

# L'animation cartographique pour la représentation des trajectoires individuelles : Propositions sémiologique et application sur GoogleEarth

Armelle Couillet, Loïc Ravenel, Florian Litot, Raffaele Poli

▶ **To cite this version:**

Armelle Couillet, Loïc Ravenel, Florian Litot, Raffaele Poli. L'animation cartographique pour la représentation des trajectoires individuelles : Propositions sémiologique et application sur GoogleEarth. 25ème conférence internationale de cartographie, Jul 2011, Paris, France. hal-01826288

**HAL Id: hal-01826288**

**https://normandie-univ.hal.science/hal-01826288**

Submitted on 29 Jun 2018

**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.

# L'animation cartographique pour la représentation des trajectoires individuelles : Propositions sémiologique et application sur GoogleEarth

*Armelle Couillet*
*Laboratoire ThéMA*
*UMR 6049 CNRS-Université de Franche-Comté*
*32, rue Mégevand*
*F-25030 Besançon Cedex*
*Courriel : armelle.kaufmant-couillet@univ-fcomte.fr*

*Loïc Ravenel*
*Laboratoire ThéMA*
*UMR 6049 CNRS-Université de Franche-Comté*
*32, rue Mégevand*
*F-25030 Besançon Cedex*
*Courriel : loic.ravenel@univ-fcomte.fr*

*Florian Litot*
*Laboratoire ThéMA*
*UMR 6049 CNRS-Université de Franche-Comté*
*32, rue Mégevand*
*F-25030 Besançon Cedex*
*Courriel : florian.litot@univ-fcomte.fr*

*Raffaele Poli*
*Institut des Sciences du Sport*
*Bâtiment Vidy*
*CH-1015 Lausanne*
*Suisse*
*Courriel : raffaele.poli@unil.ch*

*Dans de nombreuses thématiques, la cartographie animée est entrevue désormais comme l'une des solutions pour représenter l'information et mieux comprendre les phénomènes étudiés. Poussée par l'émergence rapide de nouvelles techniques et par un potentiel encore peu exploré, cette cartographie fait l'objet de recherches qui s'expriment tant d'un point de vue conceptuel et théorique (Perterson, 1995 ; Lobben, 2003 ; Antoni et alii, 2004 ; Chelyan, 2007 ; Cauvin et alii, 2008 ; Kaddouri, 2008) qu'envers des applications pratiques (Peterson, 2005 ; Poli, 2007 ; Charleux et Chardonnel, 2009 ; Peterson et Wendel, 2006). Il existe ainsi une grande effervescence autour d'un mode de représentation qui, s'il n'est pas nouveau, acquiert désormais une capacité de mise en œuvre notamment à l'aide du webmapping. Cependant, beaucoup de travaux gardent encore une conception de l'animation réductrice en ne proposant qu'une succession de cartes à différentes étapes temporelles. L'animation reprend le principe du cinéma avec un affichage de documents statiques dont le défilement assure la dynamique[1]. Elle est un changement d'état qui s'applique au temps, aux variables ou au fond de carte, mais sans réellement prendre en compte les interrelations entre ces trois composantes.*

1 R. Roncarelli donne d'ailleurs une définition très proche de l'animation en référence au procédé cinématographique : « L'animation peut-être définie comme un procédé de création d'une illusion de mouvement ou de changement grâce à l'affichage rapide d'une succession d'images comme dans un film ou une vidéo », cité par *Cauvin et alii*, 2008, p. 54.

## Introduction

Dans cet article, nous nous intéressons plus spécifiquement à ce croisement défini par A. Lobben comme une « Process Animation » dans laquelle ces trois composantes deviennent dynamiques et agissent en interaction (Lobben, 2003). Ce processus a été implémenté dans le cadre d'une recherche sur la migration des joueurs de football, à la fois pour sa force pédagogique, mais aussi afin d'être en accord avec l'approche circulatoire, au centre de notre problématique. Il s'agit de représenter dans sa totalité un phénomène complexe que la cartographie statique n'exploite pas entièrement. L'animation a donc été développée pour l'analyse des trajectoires individuelles et complète en cela les cartographies classiques de stocks et de flux.

Dans un premier temps, nous reviendrons rapidement sur le contexte de recherche de l'Observatoire des Footballeurs Professionnels. Avec une base de données spatio-temporelle de près 20 000 joueurs, il rend possible l'étude précise des trajectoires de carrières de ces migrants hautement qualifiés. Dans une seconde partie, nous analyserons l'intérêt, mais aussi les limites de la cartographie statique des trajectoires avant d'exposer, dans une troisième partie, la formalisation dynamique choisie. Elle utilise les bases de la sémiologie graphique, mais ces dernières sont adaptées au caractère résolument dynamique de l'application. Enfin nous présentons les évolutions que nous proposons donner à ces travaux, notamment avec l'utilisation de la plateforme *GoogleEarth*.

