.

Institut National de Recherche en Informatique et en Automatique - INRIA, établissement public à caractère scientifique et technologique, dont le siège est situé Domaine de Voluceau, Rocquencourt, BP 105, 78153 Le Chesnay cedex.

#### Préambule

Ce contrat est une licence de logiciel libre dont l'objectif est de conférer aux utilisateurs la liberté de modification et de redistribution du logiciel régi par cette licence dans le cadre d'un modèle de diffusion en logiciel libre.

L'exercice de ces libertés est assorti de certains devoirs à la charge des utilisateurs afin de préserver ce statut au cours des redistributions ultérieures.

L'accessibilité au code source et les droits de copie, de modification et de redistribution qui en découlent ont pour contrepartie de n'offrir aux utilisateurs qu'une garantie limitée et de ne faire peser sur l'auteur du logiciel, le titulaire des droits patrimoniaux et les concédants successifs qu'une responsabilité restreinte.

A cet égard l'attention de l'utilisateur est attirée sur les risques associés au chargement, à l'utilisation, à la modification et/ou au développement et à la reproduction du logiciel par l'utilisateur étant donné sa spécificité de logiciel libre, qui peut le rendre complexe à manipuler et qui le réserve donc à des développeurs ou des professionnels avertis possédant des connaissances informatiques approfondies. Les utilisateurs sont donc invités à charger et tester l'adéquation du Logiciel à leurs besoins dans des conditions permettant d'assurer la sécurité de leurs systèmes et/ou de leurs données et, plus généralement, à l'utiliser et l'exploiter dans les mêmes conditions de sécurité. Ce contrat peut être reproduit et diffusé librement, sous réserve de le conserver en l'état, sans ajout ni suppression de clauses.

Ce contrat est susceptible de s'appliquer à tout logiciel dont le titulaire des droits patrimoniaux décide de soumettre l'exploitation aux dispositions qu'il contient.

## Article 1 - DEFINITIONS

Dans ce contrat, les termes suivants, lorsqu'ils seront écrits avec une lettre capitale, auront la signification suivante :

Contrat : désigne le présent contrat de licence, ses éventuelles versions postérieures et annexes.

Logiciel : désigne le logiciel sous sa forme de Code Objet et/ou de Code Source et le cas échéant sa documentation, dans leur état au moment de l'acceptation du Contrat par le Licencié.

Logiciel Initial : désigne le Logiciel sous sa forme de Code Source et éventuellement de Code Objet et le cas échéant sa documentation, dans leur état au moment de leur première diffusion sous les termes du Contrat.

Logiciel Modifié : désigne le Logiciel modifié par au moins une Contribution.

Code Source : désigne l'ensemble des instructions et des lignes de programme du Logiciel et auquel l'accès est nécessaire en vue de modifier le Logiciel.

Code Objet : désigne les fichiers binaires issus de la compilation du Code Source.

Titulaire : désigne le ou les détenteurs des droits patrimoniaux d'auteur sur le Logiciel Initial

Licencié : désigne le ou les utilisateurs du Logiciel ayant accepté le Contrat.

Contributeur : désigne le Licencié auteur d'au moins une Contribution.

Concédant : désigne le Titulaire ou toute personne physique ou morale distribuant le Logiciel sous le Contrat.

Contribution : désigne l'ensemble des modifications, corrections, traductions, adaptations et/ou nouvelles fonctionnalités intégrées dans le Logiciel par tout Contributeur, ainsi que tout Module Interne.

Module : désigne un ensemble de fichiers sources y compris leur documentation qui permet de réaliser des fonctionnalités ou services supplémentaires à ceux fournis par le Logiciel.

Module Externe : désigne tout Module, non dérivé du Logiciel, tel que ce Module et le Logiciel s'exécutent dans des espaces d'adressages différents, l'un appelant l'autre au moment de leur exécution.

Module Interne : désigne tout Module lié au Logiciel de telle sorte qu'ils s'exécutent dans le même espace d'adressage.

GNU GPL : désigne la GNU General Public License dans sa version 2 ou toute version ultérieure, telle que publiée par Free Software Foundation Inc.

Parties : désigne collectivement le Licencié et le Concédant.

Ces termes s'entendent au singulier comme au pluriel.

## Article 2 - OBJET

Le Contrat a pour objet la concession par le Concédant au Licencié d'une licence non exclusive, cessible et mondiale du Logiciel telle que définie ci-après à l'article 5 pour toute la durée de protection des droits portant sur ce Logiciel.

## Article 3 - ACCEPTATION

3.1 L'acceptation par le Licencié des termes du Contrat est réputée acquise du fait du premier des faits suivants :

\* (i) le chargement du Logiciel par tout moyen notamment par téléchargement à partir d'un serveur distant ou par chargement à partir d'un support physique ; \* (ii) le premier exercice par le Licencié de l'un quelconque des droits concédés par le Contrat.

3.2 Un exemplaire du Contrat, contenant notamment un avertissement relatif aux spécificités du Logiciel, à la restriction de garantie et à la limitation à un usage par des utilisateurs expérimentés a été mis à disposition du Licencié préalablement à son acceptation telle que définie à l'article 3.1 ci dessus et le Licencié reconnaît en avoir pris connaissance.

## Article 4 - ENTREE EN VIGUEUR ET DUREE

### 4.1 ENTREE EN VIGUEUR

Le Contrat entre en vigueur à la date de son acceptation par le Licencié telle que définie en 3.1.

### 4.2 DUREE

Le Contrat produira ses effets pendant toute la durée légale de protection des droits patrimoniaux portant sur le Logiciel.

## Article 5 - ETENDUE DES DROITS CONCEDES

Le Concédant concède au Licencié, qui accepte, les droits suivants sur le Logiciel pour toutes destinations et pour la durée du Contrat dans les conditions ci-après détaillées.

Par ailleurs, si le Concédant détient ou venait à détenir un ou plusieurs brevets d'invention protégeant tout ou partie des fonctionnalités du Logiciel ou de ses composants, il s'engage à ne pas opposer les éventuels droits conférés par ces brevets aux Licenciés successifs qui utiliseraient, exploiteraient ou modifieraient le Logiciel. En cas de cession

de ces brevets, le Concédant s'engage à faire reprendre les obligations du présent alinéa aux cessionnaires.

### 5.1 DROIT D'UTILISATION

Le Licencié est autorisé à utiliser le Logiciel, sans restriction quant aux domaines d'application, étant ci-après précisé que cela comporte :

1. la reproduction permanente ou provisoire du Logiciel en tout ou partie par tout moyen et sous toute forme.
2. le chargement, l'affichage, l'exécution, ou le stockage du Logiciel sur tout support.
3. la possibilité d'en observer, d'en étudier, ou d'en tester le fonctionnement afin de déterminer les idées et principes qui sont à la base de n'importe quel élément de ce Logiciel ; et ceci, lorsque le Licencié effectue toute opération de chargement, d'affichage, d'exécution, de transmission ou de stockage du Logiciel qu'il est en droit d'effectuer en vertu du Contrat.

### 5.2 DROIT D'APPORTER DES CONTRIBUTIONS

Le droit d'apporter des Contributions comporte le droit de traduire, d'adapter, d'arranger ou d'apporter toute autre modification au Logiciel et le droit de reproduire le Logiciel en résultant.

Le Licencié est autorisé à apporter toute Contribution au Logiciel sous réserve de mentionner, de façon explicite, son nom en tant qu'auteur de cette Contribution et la date de création de celle-ci.

### 5.3 DROIT DE DISTRIBUTION

Le droit de distribution comporte notamment le droit de diffuser, de transmettre et de communiquer le Logiciel au public sur tout support et par tout moyen ainsi que le droit de mettre sur le marché à titre onéreux ou gratuit, un ou des exemplaires du Logiciel par tout procédé.

Le Licencié est autorisé à distribuer des copies du Logiciel, modifié ou non, à des tiers dans les conditions ci-après détaillées.

#### 5.3.1 DISTRIBUTION DU LOGICIEL SANS MODIFICATION

Le Licencié est autorisé à distribuer des copies conformes du Logiciel, sous forme de Code Source ou de Code Objet, à condition que cette distribution respecte les dispositions du Contrat dans leur totalité et soit accompagnée :

1. d'un exemplaire du Contrat,
2. d'un avertissement relatif à la restriction de garantie et de responsabilité du Concédant telle que prévue aux articles 8 et 9,



et que, dans le cas où seul le Code Objet du Logiciel est redistribué, le Licencié permette aux futurs Licenciés d'accéder facilement au Code Source complet du Logiciel en indiquant les modalités d'accès, étant entendu que le coût additionnel d'acquisition du Code Source ne devra pas excéder le simple coût de transfert des données.

### 5.3.2 DISTRIBUTION DU LOGICIEL MODIFIE

Lorsque le Licencié apporte une Contribution au Logiciel, les conditions de distribution du Logiciel Modifié sont alors soumises à l'intégralité des dispositions du Contrat.

Le Licencié est autorisé à distribuer le Logiciel Modifié, sous forme de Code Source ou de Code Objet, à condition que cette distribution respecte les dispositions du Contrat dans leur totalité et soit accompagnée :

1. d'un exemplaire du Contrat,
2. d'un avertissement relatif à la restriction de garantie et de responsabilité du Concédant telle que prévue aux articles 8 et 9,

et que, dans le cas où seul le Code Objet du Logiciel Modifié est redistribué, le Licencié permette aux futurs Licenciés d'accéder facilement au Code Source complet du Logiciel Modifié en indiquant les modalités d'accès, étant entendu que le coût additionnel d'acquisition du Code Source ne devra pas excéder le simple coût de transfert des données.

### 5.3.3 DISTRIBUTION DES MODULES EXTERNES

Lorsque le Licencié a développé un Module Externe les conditions du Contrat ne s'appliquent pas à ce Module Externe, qui peut être distribué sous un contrat de licence différent.

### 5.3.4 COMPATIBILITE AVEC LA LICENCE GNU GPL

Le Licencié peut inclure un code soumis aux dispositions d'une des versions de la licence GNU GPL dans le Logiciel modifié ou non et distribuer l'ensemble sous les conditions de la même version de la licence GNU GPL.

Le Licencié peut inclure le Logiciel modifié ou non dans un code soumis aux dispositions d'une des versions de la licence GNU GPL et distribuer l'ensemble sous les conditions de la même version de la licence GNU GPL.

## Article 6 - PROPRIETE INTELLECTUELLE

### 6.1 SUR LE LOGICIEL INITIAL

Le Titulaire est détenteur des droits patrimoniaux sur le Logiciel Initial. Toute utilisation du Logiciel Initial est soumise au respect des conditions dans lesquelles le Titulaire

a choisi de diffuser son œuvre et nul autre n'a la faculté de modifier les conditions de diffusion de ce Logiciel Initial.

Le Titulaire s'engage à ce que le Logiciel Initial reste au moins régi par la présente licence et ce, pour la durée visée à l'article 4.2.

## 6.2 SUR LES CONTRIBUTIONS

Le Licencié qui a développé une Contribution est titulaire sur celle-ci des droits de propriété intellectuelle dans les conditions définies par la législation applicable.

## 6.3 SUR LES MODULES EXTERNES

Le Licencié qui a développé un Module Externe est titulaire sur celui-ci des droits de propriété intellectuelle dans les conditions définies par la législation applicable et reste libre du choix du contrat régissant sa diffusion.

## 6.4 DISPOSITIONS COMMUNES

Le Licencié s'engage expressément :

1. à ne pas supprimer ou modifier de quelque manière que ce soit les mentions de propriété intellectuelle apposées sur le Logiciel ;
2. à reproduire à l'identique lesdites mentions de propriété intellectuelle sur les copies du Logiciel modifié ou non.

Le Licencié s'engage à ne pas porter atteinte, directement ou indirectement, aux droits de propriété intellectuelle du Titulaire et/ou des Contributeurs sur le Logiciel et à prendre, le cas échéant, à l'égard de son personnel toutes les mesures nécessaires pour assurer le respect des dits droits de propriété intellectuelle du Titulaire et/ou des Contributeurs.

## Article 7 - SERVICES ASSOCIES

7.1 Le Contrat n'oblige en aucun cas le Concédant à la réalisation de prestations d'assistance technique ou de maintenance du Logiciel.

Cependant le Concédant reste libre de proposer ce type de services. Les termes et conditions d'une telle assistance technique et/ou d'une telle maintenance seront alors déterminés dans un acte séparé. Ces actes de maintenance et/ou assistance technique n'engageront que la seule responsabilité du Concédant qui les propose.

7.2 De même, tout Concédant est libre de proposer, sous sa seule responsabilité, à ses licenciés une garantie, qui n'engagera que lui, lors de la redistribution du Logiciel et/ou du Logiciel Modifié et ce, dans les conditions qu'il souhaite. Cette garantie et les modalités financières de son application feront l'objet d'un acte séparé entre le Concédant et le Licencié.

## Article 8 - RESPONSABILITE

8.1 Sous réserve des dispositions de l'article 8.2, le Licencié a la faculté, sous réserve de prouver la faute du Concédant concerné, de solliciter la réparation du préjudice direct qu'il subirait du fait du logiciel et dont il apportera la preuve.

8.2 La responsabilité du Concédant est limitée aux engagements pris en application du Contrat et ne saurait être engagée en raison notamment : (i) des dommages dus à l'inexécution, totale ou partielle, de ses obligations par le Licencié, (ii) des dommages directs ou indirects découlant de l'utilisation ou des performances du Logiciel subis par le Licencié et (iii) plus généralement d'un quelconque dommage indirect. En particulier, les Parties conviennent expressément que tout préjudice financier ou commercial (par exemple perte de données, perte de bénéfices, perte d'exploitation, perte de clientèle ou de commandes, manque à gagner, trouble commercial quelconque) ou toute action dirigée contre le Licencié par un tiers, constitue un dommage indirect et n'ouvre pas droit à réparation par le Concédant.

## Article 9 - GARANTIE

9.1 Le Licencié reconnaît que l'état actuel des connaissances scientifiques et techniques au moment de la mise en circulation du Logiciel ne permet pas d'en tester et d'en vérifier toutes les utilisations ni de détecter l'existence d'éventuels défauts. L'attention du Licencié a été attirée sur ce point sur les risques associés au chargement, à l'utilisation, la modification et/ou au développement et à la reproduction du Logiciel qui sont réservés à des utilisateurs avertis.

Il relève de la responsabilité du Licencié de contrôler, par tous moyens, l'adéquation du produit à ses besoins, son bon fonctionnement et de s'assurer qu'il ne causera pas de dommages aux personnes et aux biens.

9.2 Le Concédant déclare de bonne foi être en droit de concéder l'ensemble des droits attachés au Logiciel (comprenant notamment les droits visés à l'article 5).

9.3 Le Licencié reconnaît que le Logiciel est fourni "en l'état" par le Concédant sans autre garantie, expresse ou tacite, que celle prévue à l'article 9.2 et notamment sans aucune garantie sur sa valeur commerciale, son caractère sécurisé, innovant ou pertinent.

En particulier, le Concédant ne garantit pas que le Logiciel est exempt d'erreur, qu'il fonctionnera sans interruption, qu'il sera compatible avec l'équipement du Licencié et sa configuration logicielle ni qu'il remplira les besoins du Licencié.