## 1. L'Observatoire des Footballeurs Professionnels[2]

### 1.1. Une structure de recherche originale

Le PFPO peut être défini comme un groupe de recherche articulé autour de trois institutions que sont le Centre International d'Etude du Sport (Université de Neuchâtel, Suisse), le laboratoire ThéMA (Université de Franche-Comté) et l'Institut des sciences du sport (Université de Lausanne, Suisse). Le PFPO gère une base de données sur un grand nombre de joueurs de football évoluant dans des clubs professionnels européens et utilise cette information pour la réalisation d'études et de prestations. Ses principaux partenaires sont les institutions sportives internationales (FIFA, UEFA…), les clubs professionnels et les médias. Le PFPO participe à la fois à la constitution d'une information pertinente et originale sur le marché des joueurs de football et assure sa diffusion par l'intermédiaire de différents canaux de communications.

Le PFPO est un observatoire : défini comme un ensemble d'indicateurs stables et comparables dans le temps et l'espace, ce concept rend possible le suivi de l'évolution du marché du travail des footballeurs. La base de données gère une information spatio-temporelle sur les joueurs évoluant dans les cinq championnats majeurs européens (Angleterre, Allemagne, Espagne, France et Italie). Chaque joueur est recensé selon l'intégralité de son parcours en tant que professionnel, depuis ses clubs de formation jusqu'à son employeur actuel. Il est donc possible de suivre dans le temps et l'espace la trajectoire des individus et de produire différents types d'indicateurs concernant la démographie, la formation, le recrutement international ou la mobilité. L'information du PFPO est disponible sur un site internet (www.eurofootplayers.org), dans les publications annuelles[3] et dans divers articles réalisées par les chercheurs impliqués dans ce projet (par exemple : Poli et Ravenel, 2005 ; Poli, Besson et Ravenel, 2010).

2 Dans ce texte, nous utiliserons l'acronyme anglais PFPO (Professional Football Players Observatory).

3 *L'Annual Review of the European Football Players' Labour Market* est publié au mois de septembre depuis 2006. Cette publication propose un bilan de la saison pour les clubs des cinq grandes ligues européennes. La *Demographic Study of Footballers in Europe* analyse depuis janvier 2009 un marché plus vaste de trente-six ligues européennes.

### 1.2. Une population migrante hautement qualifiée

Au-delà des aspects techniques et institutionnels, le PFPO s'inscrit dans le cadre d'une recherche débutée sur les migrations des footballeurs africains en Europe (Poli, 2008). En observant cette population migrante, nous nous sommes heurtés au manque de références chiffrées pour comparer, évaluer, comprendre sa mobilité spécifique. Si les statistiques sur le football et les joueurs étaient nombreuses, aucune ne s'intéressait d'une manière scientifique aux questionnements posés par la recherche sur les populations migrantes : la validité du concept de division internationale du travail ; l'existence, la forme et la dynamique des réseaux migratoires ; le questionnement plus général sur la globalisation du sport, etc. Le champ de recherche ouvrait de nouvelles perspectives pour appréhender la mondialisation et comprendre les mécanismes qui la sous-tendent.