9.4 Le Concédant ne garantit pas, de manière expresse ou tacite, que le Logiciel ne porte pas atteinte à un quelconque droit de propriété intellectuelle d'un tiers portant sur un brevet, un logiciel ou sur tout autre droit de propriété. Ainsi, le Concédant exclut toute garantie au profit du Licencié contre les actions en contrefaçon qui pourraient être diligentées au titre de l'utilisation, de la modification, et de la redistribution du Logiciel.

Néanmoins, si de telles actions sont exercées contre le Licencié, le Concédant lui apportera son aide technique et juridique pour sa défense. Cette aide technique et juridique est déterminée au cas par cas entre le Concédant concerné et le Licencié dans le cadre d'un protocole d'accord. Le Concédant dégage toute responsabilité quant à l'utilisation de la dénomination du Logiciel par le Licencié. Aucune garantie n'est apportée quant à l'existence de droits antérieurs sur le nom du Logiciel et sur l'existence d'une marque.

#### Article 10 - RESILIATION

10.1 En cas de manquement par le Licencié aux obligations mises à sa charge par le Contrat, le Concédant pourra résilier de plein droit le Contrat trente (30) jours après notification adressée au Licencié et restée sans effet.

10.2 Le Licencié dont le Contrat est résilié n'est plus autorisé à utiliser, modifier ou distribuer le Logiciel. Cependant, toutes les licences qu'il aura concédées antérieurement à la résiliation du Contrat resteront valides sous réserve qu'elles aient été effectuées en conformité avec le Contrat.

#### Article 11 - DISPOSITIONS DIVERSES

##### 11.1 CAUSE EXTERIEURE

Aucune des Parties ne sera responsable d'un retard ou d'une défaillance d'exécution du Contrat qui serait dû à un cas de force majeure, un cas fortuit ou une cause extérieure, telle que, notamment, le mauvais fonctionnement ou les interruptions du réseau électrique ou de télécommunication, la paralysie du réseau liée à une attaque informatique, l'intervention des autorités gouvernementales, les catastrophes naturelles, les dégâts des eaux, les tremblements de terre, le feu, les explosions, les grèves et les conflits sociaux, l'état de guerre...

11.2 Le fait, par l'une ou l'autre des Parties, d'omettre en une ou plusieurs occasions de se prévaloir d'une ou plusieurs dispositions du Contrat, ne pourra en aucun cas impliquer renonciation par la Partie intéressée à s'en prévaloir ultérieurement.

11.3 Le Contrat annule et remplace toute convention antérieure, écrite ou orale, entre les Parties sur le même objet et constitue l'accord entier entre les Parties sur cet objet. Aucune addition ou modification aux termes du Contrat n'aura d'effet à l'égard des Parties à moins d'être faite par écrit et signée par leurs représentants dûment habilités.

11.4 Dans l'hypothèse où une ou plusieurs des dispositions du Contrat s'avèrerait contraire à une loi ou à un texte applicable, existants ou futurs, cette loi ou ce texte prévaudrait, et les Parties feraient les amendements nécessaires pour se conformer à cette loi ou à ce texte. Toutes les autres dispositions resteront en vigueur. De même, la nullité, pour quelque raison que ce soit, d'une des dispositions du Contrat ne saurait entraîner la nullité de l'ensemble du Contrat.

##### 11.5 LANGUE

Le Contrat est rédigé en langue française et en langue anglaise, ces deux versions faisant également foi.

#### Article 12 - NOUVELLES VERSIONS DU CONTRAT

12.1 Toute personne est autorisée à copier et distribuer des copies de ce Contrat.

12.2 Afin d'en préserver la cohérence, le texte du Contrat est protégé et ne peut être modifié que par les auteurs de la licence, lesquels se réservent le droit de publier périodiquement des mises à jour ou de nouvelles versions du Contrat, qui posséderont chacune un numéro distinct. Ces versions ultérieures seront susceptibles de prendre en compte de nouvelles problématiques rencontrées par les logiciels libres.

12.3 Tout Logiciel diffusé sous une version donnée du Contrat ne pourra faire l'objet d'une diffusion ultérieure que sous la même version du Contrat ou une version postérieure, sous réserve des dispositions de l'article 5.3.4.

#### Article 13 - LOI APPLICABLE ET COMPETENCE TERRITORIALE

13.1 Le Contrat est régi par la loi française. Les Parties conviennent de tenter de régler à l'amiable les différends ou litiges qui viendraient à se produire par suite ou à l'occasion du Contrat.

13.2 A défaut d'accord amiable dans un délai de deux (2) mois à compter de leur survenance et sauf situation relevant d'une procédure d'urgence, les différends ou litiges seront portés par la Partie la plus diligente devant les Tribunaux compétents de Paris.

Version 2.0 du 2005-05-21.

## D.2 Macros de la fonction IFA (Calculateur Flou)

### Option Explicit

```
Public CalComplet As Boolean
Public Const E As Single = 6.55957
```

```
Dim VARS(0 To 35) 'Pr recoller les valeurs récoltées -
dedans.
Dim ct As Byte 'Comme compteur pr VARS
Dim PosSWX As Byte, PosSWY As Byte, PosF As Byte, -
PosRelat As Byte 'Variables pour définir les -
emplacements des valeurs X et Y
```

```

Dim SWX, SWY, TypeF, SWC, CoordSortie As String * 3, _
      Relation As String * 1, NivRelation As Single

```

```

Function IFA(Arg1, Optional Arg2 = 0, Optional Arg3 = 0, _
      Optional Arg4 = 0, Optional Arg5 = 0, Optional Arg6 = 0, _
      Optional Arg7 = 0, Optional Arg8 = 0, _
      Optional Arg9 = 0, Optional Arg10 = 0, Optional Arg11 = 0, _
      Optional Arg12 = 0, Optional Arg13 = 0, _
      Optional Arg14 = 0, Optional Arg15 = 0, Optional Arg16 = 0, _
      Optional Arg17 = 0, Optional Arg18 = 0)
  'Version 4.44b avec boucles sur AFF et SWCC désactivées
  'Version 4.44 du 20/09/04 avec MES dans SWCC réabilitée ( _
    ne marchait plus à cause de dim as Single).
  'Version 4.33 du 16/08/04 acceptant MES dans SWCC
  'utilisant la récupération de variables telle que _
    proposée par Alain Cross et améliorée par Daniel M,
  'Acceptant le switch "NUL" et un "E" additionnel entre X _
    et Y.
  ' Version 4 a,c,d du 5/06/04, Entrée des deux NFT input + _
    Parfait + SW sous forme de plage de cellules ,
  'NFT output sous forme matricielle , Gestion de l'omission _
    des variables Relat et NivRelat
  'Version 4 alpha du 16/05/04
  'Switchs rétablis dans la version XL
  'Suite à la proposition de Lesage à l'ACSEG 2003, mais _
    modifiée IFAB selon les remarques de JCF.
  'Intègre des switchs avant le calcul de la fonction elle- _
    même
  'Ecrit le 30/11/03 by JCF, modifiée le 17/12/03 pour _
    tenir compte d'une erreur sur le calcul des _
    incompressibles (intégration de min et max)
Dim rg As Range, Lacell As Range, LeArray, I, V As Variant _
      'Objets qui vont servir à traiter les variables _
      entrées
SWX = ""
SWY = ""
TypeF = 0
CoordSortie = "TAB"
Relation = "I"
NivRelation = 0

```

```

PosF = 0
PosSWX = 0
PosSWY = 0
PosRelat = 0
SWC = ""
Erase VARS()
  Dim XL0 As Single , XL1 As Single , XU1 As Single , XU0 As _
    Single , XP, _
    YL0 As Single , YL1 As Single , YU1 As Single , YU0 As Single _
    , YP ' As Single 'déclaration des variables _
    utilisées ensuite

Application.Volatile CalComple 'Permet de relancer un _
calcul intégral

LeArray = Array(Arg1, Arg2, Arg3, Arg4, Arg5, Arg6, Arg7, _
  Arg8, _
  Arg9, Arg10, Arg11, Arg12, Arg13, _
  Arg14, Arg15, Arg16, Arg17, Arg18)

ct = 0 'mise à zéro du compteur d'arguments

For Each I In LeArray
  If IsObject(I) Then
    'On Error Resume Next
    Set rg = I
    If Err <> 0 Then Err = 0: Beep ' : Stop ' : MsgBox Err. _
      Number & " was generated by IFA" & Err.Source _
      & vbLf & Err.Description & vbLf & Err.HelpContext: Stop _
      'On Error GoTo 0
    End If
    If rg Is Nothing Then
      If TypeName(I) Like "*(*)" Then
        For Each V In I
          Call Classt(V)
        Next V
      Else
        Call Classt(I)
      End If

```

```

Else
    For Each Lacell In rg
        Call Classt(Lacell.Value)
    Next
End If
Set rg = Nothing
', -----
If Err.Number <> 0 Then
    Beep
MsgBox Err.Number & vbLf & Err.Description & vbLf & Err. _
    HelpContext
Err.Clear
End If
', -----
Next I

'Récupération de NivRelation
If Not PosRelat = 0 Then NivRelation = VARS(PosRelat + 1)

'Récupération de X et Y
'Enregistrement de X

'Cas où SWX n'a pas été renseigné
If PosSWX = 0 Then
    If PosSWY = 0 Then
        If Application.WorksheetFunction.Even(PosF) = _
            PosF Then
            PosSWX = PosF / 2 - 1
        Else: IFA = "!! Marquer_la_fin_de_X_par_un_E!!_#2" _
            : Exit Function
        End If

    ElseIf Application.WorksheetFunction.Odd(PosSWY) = _
        PosSWY Then
        PosSWX = (PosSWY - 1) / 2

    Else: IFA = "!! Marquer_la_fin_de_X_par_un_E!!_#3": _
        Exit Function
    End If
End If

'Récupération des valeurs de X

```



**If** Not PosSWX = 0 **Then**

**If** PosSWX = 1 **Then**

*nombre parfait*

        XL0 = VARS(0)

        XL1 = VARS(0)

        XU1 = VARS(0)

        XU0 = VARS(0)

        XP = VARS(0)

*'Cas où X est un \_*

**ElseIf** PosSWX > 2 And PosSWX < 7 **Then**

*'Cas où X \_*

*est un NFT*

        XL0 = VARS(0)

        XL1 = VARS(1)

        XU1 = VARS(2)

        XU0 = VARS(3)

*'Cas où le NFT est suivi d'une prévision en nb \_*  
        *parfait*

**If** PosSWX = 5 Or PosSWX = 6 Or PosSWX = 7 **Then** XP \_  
        = VARS(4)

**Else:** IFA = "!!Pb\_avec\_X\_ou\_SWX!!": **Exit Function**

**End If**

**End If**

*'Cas où SWY n'a pas été renseigné*

**If** PosSWY = 0 **Then** PosSWY = PosF

*'Enregistrement de Y*

**If** PosSWY - PosSWX = 2 **Then**

*'Cas où Y est \_*

*un nombre parfait*

        YL0 = VARS(PosSWX + 1)

        YL1 = VARS(PosSWX + 1)

        YU1 = VARS(PosSWX + 1)

        YU0 = VARS(PosSWX + 1)

        YP = VARS(PosSWX + 1)

```

ElseIf PosSWY - PosSWX > 3 And PosSWY - PosSWX < 8 _
Then      'Cas où Y est un NFT
    YL0 = VARS(PosSWX + 1)
    YL1 = VARS(PosSWX + 2)
    YU1 = VARS(PosSWX + 3)
    YU0 = VARS(PosSWX + 4)

    'Cas où le NFT est suivi d'une prévision en nb _
      parfait
If PosSWY - PosSWX = 6 Or PosSWY - PosSWX = 7 _
Then YP = VARS(PosSWX + 5) ': MsgBox "Y _
      contient un YP", vbInformation

Else: IFA = "!!Pb_avec_Y_ou_SWY!!": Exit Function

End If

'Remplissage par défaut des variables non renseignées
If IsEmpty(Relation) Then Relation = "I": NivRelation = 0
If IsEmpty(CoordSortie) Then CoordSortie = "TAB"

'Récupération de la valeur de la zone SWCC si celle-ci _
  existe
'On Error Resume Next
Dim N
Dim EmptySWCC As Byte

'For Each N In ThisWorkbook.Names
'   If N.Name = "SWCC" Then
       If Not IsEmpty(Range("SWCC").Value) Then
           SWC = Range("SWCC").Value
           EmptySWCC = 2
       End If
'   GoTo Suite
'   End If
'Next N

Suite:
If Not EmptySWCC = 2 Then EmptySWCC = 1

```

*'REMARQUE: La série de test au début de la fonction peut être enlevée pour plus de légèreté.*

```

'If IsEmpty(SWX) And IsEmpty(SWY) And IsEmpty(SWC) Then _
    MsgBox "GoTo CalculComplet": GoTo CalculComplet
If SWX = "" And SWY = "" And SWC = "" Then GoTo _
    CalculComplet

'Vérification de l'état de SWX (Switch de X) et modification _
  des valeurs
'd'entrée en conséquence
Dim decalage As Single

' If IsEmpty(SWX) Then GoTo TestSWY Else
If SWX = "" Or SWX = "E" Then GoTo TestSWY Else

    If SWX = "ENT" Then
        XU1 = XU1 - ((XU1 - XL1) * 0.1)
        XU0 = XU0 - ((XU0 - XL0) * 0.1)
    ElseIf SWX = "RES" Then
        decalage = ((XL1 + XU1) / 2) * 0.1
        XL0 = XL0 + decalage
        XL1 = XL1 + decalage
        XU1 = XU1 + decalage
        XU0 = XU0 + decalage
    ElseIf SWX = "MOY" Then
        XL0 = (XL1 + XU1) / 2
        XL1 = XL0
        XU1 = XL0
        XU0 = XL0
    ElseIf SWX = "MES" Then
        If IsEmpty(XP) Then
            IFA = "!!XP_n'est_pas_renseigné!!": Exit _
            Function
        Else
            XL0 = XP
            XL1 = XP

```

```

                XU1 = XP
                XU0 = XP
            End If
ElseIf SWX = "NUL" Then
                XL0 = 0
                XL1 = 0
                XU1 = 0
                XU0 = 0

Else
                IFA = "!Val_SWX"
            Exit Function
End If

'Vérification de l'état de SWY (Switch de Y) et modification _
des valeurs
'd'entrée en conséquence
TestSWY:
If SWY = "" Then GoTo TestSWC Else

    If SWY = "ENT" Then
        YU1 = YU1 - ((YU1 - YL1) * 0.1)
        YU0 = YU0 - ((YU0 - YL0) * 0.1)
    ElseIf SWY = "RES" Then
        decalage = ((YL1 + YU1) / 2) * 0.1
        YL0 = YL0 + decalage
        YL1 = YL1 + decalage
        YU1 = YU1 + decalage
        YU0 = YU0 + decalage
    ElseIf SWY = "MOY" Then
        YL0 = (YL1 + YU1) / 2
        YL1 = YL0
        YU1 = YL0
        YU0 = YL0
    ElseIf SWY = "MES" Then
        If IsEmpty(YP) Then
            IFA = "!!YP_n'est_pas_renseigné!!": Exit _
            Function
        Else
            YL0 = YP
            YL1 = YP
            YU1 = YP
            YU0 = YP