## 2. Des migrations à l'approche circulatoire

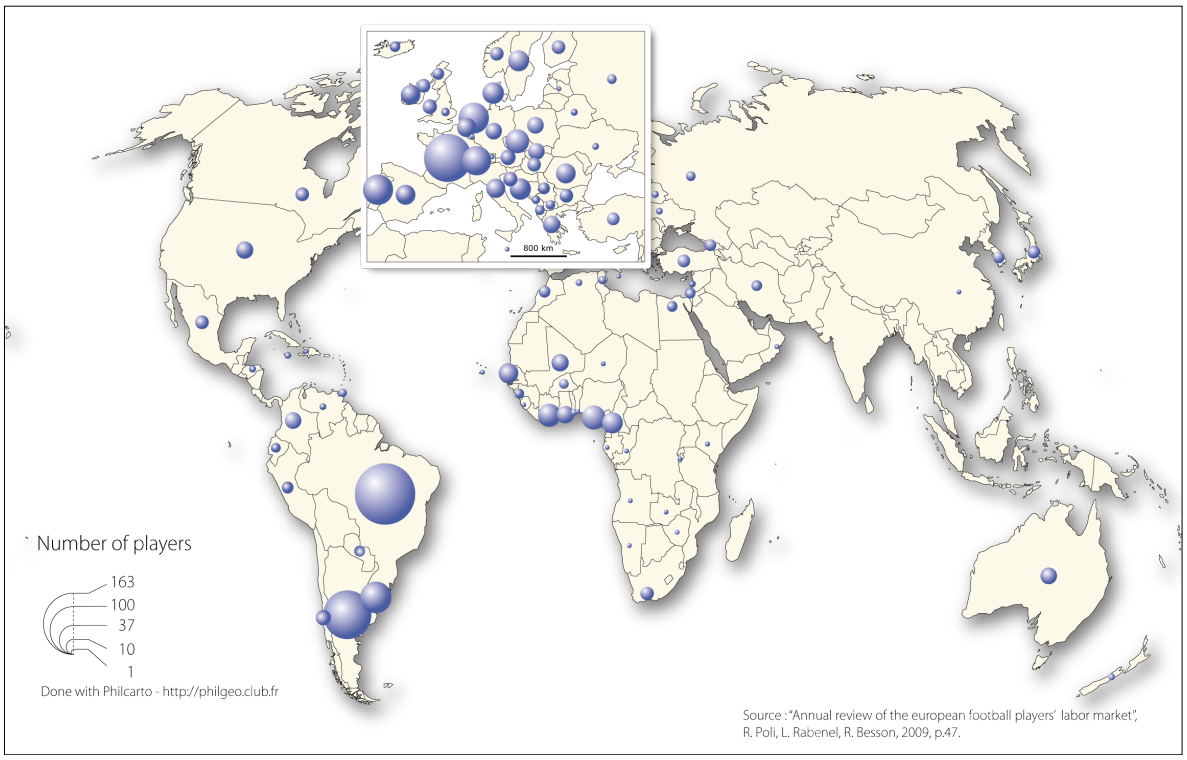
Parmi les choix de représentation disponibles, la cartographie tient une place importante. Le site du PFPO dispose d'un module interactif permettant à l'utilisateur de spatialiser et d'identifier les joueurs expatriés en Europe[4]. La carte propose une lecture originale et pertinente d'une information qui est rarement traitée sur le plan géographique. Entre les fédérations de naissance ou d'origine, les clubs de formation ou de travail, la mise en relation des différents espaces est permanente et constitue un élément du système des transferts. Utilisée par un public de non géographes, la carte joue aussi un rôle pédagogique fort, présente clairement les enjeux spatiaux et assure la spécificité du PFPO dans un domaine très concurrentiel. Néanmoins, la cartographie se heurte au type de représentation. Si un certain nombre de choix conceptuels et sémiologiques sont habituellement utilisés, ils restent limités car ils n'exploitent pas toutes les possibilités d'une base de données spatio-temporelles.

### 2.1. Une cartographie des stocks

La première représentation est une cartographie des stocks (fig. 1). Les joueurs sont cartographiés selon leurs pays d'origine, c'est-à-dire en fonction du lieu où ils ont appris à jouer au football. La migration est perçue à travers l'origine, la destination étant l'un des cinq championnats analysés. Le lecteur perçoit aisément les grandes zones de « production » que sont l'Europe, l'Amérique latine ou bien l'Afrique de l'Ouest. Il est possible de segmenter l'information selon le championnat de destination et voir apparaître des spécialisations géographiques, comme le recrutement préférentiel des clubs français dans les anciennes colonies africaines. Néanmoins, la carte ne possède aucune dynamique, reste figée dans l'inscription spatiale des stocks. Les flux reliant les espaces n'apparaissent pas.

4 http://carto-pfpo.iad-informatique.com/modules/carto/map.php?&lg=en

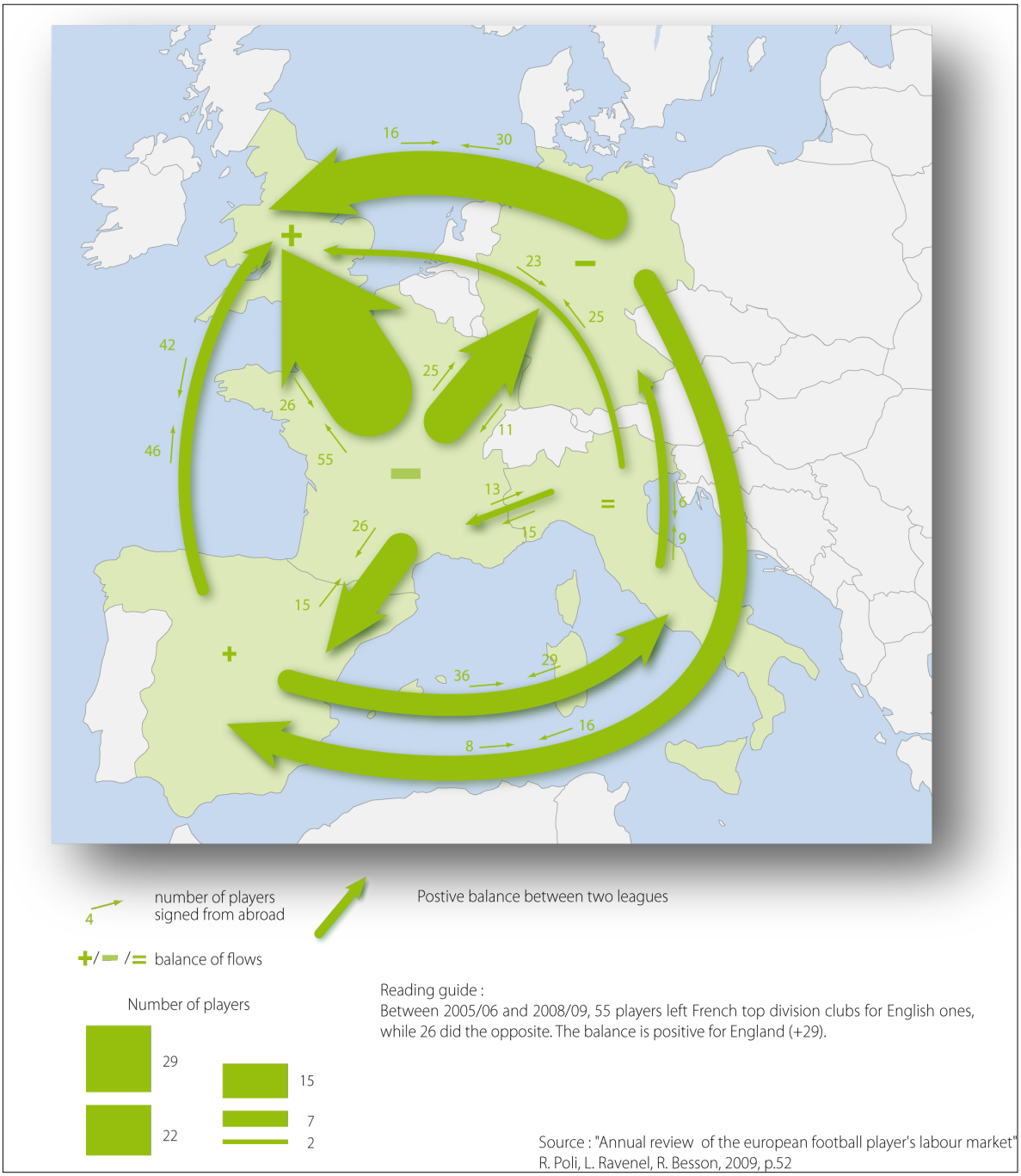
*Figure 1 – Pays d'origine des joueurs expatriés (2009)*




**2.2. Une cartographie origine et destination**

La cartographie des stocks peut être complétée par l'ajout de la destination. La migration est alors représentée par une relation entre deux lieux. La sémiologie indique l'idée de flux, mais se heurte rapidement à une limite visuelle en raison de la superposition des flèches. Il faut alors réduire les lieux de destination, ce qui rend la carte des stocks tout aussi efficace. Selon le même procédé cartographique, nous pouvons représenter une synthèse des étapes (fig. 2). Une agrégation de joueurs est ici réalisée à partir de tous les transferts observés pendant une période donnée. Cet exemple permet de montrer le rôle clé de l'Angleterre qui apparaît comme le moteur des migrations entre les grands championnats européens. Néanmoins, la trajectoire du joueur est réduite, dans le premier cas, à une origine et une destination, sans que n'apparaissent les étapes intermédiaires. Un joueur brésilien, évoluant dans le championnat français, a par exemple pu passer d'abord plusieurs saisons au Portugal. Dans le deuxième cas, la synthèse des flux observés entre des lieux fait disparaître la dimension spatio-temporelle de la trajectoire.