```

```

End If

ElseIf SWY = "NUL" Then
    YL0 = 0
    YL1 = 0
    YU1 = 0
    YU0 = 0
Else
    IFA = "! Val_SWY"
    Exit Function
End If

' Vérification de l'état de SWC (Switch Centralisé pour une -
feuille de calcul,
' permet de tout mettre sur le paradigme de la mesure, ou -
tout à la moyenne,
' ou de mettre toutes les relations en indépendance) et -
modification des valeurs
' d'entrée en conséquence
TestSWC:
' If IsEmpty(SWC) Then GoTo CalculComplet Else
If SWC = "" Then GoTo CalculComplet Else
    If SWC = "MES" Then
        ' On Error Resume Next
        If (IsEmpty(YP) Or IsEmpty(XP)) And EmptySWCC = 1
        Then
            IFA = "!!XP_ou_YP_n'est_pas_renseigné!!"
            : Exit Function
        ElseIf (IsEmpty(YP) Or IsEmpty(XP)) And Not EmptySWCC = 1 Then
            If IsEmpty(YP) And IsEmpty(XP) Then XL0 = XL0

            If IsEmpty(YP) And Not IsEmpty(XP) Then
                XL0 = XP
                XL1 = XP
                XU1 = XP
                XU0 = XP
            End If
            If Not IsEmpty(YP) And IsEmpty(XP) Then
                YL0 = YP
                YL1 = YP
                YU1 = YP

```

```

                                YU0 = YP
                                End If
Else
    XL0 = XP
    XL1 = XP
    XU1 = XP
    XU0 = XP
    YL0 = YP
    YL1 = YP
    YU1 = YP
    YU0 = YP
End If

ElseIf SWC = "MOY" Then
    XL0 = (XL1 + XU1) / 2
    XL1 = XL0
    XU1 = XL0
    XU0 = XL0
    YL0 = (YL1 + YU1) / 2
    YL1 = YL0
    YU1 = YL0
    YU0 = YL0
ElseIf SWC = "IND" Or SWC = "BFA" Then
    NivRelation = 0
Else
    IFA = "!Val_SWC"
Exit Function
End If

```

*'ICI COMMENCE REELLEMENT LE CALCUL, ON PEUT ENLEVER LE -  
SYSTEME DES SWITCHS AVANT.*

CalculComplet :

```

Dim NFT(1 To 4) As Single
If NivRelation = 0 Then GoTo CalculBFA Else
    Dim L0I As Single, L1I As Single, U1I As Single, U0I -
        As Single
    If Relation = "C" Or Relation = "c" Or Relation = "I" Or -
        Relation = "i" Then GoTo NoyauC Else
    If Relation = "D" Or Relation = "d" Then GoTo NoyauD -
        Else

```

CalculBFA :

*'Calcul des coordonnées du NFT en fonction de TypeF*

**If** CoordSortie = "L0" **Then**

IFA = **Min**(Min4(OP(TypeF, XL0, YL0), OP(TypeF, XL0, YU0), OP(TypeF, XU0, YL0), OP(TypeF, XU0, YU0)), Min4(OP(TypeF, XL1, YL1), OP(TypeF, XL1, YU1), OP(TypeF, XU1, YL1), OP(TypeF, XU1, YU1)))

**ElseIf** CoordSortie = "L1" **Then**

IFA = Min4(OP(TypeF, XL1, YL1), OP(TypeF, XL1, YU1), OP(TypeF, XU1, YL1), OP(TypeF, XU1, YU1))

**ElseIf** CoordSortie = "U1" **Then**

IFA = Max4(OP(TypeF, XL1, YL1), OP(TypeF, XL1, YU1), OP(TypeF, XU1, YL1), OP(TypeF, XU1, YU1))

**ElseIf** CoordSortie = "U0" **Then**

IFA = **Max**(Max4(OP(TypeF, XL0, YL0), OP(TypeF, XL0, YU0), OP(TypeF, XU0, YL0), OP(TypeF, XU0, YU0)), Max4(OP(TypeF, XL1, YL1), OP(TypeF, XL1, YU1), OP(TypeF, XU1, YL1), OP(TypeF, XU1, YU1)))

**ElseIf** CoordSortie = "TAB" **Then** *'Sortie Matricielle*

NFT(1) = **Min**(Min4(OP(TypeF, XL0, YL0), OP(TypeF, XL0, YU0), OP(TypeF, XU0, YL0), OP(TypeF, XU0, YU0)), Min4(OP(TypeF, XL1, YL1), OP(TypeF, XL1, YU1), OP(TypeF, XU1, YL1), OP(TypeF, XU1, YU1)))  
 NFT(2) = Min4(OP(TypeF, XL1, YL1), OP(TypeF, XL1, YU1), OP(TypeF, XU1, YL1), OP(TypeF, XU1, YU1))  
 NFT(3) = Max4(OP(TypeF, XL1, YL1), OP(TypeF, XL1, YU1), OP(TypeF, XU1, YL1), OP(TypeF, XU1, YU1))  
 NFT(4) = **Max**(Max4(OP(TypeF, XL0, YL0), OP(TypeF, XL0, YU0), OP(TypeF, XU0, YL0), OP(TypeF, XU0, YU0)), Max4(OP(TypeF, XL1, YL1), OP(TypeF, XL1, YU1), OP(TypeF, XU1, YL1), OP(TypeF, XU1, YU1)))

```

, -
OP(TypeF, XU0, YU0)), Max4(OP(TypeF, XL1, -
    YL1), OP(TypeF, XL1, YU1), -
OP(TypeF, XU1, YL1), OP(TypeF, XU1, YU1)))
End If

'Choix de l'affichage
Dim AffChk As Byte
'For Each N In ThisWorkbook.Names
'    If N.Name = "AFF" Then
'        On Error Resume Next
If Range("AFF").Value = "H" Then AffChk = 1
'    End If
' Next N

If AffChk = 1 Then
    IFA = NFT
Else
    IFA = Application.Transpose(NFT)

End If

Exit Function

```

NoyauC:

```

'Calcul du NFT incompressible en cas de relation -
Croissante.

```

```

L0I = Min(OP(TypeF, XL0, YL0), OP(TypeF, XU0, YU0))
L1I = Min(OP(TypeF, XL1, YL1), OP(TypeF, XU1, YU1))
U1I = Max(OP(TypeF, XL1, YL1), OP(TypeF, XU1, YU1))
U0I = Max(OP(TypeF, XL0, YL0), OP(TypeF, XU0, YU0))

```

**GoTo** CalculIFA

NoyauD:

```

'Calcul du NFT Incompressible en cas de relation -
Décroissante.

```



```

L0I = Min(OP(TypeF, XL0, YU0), OP(TypeF, XU0, YL0))
L1I = Min(OP(TypeF, XL1, YU1), OP(TypeF, XU1, YL1))
U1I = Max(OP(TypeF, XL1, YU1), OP(TypeF, XU1, YL1))
U0I = Max(OP(TypeF, XL0, YU0), OP(TypeF, XU0, YL0))

```

CalculIFA :

*'Calcul de type IFAB portant à la fois sur un noyau mais -  
aussi sur un support incompressibles.*

*'=> Création d'une variable S permettant de faire -  
varier le pas de réglage de la dureté de la -  
relation*

**Dim** S As Byte *'As Integer*

*' Le pas de réglage est donc à venir changer ici:*

S = 6

<i>'</i>	<i>0</i>	<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>-</i>
		<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	
<i>'</i>	<i>pas</i>	<i>très faible</i>	<i>faible</i>	<i>moyenne</i>	<i>forte</i>
		<i>très forte</i>	<i>linéaire</i>		<i>-</i>

**If** NivRelation > S **Then**

IFA = "NivRelation\_dépasse\_le\_maximum\_qui\_est -  
\_de\_" & S

**Exit Function**

**End If**

*'Transformation de NivRelation en k pour plus de -  
lisibilité des formules:*

**Dim** k As Single *'as Integer*

k = NivRelation

*'Calcul du résultat IFA en fonction de la -  
coordonnée de sortie*

**If** CoordSortie = "L0" **Then**

IFA = **Min**((S - k) / S \* Min4(OP(TypeF, XL0, -  
YL0), OP(TypeF, XL0, YU0), OP(TypeF, XU0, -  
YL0), -  
OP(TypeF, XU0, YU0)) + k / S \* L0I, (S - k) -  
/ S \* Min4(OP(TypeF, XL1, YL1), OP(TypeF, -  
XL1, YU1), -

$OP(\text{TypeF}, XU1, YL1), OP(\text{TypeF}, XU1, YU1)) +$   
 $k / S * L1I)$

**ElseIf** CoordSortie = "L1" **Then**

$IFA = (S - k) / S * \text{Min4}(OP(\text{TypeF}, XL1, YL1) -$   
 $, OP(\text{TypeF}, XL1, YU1), OP(\text{TypeF}, XU1, YL1 -$   
 $), -$   
 $OP(\text{TypeF}, XU1, YU1)) + k / S * L1I$

**ElseIf** CoordSortie = "U1" **Then**

$IFA = (S - k) / S * \text{Max4}(OP(\text{TypeF}, XL1, YL1) -$   
 $, OP(\text{TypeF}, XL1, YU1), OP(\text{TypeF}, XU1, YL1 -$   
 $), -$   
 $OP(\text{TypeF}, XU1, YU1)) + k / S * U1I$

**ElseIf** CoordSortie = "U0" **Then**

$IFA = \text{Max}((S - k) / S * \text{Max4}(OP(\text{TypeF}, XL0, -$   
 $YL0), OP(\text{TypeF}, XL0, YU0), OP(\text{TypeF}, XU0, -$   
 $YL0), -$   
 $OP(\text{TypeF}, XU0, YU0)) + k / S * U0I, (S - k) -$   
 $/ S * \text{Max4}(OP(\text{TypeF}, XL1, YL1), OP(\text{TypeF}, -$   
 $XL1, YU1), -$   
 $OP(\text{TypeF}, XU1, YL1), OP(\text{TypeF}, XU1, YU1)) +$   
 $k / S * U1I)$

**ElseIf** CoordSortie = "TAB" **Then**      '*Sortie* -  
*Matricielle*

$\text{NFT}(1) = \text{Min}((S - k) / S * \text{Min4}(OP( -$   
 $\text{TypeF}, XL0, YL0), OP(\text{TypeF}, XL0, -$   
 $YU0), OP(\text{TypeF}, XU0, YL0), -$   
 $OP(\text{TypeF}, XU0, YU0)) + k / S * L0I, (S - k) -$   
 $/ S * \text{Min4}(OP(\text{TypeF}, XL1, YL1), OP(\text{TypeF}, -$   
 $XL1, YU1), -$   
 $OP(\text{TypeF}, XU1, YL1), OP(\text{TypeF}, XU1, YU1)) +$   
 $k / S * L1I)$

$\text{NFT}(2) = (S - k) / S * \text{Min4}(OP(\text{TypeF}, -$   
 $XL1, YL1), OP(\text{TypeF}, XL1, YU1), -$   
 $OP(\text{TypeF}, XU1, YL1), -$   
 $OP(\text{TypeF}, XU1, YU1)) + k / S * L1I$

$\text{NFT}(3) = (S - k) / S * \text{Max4}(OP(\text{TypeF}, -$   
 $XL1, YL1), OP(\text{TypeF}, XL1, YU1), -$   
 $OP(\text{TypeF}, XU1, YL1), -$   
 $OP(\text{TypeF}, XU1, YU1)) + k / S * U1I$

$$\text{NFT}(4) = \text{Max}((S - k) / S * \text{Max4}(\text{OP}(\text{TypeF}, \text{XL0}, \text{YL0}), \text{OP}(\text{TypeF}, \text{XL0}, \text{YU0}), \text{OP}(\text{TypeF}, \text{XU0}, \text{YL0}), \text{OP}(\text{TypeF}, \text{XU0}, \text{YU0})) + k / S * \text{U0I}, (S - k) / S * \text{Max4}(\text{OP}(\text{TypeF}, \text{XL1}, \text{YL1}), \text{OP}(\text{TypeF}, \text{XL1}, \text{YU1}), \text{OP}(\text{TypeF}, \text{XU1}, \text{YL1}), \text{OP}(\text{TypeF}, \text{XU1}, \text{YU1})) + k / S * \text{U1I})$$

**End If**

```

        'Dim AffChk As Byte
For Each N In ThisWorkbook.Names
    If N.Name = "AFF" Then
        'On Error Resume Next
        If Range("AFF").Value = "H" Then AffChk = 1
    End If
Next N

If AffChk = 1 Then
    IFA = NFT
Else
    IFA = Application.Transpose(NFT)
End If

```

**End Function**

```

Function Min(a, b)
If a > b Then
    Min = b
Else
    Min = a
End If
End Function

```

```

Function Max(a, b)
If a > b Then
Max = a
Else
Max = b
End If
End Function

```

```

Function OP(Funct, X, Y)
'Cette fonction permet de paramétrer les opérations -
supportées par le Calculateur Flou

```

```

If Funct = "ADD" Then
    OP = X + Y

ElseIf Funct = "MUL" Then
    OP = X * Y

ElseIf Funct = "SOU" Then
    OP = X - Y

ElseIf Funct = "DIV" Then
    OP = X / Y

ElseIf Funct = "MIN" Then
    OP = Min(X, Y)

ElseIf Funct = "MAX" Then
    OP = Max(X, Y)

ElseIf Funct = "PUIS" Then
    OP = X ^ Y
Else
    OP = "Fonc_NA"
End If

```

```

End Function

```

```

Function Min4(a, b, c, d)
Min4 = Min(Min(a, b), Min(c, d))

```

**End Function**

```
Function Max4(a, b, c, d)
Max4 = Max(Max(a, b), Max(c, d))
End Function
```

```
Private Static Sub Classt(Val)
    'Sous-Macro qui sert à faire le tri dans les variables _
    entrées dans la formule.
    VARS(ct) = Val
    If IsNumeric(Val) = False Then

        If Val = "ENT" Or Val = "RES" Or Val = "MOY" _
        Or Val = "MES" Or Val = "IND" _
        Or Val = "BFA" Or Val = "E" Or Val = "NUL" _
        Then

            If ct < 7 Then
                If Val = "E" And PosSWX <> 0 Then
                    PosSWX = ct
                Else
                    PosSWX = ct
                    SWX = Val
                End If

            ElseIf ct > 6 Then
                If PosF = 0 Then
                    PosSWY = ct
                    SWY = Val

                Else: SWC = Val
                End If
            Else
                MsgBox "!! Marquer_la_fin_de_X_par_un_ _
                E!!_#1", vbInformation: Exit Sub
            End If

        ElseIf Val = "ADD" Or Val = "MUL" Or Val = " _
        DIV" Or Val = "SOU" Or Val = "MIN" Or _
        Val = "MAX" Or Val = "PUIS" Then
            PosF = ct
            TypeF = Val
```

```

    ElseIf Val = "I" Or Val = "D" Or Val = "C" _
    Then
        Relation = Val
        PosRelat = ct

    ElseIf Val = "L0" Or Val = "L1" Or Val = "U1" _
    Or Val = "U0" Then
        CoordSortie = Val

End If

End If

ct = ct + 1 'incréméntation d'un du compteur de VARS

End Sub

Public Sub RecalculeTout()
    Application.CalculateFull
End Sub

```

## D.3 Macros de Tests Sensibilité

```

Option Explicit
'-----
Private Sub TestSens(Optional Com As Byte = 3)

    FastRun = False

    Dim Zone
    Dim Celct As Byte
    Dim MaxCelct As Byte
    Dim Zonect As Byte

    Dim NbZones As Byte
    Dim c
    Dim TabUndo()
    Dim TabUndoNRL()
    Dim TabAnalyse()

```

```

'_____
Dim ZoneResCt As Byte
Dim RMR() As Single
Dim AER() As Single
'_____

Dim Resultat As Object
Dim ct As Byte
Dim RES(1 To 4) As Single 'As Currency
Dim I
'_____

Dim ModeCalc As String * 15
Dim ChkBFA As Byte
Dim SWCC As String * 3
Dim ChkE As Byte
'_____

Dim Debut As Date
Dim Fin As Date
Dim Duree As Date

Debut = Time

'Paramétrage du mode de calcul en manuel
ModeCalc = Application.Calculation
Application.Calculation = xlManual

'Enregistrement de l'état de SWCC
'On Error Resume Next

Dim M
For Each M In ThisWorkbook.Names
    If M.Name = "SWCC" Then
        If Not IsEmpty(Range("SWCC").Value) Then
            SWCC = Range("SWCC").Value

            End If
        GoTo Suite
    End If
Next M

Suite:
If (SWCC = "IND" Or SWCC = "BFA") And Com = 4 Then

```

```

MsgBox "Les_relations_sont_désactivées_(cf._SWCC),_le_test_ -
    sur_l'influence_des_niveaux_de_relation_ne_donnera_donc_ -
    aucun_résultat!", -
vbInformation, "Non_Sens!"
FastRun True
Exit Sub
End If

```

*'COMPTAGE DU NOMBRE DE ZONES DE CELLULES DU CLASSEUR*

```

For Each Zone In ActiveWorkbook.Names
If Mid(Zone.Name, 1, 3) = "SWX" Or Mid(Zone.Name, 1, 3) = " _
    SWC" Then
    Zonect = Zonect + 1
End If
Next Zone

```

*'Reformatage du TabUndo en fonction du nombre de zones \_*  
*comptées*

```

NbZones = Zonect
ReDim TabUndo(1 To NbZones, 0 To 1)

```

```

Zonect = 0

```

*'SCAN DES ZONES DE CELLULES DU CLASSEUR ET \_*  
*ENREGISTREMENT DE TOUTES LES VALEURS + MISE A ZERO*

```

For Each Zone In ActiveWorkbook.Names
    If Mid(Zone.Name, 1, 3) = "SWX" Or Mid(Zone.Name, 1, 3) = " _
        SWC" Then
        Zonect = Zonect + 1
        TabUndo(Zonect, 0) = Zone.Name

```

*'Récupération des valeurs de la zone et mise à zéro*

```

For Each c In Range(Zone)
    Celct = Celct + 1      'compteur de cellules
    MaxCelct = Max(Celct, MaxCelct)
    ReDim Preserve TabUndo(1 To NbZones, 0 To MaxCelct)
    TabUndo(Zonect, Celct) = c.Value
    If c.Value = "E" Then ChkE = ChkE + 1
    If Not ((Zone.Name = "SWCC") And (c.Value = "IND" Or _
        c.Value = "BFA")) Then
        c.Value = "" 'DEACTIVE POUR LES TESTS

```



```

        Else: ChkBFA = 1
    End If

    Next c
    Celct = 0
End If
Next Zone
'msgbox "Enregistrement des valeurs effectué"

If ChkE > 0 Then MsgBox "Il_y_avait_" & ChkE & "_ 'E' d'entrés _
    dans_vos_SWX. Cela_risque_de_provoquer_des _
    malfonctionnements_dans_vos_calculs. Merci_de_les_vérifier _
    ", vbInformation, "ATTENTION"

Zonect = 0

'Recalcul avant enregistrement du résultat de référence
Call RCCTT

'ENREGISTREMENT DU RESULTAT DE REFERENCE
Dim NomZonesRes() As String

For Each Zone In ActiveWorkbook.Names
    If Mid(Zone.Name, 1, 3) = "RES" Then
        ZoneResCt = ZoneResCt + 1

        For Each I In Range(Zone.Name)
            ct = ct + 1
            RES(ct) = I.Value
        Next
        ct = 0
        ReDim Preserve RMR(1 To ZoneResCt)
        ReDim Preserve AER(1 To ZoneResCt)
        ReDim Preserve NomZonesRes(1 To ZoneResCt)

        'Enregistre le nom des zones
        NomZonesRes(ZoneResCt) = Zone.Name

        'Enregistre le Résultat Moyen de Référence avant _
        toute action sur les switches
        RMR(ZoneResCt) = (RES(2) + RES(3)) / 2
    End If
End For

```

```

    'Enregistre l'Aire Entropie de Référence avant -
    toute action sur les switchs
    AER(ZoneResCt) = AE(RES(1), RES(2), RES(3), RES -
    (4))

```

```

End If
Next Zone

```

*'MODIFICATION UNE A UNE DES VALEURS DE SWITCHS DES ZONES ET -*  
*ENREGISTREMENT DES RESULTATS*

```

For Each Zone In ActiveWorkbook.Names

```

```

    'Vérification que la zone commence par SWX
    If Mid(Zone.Name, 1, 3) = "SWX" Then

```

```

        'Création d'un compteur du nombre de zones
        Zonect = Zonect + 1

```

```

        'Reformatage du tableau d'analyse en fonction du nb -
        de zones

```

```

ReDim Preserve TabAnalyse(1 To ZoneResCt, 1 To 6, 1 -
    To Zonect)

```

```

    'Enregistrement du libellé de la zone

```

```

    If Com = 1 Or Com = 2 Or Com = 3 Then TabAnalyse(1, -
        1, Zonect) = Mid(Zone.Name, 4)

```

```

        'TEST ENTROPIE

```

```

        If Com = 1 Or Com = 3 Then

```

```

            'Entrée de la commande ENT
            For Each c In Range(Zone)

```

```

                c.Value = "ENT"

```

```

            , MsgBox "TabUndo(" & Celct & ") = " & -
                TabUndo(Celct), vbInformation

```

```

            Next c

```

**Call** RCCTT

*'Récupération des valeurs de résultat*

**Dim** t As Byte

**For** t = 1 To ZoneResCt

ct = 0

**For** Each I In Range(NomZonesRes(t))

ct = ct + 1

RES(ct) = I

**Next**

*'Enregistre le Résultat Moyen de -  
Référence avant toute action sur les -  
switchs*

*'Enregistre l'Aire Entropie du résultat -  
modifié*

TabAnalyse(t, 2, Zonect) = AE(RES(1), RES -  
(2), RES(3), RES(4))

*'Calcul de la sensibilité*

TabAnalyse(t, 3, Zonect) = 10 \* (AER(t) - -  
TabAnalyse(t, 2, Zonect)) / AER(t)

**Next** t

**End If**

*'TEST RESULTAT (Levier Opérationnel)*

**If** Com = 2 Or Com = 3 **Then**

*'Entrée de la commande RES dans les cellules -  
de la zone*

**For** Each c In Range(Zone)

c.Value = "RES"

**Next** c

*'Recalcul du modèle*

**Call** RCCTT

*'Récupération des valeurs de résultat*

**For** t = 1 To ZoneResCt

ct = 0

**For** Each I In Range(NomZonesRes(t))

ct = ct + 1

RES(ct) = I

**Next**

*'Enregistre la valeur moyenne du résultat -  
modifié*

TabAnalyse(t, 4, Zonect) = (RES(2) + RES -  
(3)) / 2

*'Calcul de la sensibilité résultat*

TabAnalyse(t, 5, Zonect) = 10 \* ( -  
TabAnalyse(t, 4, Zonect) - RMR(t)) / -  
**Abs**(RMR(t)) *'Abs (RMR) parce que -  
sinon si le résultat de départ est -  
négatif, le sens de l'impact indiqué -  
après est idiot*

**Next** t

**End If**

*'Remise à zéro des cellules de la zone*

**For** Each c In Range(Zone)

c.Value = ""

**Next** c

**End If**

, -----

*'TEST DES NIVEAUX DE RELATION POUR TEST ENTROPIE*

**If** Mid(Zone.Name, 1, 3) = "NRL" And -

Not (SWCC = "IND" Or SWCC = "BFA") **Then**

*'Implémentation du compteur du nombre de -  
zones*

```

Zonect = Zonect + 1

'Reformatage du tableau d'analyse en -
fonction du nb de zones
ReDim Preserve TabAnalyse(1 To ZoneResCt, 1 To 6, 1 To Zonect)

'Enregistrement du libellé de la zone
TabAnalyse(1, 1, Zonect) = Mid(Zone.Name, 4)

'ENREGISTREMENT DES VALEURS DE NRL ET -
DIMINUTION DE 10%
If (Com = 1 Or Com = 3 Or Com = 4) Then
  For Each c In Range(Zone)
    Celct = Celct + 1      'compteur de -
                          cellules
    'Enregistrement du niveau de -
    relation pour affichage
    If Celct = 1 Then TabAnalyse(1, 6, Zonect) = c.Value
    ReDim Preserve TabUndoNRL(1 To Celct)
    TabUndoNRL(Celct) = c.Value
    c.Value = 0.9 * c.Value
  Next c

'TEST ENTROPIE

  'Recalcul du modèle
  Call RCCTT

  'Récupération des valeurs de résultat
  For t = 1 To ZoneResCt
    ct = 0
    For Each I In Range(NomZonesRes(t) -
    )
      ct = ct + 1
      RES(ct) = I
    Next

```

*'Enregistre le Résultat Moyen de -  
Référence avant toute action sur -  
les switches*

*'Enregistre l'Aire Entropie du -  
résultat modifié*  
 TabAnalyse(t, 2, Zonect) = AE(RES(1), -  
 RES(2), RES(3), RES(4))  
*'Calcul de la sensibilité*  
 TabAnalyse(t, 3, Zonect) = -10 \* (AER -  
 (t) - TabAnalyse(t, 2, Zonect)) / -  
 AER(t)  
**Next** t

*'RECOLLAGE DES NIVEAUX DE RELATION AVANT -  
TEST*  
 Celct = 0  
**For** Each c In Range(Zone)  
   Celct = Celct + 1     *'compteur de -  
  cellules*  
   c.Value = TabUndoNRL(Celct)  
**Next** c  
**End If**  
**End If**

, -----

Celct = 0

**Next** Zone

NbZones = Zonect *'Enregistrement du Nb de zones SWX pour les -  
boucles affichage de résultats*

```
Zonect = 0
```

```

'REMISE EN PLACE DES VALEURS DE DEPART
For Each Zone In ActiveWorkbook.Names
    If Mid(Zone.Name, 1, 3) = "SWX" Or Mid(Zone.Name, 1, 3) = " _
        SWC" Then
        Zonect = Zonect + 1
        If Not TabUndo(Zonect, 0) = Zone.Name Then MsgBox " _
            Warning, _décalage_de_zones!!"

        'Recollage des valeurs de la zone
        For Each c In Range(Zone)
            Celct = Celct + 1      'compteur de cellules
            c.Value = TabUndo(Zonect, Celct)
        Next c
        Celct = 0
    End If
Next Zone

'Mise à jour du Log
Call ThisWorkbook.InscripLog(Com)

'CREATION D'UN CLASSEUR POUR AFFICHER LES RESULTATS
ct = Application.SheetsInNewWorkbook
Application.SheetsInNewWorkbook = 1
Workbooks.Add

Application.SheetsInNewWorkbook = ct
Dim NoLigne As Byte, NoColonne As Byte

Range("A1").FormulaR1C1 = "Application.Volatile_="
Range("B1").Value = CalComplet

Range("A2").FormulaR1C1 = "CalculateFull_="
Range("B2").Value = CalComplet

Dim ShName As String

For t = 1 To ZoneResCt
    Worksheets.Add.Move after:=Worksheets(Worksheets.Count)

```

```

If Com = 1 Or Com = 3 Or Com = 4 Then
    ShName = "Test_Flou_" & Mid(NomZonesRes(t), 4, 21)
    ActiveSheet.Name = ShName

    'Collage des résultats du test entropie

    For NoLigne = 1 To NbZones
        For NoColonne = 1 To 3
            If NoColonne = 1 Then
                Cells(NoLigne, NoColonne).Value = TabAnalyse( _
                    (1, NoColonne, NoLigne)
            Else
                Cells(NoLigne, NoColonne).Value = TabAnalyse( _
                    t, NoColonne, NoLigne)
            End If
            If NoColonne = 1 And Mid(TabAnalyse(1, 1, _
                NoLigne), 1, 3) = "Rel" Then
                Cells(NoLigne, NoColonne).Activate
                ActiveCell.Range("A1:E1").Select
                With Selection.Interior
                    .ColorIndex = 36
                    .Pattern = xlSolid
                End With
                'Collage du niveau de relation dans la _
                colonne de droite
                Cells(NoLigne, 5) = TabAnalyse(1, 6, NoLigne)
            End If

            'Insertion d 'un signe - dans la colonne de _
            droite pour prévenir du signe de la _
            sensibilité
            If NoColonne = 3 And TabAnalyse(t, 3, NoLigne) _
                < 0 Then
                Cells(NoLigne, NoColonne).Value = Abs( _
                    TabAnalyse(t, NoColonne, NoLigne))
                Cells(NoLigne, 4).Value = "'-"
            End If
        Next NoColonne
    Next NoLigne

    'Formatage des résultats entropie affichés

```



```

Rows("1:1").Select

Selection.Insert Shift:=xlDown
Columns("B:C").Select
Selection.NumberFormat = "0,00"

Range("A1").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "Variable"
    If ChkBFA = 1 Then ActiveCell.AddComment " _
        ATTENTION, _Calcul_avec_Relations_désactivées"
Range("B1").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = AER(t)
ActiveCell.AddComment "Aire_Entropie_(Niveau_de_ _
    flou)_du_Résultat"
Range("C1").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "Sensibilité"
Range("D1").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "Sens_impact"
If (Com = 1 Or Com = 3 Or Com = 4) And _
Not (SWCC = "IND" Or SWCC = "BFA") Then
Range("E1").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "Rappel_Niveau_Relation"
End If

Columns("B:B").Select
Selection.EntireColumn.Hidden = True

Columns("A:A").EntireColumn.AutoFit
Columns("E:E").ColumnWidth = 7.43
Columns("D:D").ColumnWidth = 6.14

Columns("C:C").Select
Selection.Style = "Percent"

Rows("1:1").Select
    With Selection
        .HorizontalAlignment = xlGeneral
        .VerticalAlignment = xlCenter
        .WrapText = True
        .Font.Bold = True
    End With

```

```

Cells.Select
Selection.Sort Key1:=Range("C2"), Order1:= _
    xlDescending, Header:=True, _
    OrderCustom:=1, MatchCase:=False, Orientation:= _
    xlTopToBottom

    'FORMATAGE DU CLASSEUR
    With ActiveSheet.PageSetup
        .CenterHeader = "&16&A"
        If ChkBFA = 1 Then .RightHeader = " _
            &12_Relations_désactivées"
        If Com = 4 Then .RightHeader = "&12_ _
            Niveaux_de_relation_uniquement"
        .RightFooter = "&D"
        .CenterHorizontally = True
        .CenterVertically = False
        .Orientation = xlPortrait
        .Zoom = 100
    End With

Range("A1").Select

If Com = 3 Then Worksheets.Add.Move after:=Worksheets _
    (Worksheets.Count)
End If

If Com = 2 Or Com = 3 Then
    ShName = "Test_Resultat_" & Mid(NomZonesRes(t), 4, _
        17)
    ActiveSheet.Name = ShName

    'Collage des résultats du test RESULTAT

    For NoLigne = 1 To NbZones
        For NoColonne = 1 To 5
            If NoColonne = 1 Then
                Cells(NoLigne, NoColonne).Value = TabAnalyse _
                    (1, NoColonne, NoLigne)
            Else
                Cells(NoLigne, NoColonne).Value = TabAnalyse( _

```

```

        t, NoColonne, NoLigne)
End If

If NoColonne = 1 And Mid(TabAnalyse(1, 1, _
    NoLigne), 1, 3) = "Rel" Then
    Cells(NoLigne, NoColonne).Activate
    With Selection.Interior
        .ColorIndex = 36
        .Pattern = xlSolid
    End With

    ActiveCell.AddComment "L'influence_des_ _
        niveaux_de_relation_n'est_pas_mesurable_ _
        à_travers_ce_test,_mais_elles_ _
        apparaissent_ici_à_titre_de_rappel_"
End If

If NoColonne = 5 And TabAnalyse(t, 5, NoLigne) _
    < 0 Then
    Cells(NoLigne, NoColonne).Value = Abs( _
        TabAnalyse(t, NoColonne, NoLigne))
    Cells(NoLigne, 6).Value = "'-"
End If
Next NoColonne
Next NoLigne

'Formatage des résultats RESULTAT affichés
Rows("1:1").Select
Selection.Insert Shift:=xlDown
Columns("B:C").Select
Selection.NumberFormat = "0,00"

Range("A1").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "Variable"
If ChkBFA = 1 Then ActiveCell.AddComment "ATTENTION _
    ,_Calcul_avec_Relations_désactivées"
If Com = 4 Then ActiveCell.AddComment "ATTENTION,_ _
    Calcul_sur_Niveau_de_Relations_uniquement"
Range("D1").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = RMR(t)
ActiveCell.AddComment "Moyenne_du_Résultat_Moy(L1, _
    U1)"

```

```

Range("E1").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "Sensibilité"
Range("F1").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "Sens_impact"

```

```

Columns("B:C").Delete
Columns("B:B").Select
Selection.NumberFormat = "0"

```

```
Columns("A:A").EntireColumn.AutoFit
```

```

Columns("C:C").Select
Selection.Style = "Percent"

```

```

Rows("1:1").Select
Selection.Font.Bold = True

```

```

Cells.Select
Selection.Sort Key1:=Range("C2"), Order1:= _
    xlDescending, Header:=True, _
    OrderCustom:=1, MatchCase:=False, Orientation:= _
    xlTopToBottom

```

*'FORMATAGE DU CLASSEUR*

```

With ActiveSheet.PageSetup
    .CenterHeader = "&16&A"
    If ChkBFA = 1 Then .RightHeader = "&12_ _
        Relations_désactivées"
    .RightFooter = "&D"
    .CenterHorizontally = True
    .CenterVertically = False
    .Orientation = xlPortrait
    .Zoom = 100
End With

```

```

Range("A1").Select
End If
Next t
Sheets(1).Select
Range("A3").FormulaR1C1 = "Durée_="
Fin = Time
Duree = Fin - Debut

```

```

Range("B3").Value = Duree
Sheets(1).Visible = False
Sheets(2).Select

'Remise XL en mode de calcul initial
Application.Calculation = ModeCalc
FastRun True

Beep
Fin = Time
Duree = Fin - Debut
MsgBox "Le_test_sensibilité_a_duré_" & Duree ', vbInformation
End Sub

' -----
'Fonction de calcul de l'Aire Entropie
Function AE(L0, L1, U1, U0)

AE = 0.5 * ((U1 - L1) + (U0 - L0))

End Function

Private Sub SupprSW()
'Message Warning pour Macro Suppression
Dim Continue As Byte
Dim Zone
Dim c
Continue = MsgBox("La_commande_que_vous_venez_de_choisir_va_ -
supprimer_toutes_les_valeurs_se_trouvant_dans_SWX,_SWC_et_ -
_SWCC._Voulez-vous_continuer?", _
vbYesNo + vbCritical + vbDefaultButton2, "ATTENTION")
If Continue = 7 Then Exit Sub
For Each Zone In ActiveWorkbook.Names
If Mid(Zone.Name, 1, 3) = "SWX" Or Mid(Zone.Name, 1, 3) = " _
SWC" Then
'Mise à zéro
For Each c In Range(Zone)
If Not c.Value = "E" Then
c.Value = ""
End If
Next c
End If
Next Zone

```

**Beep** *'signal de fin de traitement*

**End Sub**

*' -----*  
*'Macro "Recalcule Tout"*

**Private Sub** RCCIT()  
**If** CalComplet = True **Then**  
Application.CalculateFull  
**Else**  
Calculate  
**End If**

**If** Err.Number <> 0 **Then**  
**Beep**  
**MsgBox** Err.Number & vbCrLf & Err.Description & vbCrLf & Err. \_  
HelpContext  
Err.**Clear**

**Exit Sub**

**End If**

**End Sub**

*' -----*

**Private Sub** LanceTestSens1()  
**Call** TestSens(1)  
**End Sub**

*' -----*

**Private Sub** LanceTestSens2()  
**Call** TestSens(2)  
**End Sub**

*' -----*

```

Private Sub LanceTestSens3()
Call TestSens
End Sub

```

```

', -----
Private Sub LanceTestSens4()
Call TestSens(4)
End Sub

```

## D.4 Macro Graphique

### Option Explicit

```

Private Sub MacroGraphique()
' Version 2.4
' MAJ du 30/7/04: Gère en ligne et en colonne, meilleure -
' gestion des intervalles choisis, -
' permet de cumuler les données sur le graphique
' Mise à jour le 10/12/03: nettoyage de certains bugs
' Macro mise à jour le 25/11/03: contient reformatage lignes -
' et colonnes et une légende
' Définition de la taille de la sélection et du sens du NFT

Dim ZoneNFT(1 To 2) As Byte
Dim Horiz As Byte
ZoneNFT(1) = Selection.Rows.Count
ZoneNFT(2) = Selection.Columns.Count

' Définition du format de la zone de cellules sélectionnée -
' pour en déduire si les -
' données sont en lignes ou en colonnes

If ZoneNFT(1) = 4 And ZoneNFT(2) = 4 Then
    Horiz = MsgBox("_Les_données_sont_elles_enregistrées_en_ -
    ligne?", vbYesNo + _
    vbQuestion, "Format_ambigu")
ElseIf ZoneNFT(1) = 4 Then                                'Données en ligne
    Horiz = 6
ElseIf ZoneNFT(2) = 4 Then                                'Données en colonnes
    Horiz = 7
Else

```

```

MsgBox "La taille de la zone que vous avez sélectionné _
    est incompatible avec _
    "le traçage de la courbe floue! _" & _
    "Un nombre flou trapézoïdal a quatre coordonnées (donc l' _
    une des dimensions de votre sélection doit être de 4)" _
    , vbExclamation, "Traitement impossible"
Exit Sub
End If

'Enregistrement du nb de périodes
Dim NbPeriodes As Byte

If Horiz = 6 Then NbPeriodes = ZoneNFT(2)
If Horiz = 7 Then NbPeriodes = ZoneNFT(1)

'Demande si données doivent être cumulées
Dim CumulSW As Integer
If NbPeriodes > 1 Then _
CumulSW = MsgBox("Voulez-vous cumuler les valeurs des _
    colonnes sélectionnées dans votre graphique? _", vbYesNo _
+ vbQuestion + vbDefaultButton2, "Affichage Mensuel/_Cumulé") _
    'Oui= 6, Non = 7

'Création de la matrice et stockage des valeurs sélectionnées
Dim MatSerieFloue() As Currency
ReDim MatSerieFloue(1 To 4, 1 To NbPeriodes)

Dim PremLigne As Byte, DerLigne As Byte, PremColonne As Byte, _
    DerColonne As Byte

Dim CoordCellule As Object, CoordZone As Object

With Selection
    PremLigne = .Row
    DerLigne = PremLigne + .Rows.Count - 1
    PremColonne = .Column
    DerColonne = PremColonne + .Columns.Count - 1
End With

```



```

    'Enregistrement des valeurs (lorsqu'elles sont en ligne) -
      dans la matrice MatSerieFloue
Dim ligne As Integer, colonne As Integer

If Horiz = 6 Then
    For ligne = 1 To 4
        For colonne = 1 To NbPeriodes
            If CumulSW = 6 And colonne > 1 Then
                MatSerieFloue(ligne, colonne) = Cells(ligne + _
                    PremLigne - 1, colonne + PremColonne - 1). _
                    Value + _
                    MatSerieFloue(ligne, colonne - 1)
            Else
                MatSerieFloue(ligne, colonne) = Cells(ligne + _
                    PremLigne - 1, colonne + PremColonne - 1) _
                    .Value
            End If
        Next colonne
    Next ligne
Else
    'Cas où les données sont enregistrées verticalement
    For ligne = 1 To 4
        For colonne = 1 To NbPeriodes
            If CumulSW = 6 And colonne > 1 Then
                MatSerieFloue(ligne, colonne) = Cells(colonne + _
                    PremLigne - 1, ligne + PremColonne - 1).Value _
                    + _
                    MatSerieFloue(ligne, colonne - 1)
            Else
                MatSerieFloue(ligne, colonne) = Cells(colonne -
                    + PremLigne - 1, ligne + PremColonne - 1) _
                    .Value
            End If
        Next colonne
    Next ligne
End If

```

*'Détermination de U0Max et L0Min*

```

Dim ChkMkr As Byte

```

```

Dim NoColonne As Byte, NoLigne As Byte
Dim U0Max, L0Min As Currency
ChkMkr = 0
For NoColonne = 1 To NbPeriodes
    For NoLigne = 1 To 4
        If ChkMkr = 0 Then
            U0Max = MatSerieFloue(NoLigne, NoColonne)
            L0Min = U0Max
            ChkMkr = 1
        Else
            L0Min = Application.WorksheetFunction.Min( _
                MatSerieFloue(NoLigne, NoColonne), L0Min)
            U0Max = Application.WorksheetFunction.Max( _
                MatSerieFloue(NoLigne, NoColonne), U0Max)
        End If
    Next NoLigne
Next NoColonne

    'Calcul de l'intervalle de valeurs maximum à couvrir et _
    'division par 50
    Dim Intervalle 'As Long 'As Integer empêchent le calcul de _
    'Len!!
    Dim Inter(0 To 4) As Currency
    Intervalle = (U0Max - L0Min) / 50
    Inter(0) = Intervalle

    'Arrondissement de l'intervalle par une valeur plus _
    'avantageuse
    'Définition du nb de caractères dans le chiffre représentant _
    'l'intervalle

    Dim ResLen As Currency

    ResLen = Len(Int(Intervalle)) - 1      'Nécessite -1 au lieu _
    'de -2 ds worksheet, peut être parce que DIM as Long?

    Dim ResPower As Currency

    ResPower = 10 ^ ResLen

```

```
Inter(1) = Application.WorksheetFunction.Ceiling(Intervalle, _
    5 * ResPower)
```

```
Inter(2) = 2.5 * 10 ^ ResLen
```

```
Inter(3) = Inter(1) / 2
```

```
Inter(4) = 10 ^ ResLen
```

```
Dim IntMin As Currency, MkrMin As Byte
```

```
'Recherche de l'intervalle pour l'affichage le plus proche de _  
l'intervalle réel
```

```
IntMin = Abs(Inter(1) - Inter(0)): MkrMin = 1
```

```
Dim ct As Byte
```

```
For ct = 2 To 4
```

```
    If Abs(Inter(ct) - Inter(0)) < IntMin Then IntMin = Abs( _  
        Inter(ct) - Inter(0)): MkrMin = ct
```

```
Next ct
```

```
Intervalle = Inter(MkrMin)
```

```
'CREATION ET RENSEIGNEMENT DE LA MATRICE DE GRAPHIQUE
```

```
'Calcul du nombre de lignes de la nouvelle matrice
```

```
Dim NbLignes As Byte
```

```
NbLignes = Application.WorksheetFunction.RoundUp(( _  
    U0Max - L0Min) / Intervalle, 0) + 2
```

```
'Création de la Matrice de Graphique
```

```
Dim MatGraph()
```

```
ReDim MatGraph(1 To NbLignes + 1, 1 To NbPeriodes + _  
    1)
```

```
'Calcul de la première valeur de la matrice, U0
```

```

Dim U0, Etiq As Long
U0 = Application.WorksheetFunction.RoundUp((U0Max) / _
    Intervalle, 0) * Intervalle

```

*'Placement de l'échelle des valeurs dans la Matrice*

```

MatGraph(1, 1) = U0
Etiq = U0
For ligne = 2 To NbLignes
    Etiq = Etiq - Intervalle
    MatGraph(ligne, 1) = Etiq
Next ligne

```

*'Placement de l'échelle des périodes dans la matrice*

```

Etiq = 1
MatGraph(NbLignes + 1, 2) = Etiq
For colonne = 3 To NbPeriodes + 1
    Etiq = Etiq + 1
    MatGraph(NbLignes + 1, colonne) = Etiq
Next colonne

```

*'Remplissage des degrés d'appartenance dans la \_  
matrice graphique*

```

For ligne = 1 To NbLignes
    For colonne = 2 To NbPeriodes + 1
        If (MatSerieFloue(2, colonne - 1) >= MatGraph( _
            ligne, 1) - 0.5 * Intervalle And _
            MatSerieFloue(2, colonne - 1) < MatGraph( _
                ligne, 1) + 0.5 * Intervalle) Or _
            (MatSerieFloue(3, colonne - 1) >= MatGraph( _
                ligne, 1) - 0.5 * Intervalle And _
            MatSerieFloue(3, colonne - 1) < MatGraph( _
                ligne, 1) + 0.5 * Intervalle) Then
            MatGraph(ligne, colonne) = 1
        ElseIf (MatSerieFloue(1, colonne - 1) >= _
            MatGraph(ligne, 1) - 0.5 * Intervalle And _
            _
            MatSerieFloue(1, colonne - 1) < MatGraph( _
                ligne, 1) + 0.5 * Intervalle) Or _
            (MatSerieFloue(4, colonne - 1) >= MatGraph( _
                ligne, 1) - 0.5 * Intervalle And _
            MatSerieFloue(4, colonne - 1) < MatGraph( _

```

```

    ligne , 1) + 0.5 * Intervalle) Then
        MatGraph(ligne , colonne) = 0.001
ElseIf MatGraph(ligne , 1) > MatSerieFloue(1, _
    colonne - 1) And _
    MatGraph(ligne , 1) < MatSerieFloue(2, colonne -
    - 1) Then
        MatGraph(ligne , colonne) = (MatGraph( _
            ligne , 1) - MatSerieFloue(1, colonne - _
            1)) / -
            (MatSerieFloue(2, colonne - 1) - _
            MatSerieFloue(1, colonne - 1))
ElseIf MatGraph(ligne , 1) > MatSerieFloue(3, _
    colonne - 1) And _
    MatGraph(ligne , 1) < MatSerieFloue(4, _
    colonne - 1) Then
        MatGraph(ligne , colonne) = (MatSerieFloue _
            (4, colonne - 1) - MatGraph(ligne , 1)) -
            / -
            (MatSerieFloue(4, colonne - 1) - _
            MatSerieFloue(3, colonne - 1))
ElseIf MatGraph(ligne , 1) > MatSerieFloue(2, _
    colonne - 1) And _
    MatGraph(ligne , 1) < MatSerieFloue(3, _
    colonne - 1) Then
        MatGraph(ligne , colonne) = 1
End If
Next colonne
Next ligne

```

*'Mise à jour du log*

**Call** ThisWorkbook.InscripLog(5)

*'CREATION D'UN CLASSEUR POUR AFFICHER LES RESULTATS*

**Dim** NouvClasseur As Object

ct = Application.SheetsInNewWorkbook

Application.SheetsInNewWorkbook = 1

**Set** NouvClasseur = Excel.Application.Workbooks.**Add**

Application.SheetsInNewWorkbook = ct

```

'Nomme la feuille active
ActiveSheet.Name = "Graphique"

```

```

'Edition de la matrice de graphique
For NoLigne = 1 To NbLignes + 1
  For NoColonne = 1 To NbPeriodes + 1
    Cells(NoLigne, NoColonne).Value = MatGraph( _
      NoLigne, NoColonne)
    With Cells(NoLigne, NoColonne).Interior
      If Cells(NoLigne, NoColonne).Value > 0 _
        And Cells(NoLigne, NoColonne).Value <= _
          0.2 Then
        .ColorIndex = 36
      ElseIf Cells(NoLigne, NoColonne).Value > _
        0.2 And Cells(NoLigne, _
          NoColonne).Value <= 0.4 Then
        .ColorIndex = 6
      ElseIf Cells(NoLigne, NoColonne).Value > _
        0.4 And Cells(NoLigne, _
          NoColonne).Value <= 0.6 Then
        .ColorIndex = 3
      ElseIf Cells(NoLigne, NoColonne).Value > _
        0.6 And Cells(NoLigne, _
          NoColonne).Value <= 0.8 Then
        .ColorIndex = 41
      ElseIf Cells(NoLigne, NoColonne).Value > _
        0.8 And Cells(NoLigne, _
          NoColonne).Value < 1 Then
        .ColorIndex = 11
      ElseIf Cells(NoLigne, NoColonne).Value = _
        1 And NoLigne <> NbLignes + 1 Then
        .ColorIndex = 1
      End If
      .Pattern = xlSolid
    End With
  Next NoColonne
Next NoLigne

```

```

'Formatage du tableau

```

```
ActiveCell.CurrentRegion.Select
Selection.ColumnWidth = 2.14
Selection.RowHeight = 11
```

```
With Selection.Font
    .Name = "Arial"
    .Size = 8
    .Strikethrough = False
    .Superscript = False
    .Subscript = False
    .OutlineFont = False
    .Shadow = False
    .Underline = xlUnderlineStyleNone
    .ColorIndex = xlAutomatic
```

```
End With
```

```
Selection.NumberFormat = "0.0"
```

```
'Sélection du bas droit du graphe pour légende
Cells(NbLignes - 2, NbPeriodes + 3).Select
```

```
'Placement de la légende
ActiveCell.Columns("A:A").EntireColumn.ColumnWidth = 2.57
Selection.Borders(xlDiagonalDown).LineStyle = xlNone
Selection.Borders(xlDiagonalUp).LineStyle = xlNone
With Selection.Borders(xlEdgeLeft)
    .LineStyle = xlContinuous
    .Weight = xlThin
    .ColorIndex = xlAutomatic
End With
With Selection.Borders(xlEdgeTop)
    .LineStyle = xlContinuous
    .Weight = xlThin
    .ColorIndex = xlAutomatic
End With
With Selection.Borders(xlEdgeBottom)
    .LineStyle = xlContinuous
    .Weight = xlThin
```

```

        .ColorIndex = xlAutomatic
End With
With Selection.Borders(xlEdgeRight)
    .LineStyle = xlContinuous
    .Weight = xlThin
    .ColorIndex = xlAutomatic
End With
ActiveCell.Offset(0, 1).Range("A1").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "Non_prévu"
ActiveCell.Select
With Selection.Font
    .Name = "Arial"
    .Size = 9
    .Strikethrough = False
    .Superscript = False
    .Subscript = False
    .OutlineFont = False
    .Shadow = False
    .Underline = xlUnderlineStyleNone
    .ColorIndex = xlAutomatic
End With
ActiveCell.Offset(-2, -1).Range("A1").Select
Selection.Borders(xlDiagonalDown).LineStyle = xlNone
Selection.Borders(xlDiagonalUp).LineStyle = xlNone
With Selection.Borders(xlEdgeLeft)
    .LineStyle = xlContinuous
    .Weight = xlThin
    .ColorIndex = xlAutomatic
End With
With Selection.Borders(xlEdgeTop)
    .LineStyle = xlContinuous
    .Weight = xlThin
    .ColorIndex = xlAutomatic
End With
With Selection.Borders(xlEdgeBottom)
    .LineStyle = xlContinuous
    .Weight = xlThin
    .ColorIndex = xlAutomatic
End With
With Selection.Borders(xlEdgeRight)
    .LineStyle = xlContinuous
    .Weight = xlThin
    .ColorIndex = xlAutomatic

```



```

End With
With Selection.Interior
    .ColorIndex = 36
    .Pattern = xlSolid
End With
ActiveCell.Offset(0, 1).Range("A1").Select
With Selection.Font
    .Name = "Arial"
    .Size = 9
    .Strikethrough = False
    .Superscript = False
    .Subscript = False
    .OutlineFont = False
    .Shadow = False
    .Underline = xlUnderlineStyleNone
    .ColorIndex = xlAutomatic
End With
ActiveCell.FormulaR1C1 = "Quasi_impossible"
ActiveCell.Offset(-2, -1).Range("A1").Select
Selection.Borders(xlDiagonalDown).LineStyle = xlNone
Selection.Borders(xlDiagonalUp).LineStyle = xlNone
With Selection.Borders(xlEdgeLeft)
    .LineStyle = xlContinuous
    .Weight = xlThin
    .ColorIndex = xlAutomatic
End With
With Selection.Borders(xlEdgeTop)
    .LineStyle = xlContinuous
    .Weight = xlThin
    .ColorIndex = xlAutomatic
End With
With Selection.Borders(xlEdgeBottom)
    .LineStyle = xlContinuous
    .Weight = xlThin
    .ColorIndex = xlAutomatic
End With
With Selection.Borders(xlEdgeRight)
    .LineStyle = xlContinuous
    .Weight = xlThin
    .ColorIndex = xlAutomatic
End With
With Selection.Interior
    .ColorIndex = 6

```

```
.Pattern = xlSolid
End With
ActiveCell.Offset(0, 1).Range("A1").Select
With Selection.Font
    .Name = "Arial"
    .Size = 9
    .Strikethrough = False
    .Superscript = False
    .Subscript = False
    .OutlineFont = False
    .Shadow = False
    .Underline = xlUnderlineStyleNone
    .ColorIndex = xlAutomatic
End With
ActiveCell.FormulaR1C1 = "Plutôt_impossible"
ActiveCell.Offset(-2, -1).Range("A1").Select
Selection.Borders(xlDiagonalDown).LineStyle = xlNone
Selection.Borders(xlDiagonalUp).LineStyle = xlNone
With Selection.Borders(xlEdgeLeft)
    .LineStyle = xlContinuous
    .Weight = xlThin
    .ColorIndex = xlAutomatic
End With
With Selection.Borders(xlEdgeTop)
    .LineStyle = xlContinuous
    .Weight = xlThin
    .ColorIndex = xlAutomatic
End With
With Selection.Borders(xlEdgeBottom)
    .LineStyle = xlContinuous
    .Weight = xlThin
    .ColorIndex = xlAutomatic
End With
With Selection.Borders(xlEdgeRight)
    .LineStyle = xlContinuous
    .Weight = xlThin
    .ColorIndex = xlAutomatic
End With
With Selection.Interior
    .ColorIndex = 3
    .Pattern = xlSolid
End With
ActiveCell.Offset(0, 1).Range("A1").Select
```

```

With Selection.Font
    .Name = "Arial"
    .Size = 9
    .Strikethrough = False
    .Superscript = False
    .Subscript = False
    .OutlineFont = False
    .Shadow = False
    .Underline = xlUnderlineStyleNone
    .ColorIndex = xlAutomatic
End With
ActiveCell.FormulaR1C1 = "Indéterminable"
ActiveCell.Offset(-2, -1).Range("A1").Select
Selection.Borders(xlDiagonalDown).LineStyle = xlNone
Selection.Borders(xlDiagonalUp).LineStyle = xlNone
With Selection.Borders(xlEdgeLeft)
    .LineStyle = xlContinuous
    .Weight = xlThin
    .ColorIndex = xlAutomatic
End With
With Selection.Borders(xlEdgeTop)
    .LineStyle = xlContinuous
    .Weight = xlThin
    .ColorIndex = xlAutomatic
End With
With Selection.Borders(xlEdgeBottom)
    .LineStyle = xlContinuous
    .Weight = xlThin
    .ColorIndex = xlAutomatic
End With
With Selection.Borders(xlEdgeRight)
    .LineStyle = xlContinuous
    .Weight = xlThin
    .ColorIndex = xlAutomatic
End With
With Selection.Interior
    .ColorIndex = 5
    .Pattern = xlSolid
End With
Selection.Interior.ColorIndex = 41
ActiveCell.Offset(0, 1).Range("A1").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "Plutôt_possible"
ActiveCell.Select

```

```

With Selection.Font
    .Name = "Arial"
    .Size = 9
    .Strikethrough = False
    .Superscript = False
    .Subscript = False
    .OutlineFont = False
    .Shadow = False
    .Underline = xlUnderlineStyleNone
    .ColorIndex = xlAutomatic
End With
ActiveCell.Offset(-2, -1).Range("A1").Select
Selection.Borders(xlDiagonalDown).LineStyle = xlNone
Selection.Borders(xlDiagonalUp).LineStyle = xlNone
With Selection.Borders(xlEdgeLeft)
    .LineStyle = xlContinuous
    .Weight = xlThin
    .ColorIndex = xlAutomatic
End With
With Selection.Borders(xlEdgeTop)
    .LineStyle = xlContinuous
    .Weight = xlThin
    .ColorIndex = xlAutomatic
End With
With Selection.Borders(xlEdgeBottom)
    .LineStyle = xlContinuous
    .Weight = xlThin
    .ColorIndex = xlAutomatic
End With
With Selection.Borders(xlEdgeRight)
    .LineStyle = xlContinuous
    .Weight = xlThin
    .ColorIndex = xlAutomatic
End With
With Selection.Interior
    .ColorIndex = 11
    .Pattern = xlSolid
End With
ActiveCell.Offset(0, 1).Range("A1").Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "Quasi_prévu"
ActiveCell.Select
ActiveCell.FormulaR1C1 = "Quasi_possible"
ActiveCell.Select

```

```

With Selection.Font
    .Name = "Arial"
    .Size = 9
    .Strikethrough = False
    .Superscript = False
    .Subscript = False
    .OutlineFont = False
    .Shadow = False
    .Underline = xlUnderlineStyleNone
    .ColorIndex = xlAutomatic
End With
ActiveCell.Offset(-2, -1).Range("A1").Select
Selection.Borders(xlDiagonalDown).LineStyle = xlNone
Selection.Borders(xlDiagonalUp).LineStyle = xlNone
With Selection.Borders(xlEdgeLeft)
    .LineStyle = xlContinuous
    .Weight = xlThin
    .ColorIndex = xlAutomatic
End With
With Selection.Borders(xlEdgeTop)
    .LineStyle = xlContinuous
    .Weight = xlThin
    .ColorIndex = xlAutomatic
End With
With Selection.Borders(xlEdgeBottom)
    .LineStyle = xlContinuous
    .Weight = xlThin
    .ColorIndex = xlAutomatic
End With
With Selection.Borders(xlEdgeRight)
    .LineStyle = xlContinuous
    .Weight = xlThin
    .ColorIndex = xlAutomatic
End With
With Selection.Interior
    .ColorIndex = 1
    .Pattern = xlSolid
End With
ActiveCell.Offset(0, 1).Range("A1").Select
With Selection.Font
    .Name = "Arial"
    .Size = 9
    .Strikethrough = False

```

```

        .Superscript = False
        .Subscript = False
        .OutlineFont = False
        .Shadow = False
        .Underline = xlUnderlineStyleNone
        .ColorIndex = xlAutomatic
End With
ActiveCell.FormulaR1C1 = "Prévu"
ActiveCell.Offset(1, 0).Range("A1").Select

'Formatage première colonne
Columns("A:A").Select
With Selection.Font
    .Name = "Arial"
    .Size = 9
    .Strikethrough = False
    .Superscript = False
    .Subscript = False
    .OutlineFont = False
    .Shadow = False
    .Underline = xlUnderlineStyleNone
    .ColorIndex = xlAutomatic
End With
Columns("A:A").EntireColumn.AutoFit

    Beep 'Signal de fin de traitement
End Sub

```



# Annexe E

## Détails de calcul des modèles

### E.1 Détail du calcul des coûts unitaires des processus d'ATEA - Données Réalisé

#### Processus Gestion des commandes

	Catégorie 1	Catégorie 3	Total
Ressources consommées	1 504 000	2 420 500	3 924 500
<b>Coût de l'unité d'œuvre</b>	<b>4 700</b>		

#### Processus Gestion des Lots

	Catégorie 1	Catégorie 3	Total
Nombre Moteurs Vendus	23 600	7 700	31 300
Taille Moyenne des lots	25	20	
Nombre de lots	944	385	1 329
Ressources consommées	1 699 200	693 000	2 392 200
<b>Coût de l'unité d'œuvre</b>			<b>1 800</b>

#### Processus Gestion des Références



	Moteurs Standards	Total
Nombre de Références	70	70
Ressources	2 100 000	2 100 000
Coût de l'unité d'œuvre		30 000
Coût par moteur	67,09 €	

### Processus Gestion des commandes

	Catégorie 1	Catégorie 3	Total
Nombre Moteurs	23 600	7 700	31 300
Ressources	1 583 387	516 613	2 100 000

## E.2 Détail du calcul des coûts unitaires des processus d'ATEA - Données prévisionnelles, modèle flou

<b>Gest. des Cdes Min Conc.</b>	3 008 783	<sup>640</sup> Nb de cdes <b>4 700 €</b>	<i>Quantité</i> Montant	<sup>192</sup> 902 400	<sup>53<sup>b</sup></sup> 250 667	<sup>309</sup> 1 452 300	<sup>86</sup> 403 417
<b>Gest. des Cdes Min vrais.</b>	5 101 850	<sup>1 086</sup> Nb de cdes <b>4 700 €</b>	<i>Quantité</i> Montant	<sup>224</sup> 1 052 800	<sup>192</sup> 902 400	<sup>360,5</sup> 1 694 350	<sup>309</sup> 1 452 300
<b>Gest. des Cdes Max vrais.</b>	8 045 225	<sup>1 712</sup> Nb de cdes <b>4 700 €</b>	<i>Quantité</i> Montant	<sup>272</sup> 1 278 400	<sup>384</sup> 1 804 800	<sup>437,75</sup> 2 057 425	<sup>618</sup> 2 904 600
<b>Gest. des Cdes Max Conc.</b>	11 577 275	<sup>2 463</sup> Nb de cdes <b>4 700 €</b>	<i>Quantité</i> Montant	<sup>304</sup> 1 428 800	<sup>640</sup> 3 008 000	<sup>489,25</sup> 2 299 475	<sup>1030</sup> 4 841 000

<sup>a</sup>2 360 Moteurs (prévision minimum concevable) / 44,3 (nombre de produits par commande maximum concevable = 53 (nombre de commandes minimum concevable). Cf. Arithmétique floue, section 2.1.6 page 101.

<sup>b</sup>2 360 Moteurs (prévision minimum concevable) / 44,3 (nombre de produits par commande maximum concevable = 53 (nombre de commandes minimum concevable). Cf. Arithmétique floue, section 2.1.6 page 101.

<b>Gestion des Lots Min Conc.</b>	1 834 020	<i>1 019</i> Nb lots en fab. <b>1 800 €</b>	<i>Quantité</i> Montant	<i>566,4</i> 1 019 520	<i>157</i> 283 200	<i>231</i> 415 800	<i>64</i> 115 500
<b>Gestion des Lots Min Vrais.</b>	3 109 860	<i>1 728</i> Nb lots en fab. <b>1 800 €</b>	<i>Quantité</i> Montant	<i>660,8</i> 1 189 440	<i>566</i> 1 019 520	<i>269,5</i> 485 100	<i>231</i> 415 800
<b>Gestion des Lots Max Vrais.</b>	4 904 010	<i>2 724</i> Nb lots en fab. <b>1 800 €</b>	<i>Quantité</i> Montant	<i>802,4</i> 1 444 320	<i>1 133</i> 2 039 040	<i>327,25</i> 589 050	<i>462</i> 831 600
<b>Gestion des Lots Max Conc.</b>	7 056 990	<i>3 921</i> Nb lots en fab. <b>1 800 €</b>	<i>Quantité</i> Montant	<i>896,8</i> 1 614 240	<i>1 888</i> 3 398 400	<i>365,75</i> 658 350	<i>770</i> 1 386 000

<b>Gestion des Refs Min Conc.</b>	1 551 316	<i>260</i> Nb de refs	<i>Quantité</i> Montant	<i>70</i> 1 000 034	<i>60</i> 169 649	<i>70</i> 326 282	<i>60</i> 55 351
Répart. / nb pduits		<b>5 966,60 €</b>	Coût / Unité	70,62 €	71,88 €	70,62 €	71,88 €
<b>Gestion des Refs Min Vrais.</b>	2 929 412	Nb de refs <b>9 764,71 €</b>	<i>Quantité</i> Montant	<i>70</i> 1 303 965	<i>80</i> 904 792	<i>70</i> 425 446	<i>80</i> 295 208
			Coût / Unité	78,93 €	127,80 €	78,93 €	127,80 €
<b>Gestion des Refs Max Vrais.</b>	10 350 000	Nb de refs <b>25 875 €</b>	<i>Quantité</i> Montant	<i>70</i> 1 922 684	<i>130</i> 5 881 150	<i>70</i> 627 316	<i>130</i> 1 918 850
			Coût / Unité	95,85 €	415,34 €	95,85 €	415,34 €
<b>Gestion des Refs Max Conc.</b>	39 325 000	<i>440</i> Nb de refs <b>89 375 €</b>	<i>Quantité</i> Montant	<i>70</i> 2 507 029	<i>150</i> 27 143 770	<i>70</i> 817 971	<i>150</i> 8 856 230
			Coût / Unité	111,82 €	1 437,70 €	111,82 €	1 437,70 €

### **E.3    Détail des calculs de Constructions pour Location, valeurs initiales**

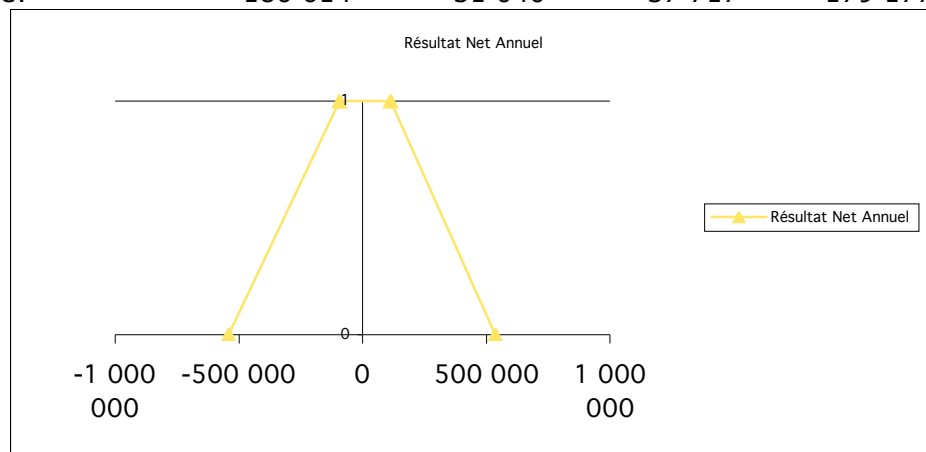
# Valeurs pr test sensibilité

	L0	L1	U1	U0
Nombre de m2 construits	240	270	330	360
Ct Gros Œuvre / m2	6 000	7 000	8 000	9 000
Ct Finitions / m2	0	0	0	0
Honoraires de l'architecte	136 080	215 280	257 400	375 840
Ct du permis de construire	0	0	0	0
Prix des terrains achetés en +	0	0	250 000	400 000
<b>Coût total du projet</b>	1 648 080	2 368 080	2 847 400	3 907 840
Montant de l'apport	0	0	0	0
<b>Montant à financer</b>	1 648 080	2 368 080	2 847 400	3 907 840

Taux d'intérêt	4,0	4,5	6,5	8,0
Durée de l'emprunt	20	20	20	20
<b>Annuités d'emprunt</b>	121 269	182 049	264 599	398 022
soit par mois et par actionnaire:	3369	5057	7350	11056

Loyer Mensuel	15 000	22 500	30 000	39 000
Nombre de mois de location dans l'année	0	8	12	18
<b>Loyers perçus</b>	0	216000	295200	658800
<b>Marge sur Amort d'Emprunt</b>	-398 022	-48 599	113 151	537 531

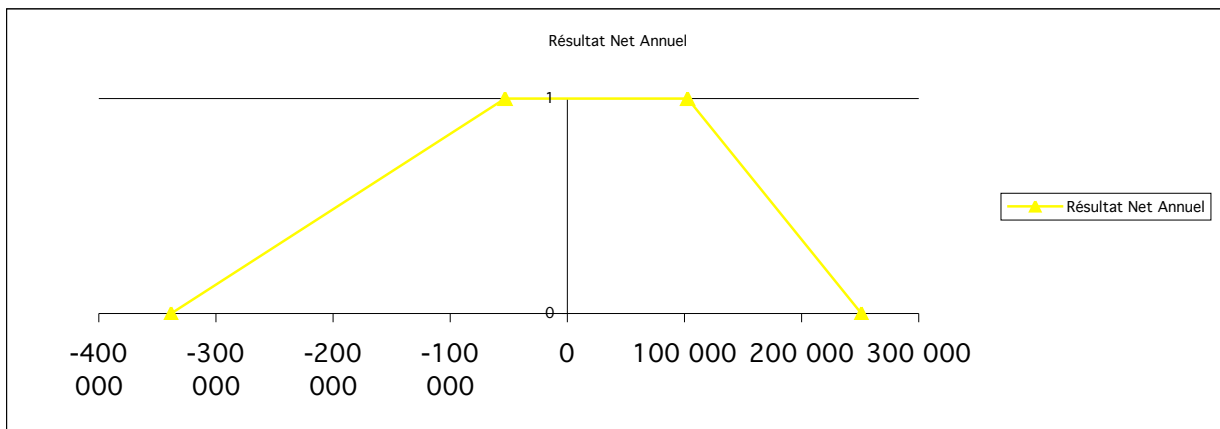
Taxe Foncière	0	0	10 000	15 000
Coûts mandat Agence Immo (% Loyers)	0	0	7	10
Soit coûts mandat en FRF	0	0	20664	65880
Garantie Loyers (% Loyers)	0	0	3	5
Soit coûts garantie en FRF	0	0	8856	32940
Travaux d'Entretien	0	0	5 000	30 000
<b>Résultat Net Annuel</b>	-541 842	-93 119	113 151	537 531
soit bénéfice par actionnaire:	-180 614	-31 040	37 717	179 177



## **E.4    Détail des calculs de Constructions pour Location, valeurs mises à jour suite à enquête**

## Valeurs Brutes

	L0	L1	U1	U0
Nombre de m2 construits	270	300	330	360
Ct Gros Œuvre / m2	4 500	5 000	7 000	10 000
Ct Finitions / m2	0	0	0	0
Honoraires de l'architecte	62 775	130 896	254 100	421 200
Ct du permis de construire				
Prix des terrains achetés en +			250 000	400 000
<b>Coût total du projet</b>	1 318 275	1 767 096	2 814 100	4 331 200
Montant de l'apport				
<b>Montant à financer</b>	1 318 275	1 767 096	2 814 100	4 331 200
soit prix par maison	439 425	589 032	938 033	1 443 733
Taux d'intérêt	4	5	6,5	8
Durée de l'emprunt	20	20	30	30
<b>Annuités d'emprunt</b>	97 001	141 212	237 659	392 344
soit par mois et par actionnaire:	2 694	3 923	6 602	10 898
Loyer Mensuel	18 000	21 000	27 000	30 000
Nombre de mois de location dans l'	8	10	12	12
<b>Loyers perçus</b>	151200	224640	252000	348000
<b>Marge sur Amort d'Emprunt</b>	-241 144	-13 019	110 788	250 999
Taxe Foncière	0	0	10 000	15 000
Coûts mandat Agence Immo (% Lo	0	0	7	10
Soit coûts mandat en FRF	0	4492,8	17640	34800
Garantie Loyers (% Loyers)	0	0	3	5
Soit coûts garantie en FRF	0	3369,6	7560	17400
Travaux d'Entretien	0	0	5 000	30 000
<b>Résultat Net Annuel</b>	-338 344	-53 219	102 925	250 999
soit bénéfice par actionnaire:	-112 781	-17 740	34 308	83 666
soit par mois par actionnaire:	-9 398	-1 478	2 859	6 972





# Annexe F

## CD-ROM

Le CD-ROM joint à la thèse contient les fichiers suivants :

- une *version électronique* .PDF de la thèse ;
- le répertoire *CalcFlou* contient la première et la dernière version du calculateur flou ;
- le répertoire *Modeles* contient une série d'exemples évoqués dans le chapitre 5.

La version .PDF de la thèse contient tous les fichiers du CD-ROM, pour les ouvrir il faut cliquer deux fois dessus. Autre possibilité, en cliquant avec le bouton droit de la souris sur les liens menant à ces fichiers, un menu contextuel apparaît, ce menu permet d'enregistrer les fichiers sous le répertoire de son choix. Le lecteur .PDF Adobe Acrobat Reader (gratuit, version 4.0 au minimum) est conseillé pour accéder aux fichiers intégrés, certains lecteurs .PDF ne proposant pas cette fonction (norme PDF 1.3). En outre, une lecture de ce document *en ligne* à l'aide d'un butineur utilisant le module d'extension d'Adobe Acrobat Reader peut également empêcher l'accès aux fichiers intégrés, il est donc préférable de télécharger ce document sur un volume interne de l'ordinateur avec lequel il sera lu, et de le lire avec le logiciel Adobe Acrobat Reader lui-même.

Pour retrouver les différents fichiers intégrés à la version .PDF du document, lancer une recherche sur la chaîne de caractères « .xl ».





# Table des matières

<b>Introduction Générale</b>	<b>3</b>
<b>I Fondements théoriques et démarche de la recherche</b>	<b>11</b>
<b>1 Fondements théoriques des outils de contrôle</b>	<b>15</b>
1.1 Les outils de contrôle de gestion : origines, évolutions récentes et limites .	16
1.1.1 Des outils hérités d'une vision mécaniste . . . . .	16
1.1.1.1 Les débuts de la comptabilité industrielle . . . . .	16
1.1.1.2 Une logique de gestion exclusivement tournée vers la production . . . . .	17
1.1.1.3 L'entrée dans le paradigme de l'entreprise de « forme M »	18
1.1.1.4 Les principales caractéristiques des outils traditionnels . .	19
1.1.2 Un environnement en mutation . . . . .	20
1.1.2.1 Une production dont l'écoulement n'est plus « automatique » . . . . .	20
1.1.2.2 Une production multiproduits et des produits aux caractéristiques de plus en plus modulables . . . . .	21
1.1.2.3 Une prédominance des coûts qui bascule de la production vers les fonctions de support . . . . .	21
1.1.2.4 Des produits au cycle de vie de plus en plus court . . . .	21
1.1.2.5 Une concurrence mondiale, avec des marges bénéficiaires qui tendent vers zéro . . . . .	22

1.1.2.6	Des frontières organisationnelles qui s'estompent . . . . .	23
1.1.2.7	Une économie en voie de « tertiarisation » . . . . .	24
1.1.2.8	Une modification profonde du processus de création de valeur . . . . .	24
1.1.2.9	L'avènement de l'entreprise citoyenne . . . . .	24
1.1.3	Des informations incertaines . . . . .	25
1.1.3.1	Incertitude et imprécision . . . . .	26
1.1.3.2	L'incertitude comme opportunité . . . . .	29
1.1.3.3	L'incertitude dans le projet d'entreprendre . . . . .	29
1.1.4	Les limites classiquement reprochées aux outils traditionnels . . . .	31
1.1.4.1	Distorsions liées au modèle économique . . . . .	31
1.1.4.2	Distorsions liées au modèle de calcul . . . . .	36
1.1.5	L'ABC : un renouvellement inachevé . . . . .	40
1.1.5.1	Principaux apports de l'ABC . . . . .	41
1.1.5.2	Limites et difficultés de la méthode ABC . . . . .	49
1.2	Limites persistantes des outils de contrôle de gestion face à l'incertitude de l'environnement et aux caractéristiques de ses utilisateurs . . . . .	61
1.2.1	La difficulté à gérer l'incertain et le non-quantifiable . . . . .	62
1.2.1.1	La remise en cause du Contrôle Budgétaire . . . . .	64
1.2.1.2	Le statut particulier des plans d'affaires . . . . .	66
1.2.1.3	La gêne causée par l'incertitude . . . . .	67
1.2.1.4	La « myopie » des outils du contrôle en situation d'in- certitude . . . . .	69
1.2.1.5	Accepter l'incertitude plutôt que de la contourner ? . . . .	70
1.2.2	Les difficultés « d'interfaçage » avec le mode de fonctionnement de ses utilisateurs . . . . .	73
1.2.2.1	Les biais cognitifs . . . . .	75
1.2.2.2	Les représentations mentales . . . . .	78
1.2.2.3	Les représentations-artefacts . . . . .	80

**2 Propositions d'amendements au contrôle de gestion 87**

2.1	Présentation de l'application des mathématiques floues au domaine de la comptabilité – contrôle de gestion . . . . .	89
2.1.1	Théorie de la mesure et calcul de coûts . . . . .	89
2.1.2	Les limites de l'arithmétique élémentaire . . . . .	94
2.1.3	Imprécision et incertitude . . . . .	96
2.1.4	La logique floue . . . . .	97
2.1.5	Le nombre flou . . . . .	99
2.1.6	Arithmétique floue . . . . .	101
2.2	Différences entre les apports de la logique floue et ceux des probabilités .	109
2.2.1	La théorie des probabilités ne sait pas gérer l'incertitude . . . . .	109
2.2.1.1	En situation d'ambiguïté, les décideurs violent les axiomes de la théorie des probabilités . . . . .	114
2.2.1.2	Comparaisons calcul de coûts probabilistes et calculs de coûts flous . . . . .	115
2.3	Passage du paradigme de la mesure au paradigme de l'ergonomie cognitive	121
2.4	Avantages attendus d'une modélisation floue des coûts . . . . .	125
2.4.1	L'acceptation de l'incertitude des paramètres . . . . .	125
2.4.2	La possibilité d'étendre plus ou moins son application en fonction des besoins et des moyens . . . . .	127
2.4.3	Le développement d'outils de compréhension et d'anticipation . . .	129

**3 Design de la recherche 133**

3.1	Problématique de la recherche . . . . .	133
3.2	Architecture de la recherche . . . . .	136
3.2.1	Choix d'une méthodologie . . . . .	136
3.2.2	Une recherche qualitative . . . . .	140
3.2.3	... appliquée au moyen d'une dialogique . . . . .	143

3.2.3.1	Conception de solutions informatisées en Sciences de Gestion . . . . .	143
3.2.3.2	Études de Cas . . . . .	146
3.2.4	Choix des cas . . . . .	153
3.3	Posture épistémologique . . . . .	155
3.3.1	Particularités de la pratique constructiviste . . . . .	157
3.3.2	Critères de scientificité et évaluation de la production de la recherche	160

## II Mise en œuvre de la logique floue dans la représentation de projet 169

<b>4</b>	<b>Création d'un outil XL VBA</b>	<b>173</b>
4.1	Architecture de la conception et définition fonctionnelle de l'outil . . . . .	173
4.1.1	Architecture générale de la conception de l'outil . . . . .	173
4.1.1.1	La volonté de créer un outil polyvalent . . . . .	173
4.1.1.2	L'utilisation des outils de l'analyse de la valeur . . . . .	174
4.1.2	Définition fonctionnelle de l'outil . . . . .	176
4.2	Développement et fonctionnement de l'outil créé . . . . .	179
4.2.1	Historique du développement . . . . .	179
4.2.1.1	Développement de la macro « calculateur flou interactif » (IFA) . . . . .	179
4.2.1.2	Développement de la macro « Graphique » . . . . .	185
4.2.1.3	Développement de la macro « Test Sensibilité » . . . . .	188
4.2.1.4	Autres macros . . . . .	189
4.2.2	Description du fonctionnement des macros de l'outil de modélisation de calculs flous . . . . .	191
4.2.2.1	Fonctionnement de la macro « calculateur flou interactif » (IFA) . . . . .	191
4.2.2.2	Fonctionnement de la macro « Graphique » . . . . .	195

4.2.2.3	Fonctionnement de la macro « Test Sensibilité » . . . . .	198
4.3	Mode d'emploi de la macro IFA et de la modélisation de calcul de coûts flou . . . . .	200
4.3.1	Utilisation de la formule IFA . . . . .	200
4.3.2	Constitution d'un modèle . . . . .	206
<b>5</b>	<b>Études de cas et recherches-interventions</b>	<b>211</b>
5.1	Introduction : Historique des études de cas et des recherches-interventions	211
5.2	Description détaillée des cas « en chambre » . . . . .	215
5.2.1	Cas ATEA . . . . .	215
5.2.1.1	Énoncé de la situation de départ . . . . .	216
5.2.1.2	Le plan de développement envisagé par la direction . . .	219
5.2.1.3	Simulation à partir d'une modélisation ABC utilisant la mesure parfaite . . . . .	220
5.2.1.4	Construction d'un outil de modélisation ABC Flou . . . .	223
5.2.1.5	Résultats comparés et perspectives d'affinement des résultats donnés par l'ABC Flou . . . . .	226
5.2.2	Cas Constructions pour Location . . . . .	228
5.2.2.1	Énoncé de la problématique . . . . .	228
5.2.2.2	Constitution d'un modèle . . . . .	229
5.2.2.3	Utilisation du modèle . . . . .	231
5.2.3	Cas Achat Voiture . . . . .	232
5.2.3.1	Énoncé de la problématique . . . . .	233
5.2.3.2	Établissement d'un modèle en logique floue . . . . .	234
5.2.3.3	Comparaison de la prévision avec le réalisé . . . . .	240
5.2.4	Cas Conversion GPL . . . . .	242
5.2.4.1	Énoncé de la problématique . . . . .	242
5.2.4.2	Première solution . . . . .	243

5.2.4.3	Deuxième solution . . . . .	244
5.2.4.4	Conclusion . . . . .	246
5.2.5	Cas « Itinéraire » . . . . .	246
5.2.5.1	Énoncé de la problématique . . . . .	247
5.2.5.2	Création d'un modèle . . . . .	248
5.2.5.3	Arbitrage . . . . .	250
5.2.5.4	Retour d'expérience . . . . .	250
5.3	Description détaillée des recherches-interventions . . . . .	251
5.3.1	Caractéristiques communes aux recherches-interventions . . . . .	251
5.3.1.1	Présentation de la Couveuse de l'Université de Caen . . . . .	251
5.3.1.2	Argumentaire développé auprès des porteurs de projet . . . . .	252
5.3.2	Caractérisation des interventions menées auprès de la couveuse . . . . .	254
5.3.2.1	Intervention Agence Immobilière . . . . .	255
5.3.2.2	Intervention Appareillage de Mesure . . . . .	256
5.3.2.3	Intervention Conseil en Informatique Libre . . . . .	258
5.3.2.4	Intervention Ferme Biologique . . . . .	260
5.3.2.5	Intervention Accueil Enfants . . . . .	261
5.3.2.6	Intervention Graphistes . . . . .	261
<b>6</b>	<b>Analyse des phénomènes observés</b>	<b>267</b>
6.1	Particularités de la modélisation à l'aide de la logique floue . . . . .	267
6.1.1	Structure de l'agrégation et entropie du résultat final . . . . .	268
6.1.2	Deux variables dont on sait qu'elles ont une relation de croissance/décroissance ne sont par forcément accolables . . . . .	270
6.1.3	Des soustractions successives des charges avec niveaux de relation créent moins d'entropie que la soustraction de la somme des charges à la somme des produits . . . . .	273

6.1.4	Un décalage temporel de phase entre deux variables peut annuler la relation . . . . .	273
6.1.5	Soustraire des charges à un résultat cumulé pour mieux représenter le phénomène . . . . .	274
6.1.6	Des modélisations contingentes de leurs situations de gestion . . .	278
6.2	Difficultés de la modélisation à l'aide de la logique floue . . . . .	279
6.2.1	Difficultés d'ordre technique, portant sur la modélisation . . . . .	279
6.2.1.1	Un nécessaire apprentissage de la structuration des modèles	279
6.2.1.2	La complexité superflue des plans de trésorerie . . . . .	279
6.2.1.3	Difficulté de ne partir de rien pour créer à la fois outils et modèles . . . . .	283
6.2.2	Difficultés liées à l'interaction modèle-utilisateur . . . . .	284
6.2.2.1	Difficulté à appréhender la gestion de l'entropie . . . . .	284
6.2.2.2	Charges signées négativement . . . . .	292
6.2.2.3	Phénomènes de « cisaillement » lors de réduction d'entropie avec IFA . . . . .	295
6.3	Avantages de la modélisation à l'aide de la logique floue . . . . .	298
6.3.1	Avantages d'ordre technique . . . . .	298
6.3.1.1	La logique floue permet de moduler la profondeur de la modélisation . . . . .	298
6.3.1.2	Le modèle flou est plus fin que la multiplication des calculs parfaits . . . . .	299
6.3.1.3	L'information parfaite n'est pas toujours disponible . . .	302
6.3.1.4	Le modèle flou peut devenir parfait . . . . .	303
6.3.1.5	Le résultat du modèle flou a tendance à être plus robuste	304
6.3.1.6	Le modèle flou est moins coûteux à mettre en œuvre . . .	305
6.3.2	Avantages liés à l'interaction modèle-utilisateur . . . . .	306
6.3.2.1	L'utilisation de nombres flous fait sens aux utilisateurs .	309
6.3.2.2	Une gestion progressive de l'entropie du modèle . . . . .	311



6.3.2.3	La prise en compte de l'imperfection de l'information permet de songer à d'autres variables ou phénomènes non modélisables . . . . .	312
6.3.2.4	Une plus grande explicitation du sens des variables . . .	316
6.3.2.5	Le modèle flou favorise un apprentissage rationnel . . . .	317
6.4	Synthèse des résultats . . . . .	319
6.4.1	Effets de la modélisation économique de projets . . . . .	320
6.4.2	Apports de la modélisation économique de projets . . . . .	325
6.4.2.1	Le modèle flou permet de se révéler et de partager la représentation que l'on a d'un projet . . . . .	325
6.4.2.2	L'accompagnement de la réflexion tout au long de la maturation du projet . . . . .	327
6.4.2.3	Le changement de focus vers la fiabilisation des processus	329
6.4.2.4	Discussion des résultats . . . . .	331
<b>Conclusion Générale</b>		<b>339</b>
<b>Références</b>		<b>342</b>
	Bibliographie . . . . .	342
	Glossaire . . . . .	372
	Index . . . . .	375
	Index des Auteurs . . . . .	377
<b>III Annexes</b>		<b>385</b>
<b>A Aperçu du Calculateur Flou V 1.0</b>		<b>387</b>
<b>B Présentation faite aux participants de la couveuse</b>		<b>389</b>

<i>TABLE DES MATIÈRES</i>	503
<b>C Mode d'emploi Business Plans Flous</b>	<b>399</b>
C.1 Mode d'emploi Business Plan Flou livré à Agence Immobilière . . . . .	399
C.2 Mode d'emploi livré avec les Business Plans Flous V4.44 . . . . .	403
<b>D Code des macros</b>	<b>425</b>
D.1 Contrat de Licence de Logiciel Libre CeCILL . . . . .	425
D.2 Macros de la fonction IFA (Calculateur Flou) . . . . .	434
D.3 Macros de Tests Sensibilité . . . . .	451
D.4 Macro Graphique . . . . .	468
<b>E Détails de calcul des modèles</b>	<b>485</b>
E.1 Coûts des processus ATEA - Réalisé . . . . .	485
E.2 Coût prévisionnel flou des processus ATEA . . . . .	486
E.3 Détail des calculs de Constructions pour Location, valeurs initiales . . . .	488
E.4 Détail des calculs de Constructions pour Location, valeurs mises à jour suite à enquête . . . . .	490
<b>F Contenu du CD-ROM/ fichiers annexes électroniques</b>	<b>493</b>
<b>Table des matières</b>	<b>495</b>





---

Les outils classiques du contrôle de gestion nécessitent une information “parfaite”, et ne tracent donc que les phénomènes mesurables. Or l'imperfection est inhérente aux données de gestion, et ce, de façon proportionnelle au niveau d'anticipation. En outre, ces outils ne tiennent pas compte, dans leur conception, de la façon dont les managers agissent au quotidien (Mintzberg, 1990), et tendent à renforcer leurs biais cognitifs. Ils peinent ainsi à s'intégrer dans un “système cognitif distribué” entre décideur et représentations externes.

La logique floue (Zadeh, 1965, 1978) permet de prendre en compte les caractéristiques de l'information de gestion et celles de ses utilisateurs. Lesage (1999) a montré, par une expérimentation de laboratoire, que la qualité de la prise de décision est améliorée par une analyse de coûts floue.

Notre recherche vise à prolonger les travaux de Lesage en testant la viabilité de ses propositions. Il s'agit de déterminer à quelles conditions et comment elles peuvent être mises en oeuvre en situation réelle. Le protocole retenu consiste en une dialogique entre conception d'artefacts et recherches-interventions auprès de porteurs de projets.

Nos résultats montrent l'applicabilité (développement d'un logiciel spécifique) et l'intérêt des outils de contrôle de gestion flous pour la représentation économique de projets. Nous montrons également que les outils de prévision “fuzzifiés” permettent de révéler et partager la représentation du projet, d'en accompagner la maturation et de focaliser les efforts sur la fiabilisation du projet plus que sur son optimisation.

---

## Cost controlling tools, imperfect information and cognitive ergonomics: an implementation of fuzzy logic for the representation of projects

---

Traditional cost controlling tools require “perfect” information and deal only with measurable events. But imperfection is an inherent property of management data, and it increases with the level of anticipation. Moreover, these tools do not take into account in their conception the way managers operate daily (Mintzberg, 1990), and they can increase managers' cognitive biases. They fail to integrate a “distributed cognitive system” between the manager and the external representations.

Fuzzy logic (Zadeh, 1965, 1978) allows to take into account the characteristics of information and those of the users. Lesage (1999) has shown through a laboratory experiment that the quality of decision is increased by a fuzzy logic-based cost analysis.

The aim of our research is to extend Lesage's research by testing the viability of his proposals. We seek to establish how and under which conditions they can be implemented in real cases. Our protocol is made of a dialogic between a conception of artefacts and an intervention-research with entrepreneurs in pre-venturing process.

Our results show the applicability and the interest of fuzzy cost controlling tools for the economical representation of projects. A specific software is developed, which shows the technical feasibility of the adaptation of traditional tools to fuzzy logic. We also show that fuzzified forecasting tools enable the users to reveal and share mental representations of their project, to come along project maturation and to focus efforts on the project reliability more than on the project optimization.

---

MOTS-CLES : Indexation Rameau :

Contrôle de gestion, Ergonomie cognitive, Logique floue, Représentation mentale, Entreprises-crédation;  
Cost control, Cognitive ergonomics, Fuzzy logic, Mental representation, New business enterprises.

---

SCIENCES DE GESTION

---