*Figure 2 – Flux internationaux de joueurs entre clubs des cinq grandes ligues (2009)*



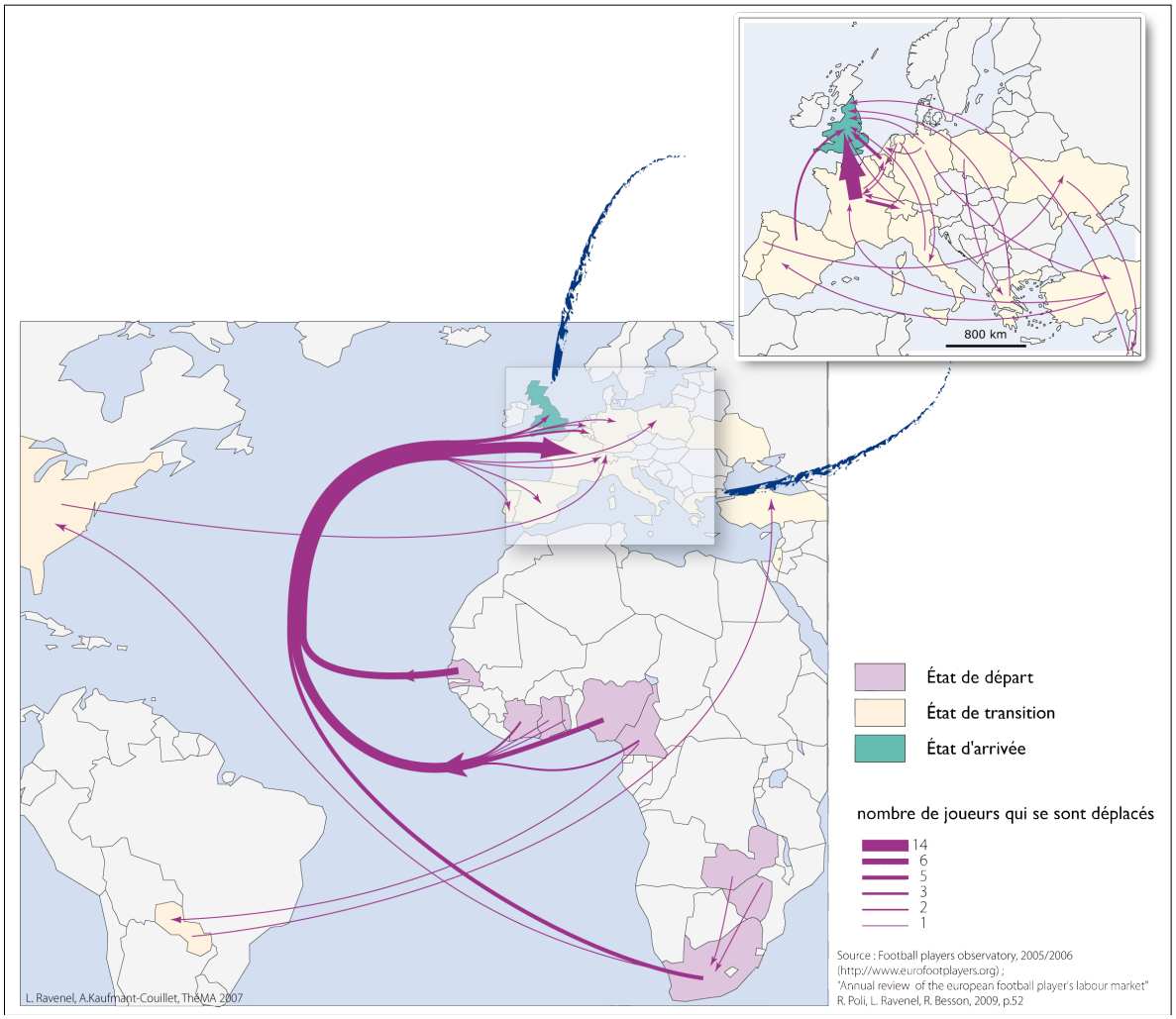

**2.3. Une cartographie des trajectoires**

Malgré les critiques émises, les cartes précédentes remplissent leurs objectifs. Elles décrivent le phénomène étudié en mettant en exergue la géographie des zones de production des joueurs et l'organisation des principaux flux entre grandes ligues européennes. De part leur caractère agrégé, elles envisagent le marché des joueurs d'un point de vue structurel. Bien que pertinente, cette perspective demeure limitée. En effet, les représentations cartographiques ne donnent pas à voir la dimension circulatoire de l'approche migratoire (Arab, 2008), pourtant essentielle dans l'appréhension du marché du travail des footballeurs. Cette ambition implique de décrire le migrant non seulement par une origine et une destination, mais aussi par un déplacement avec des étapes de durée variables. Le mouvement s'organise selon des itinéraires dans lesquels les migrants se déplacent. Cette circulation se recompose très rapidement en fonction des opportunités, des réglementations et des relations qui s'établissent entre les acteurs. Dans le football, le rôle des

agents est ainsi particulièrement révélateur de la mise en circulation des individus, qui ne maîtrisent par ailleurs pas toujours ce processus (Poli, 2010).

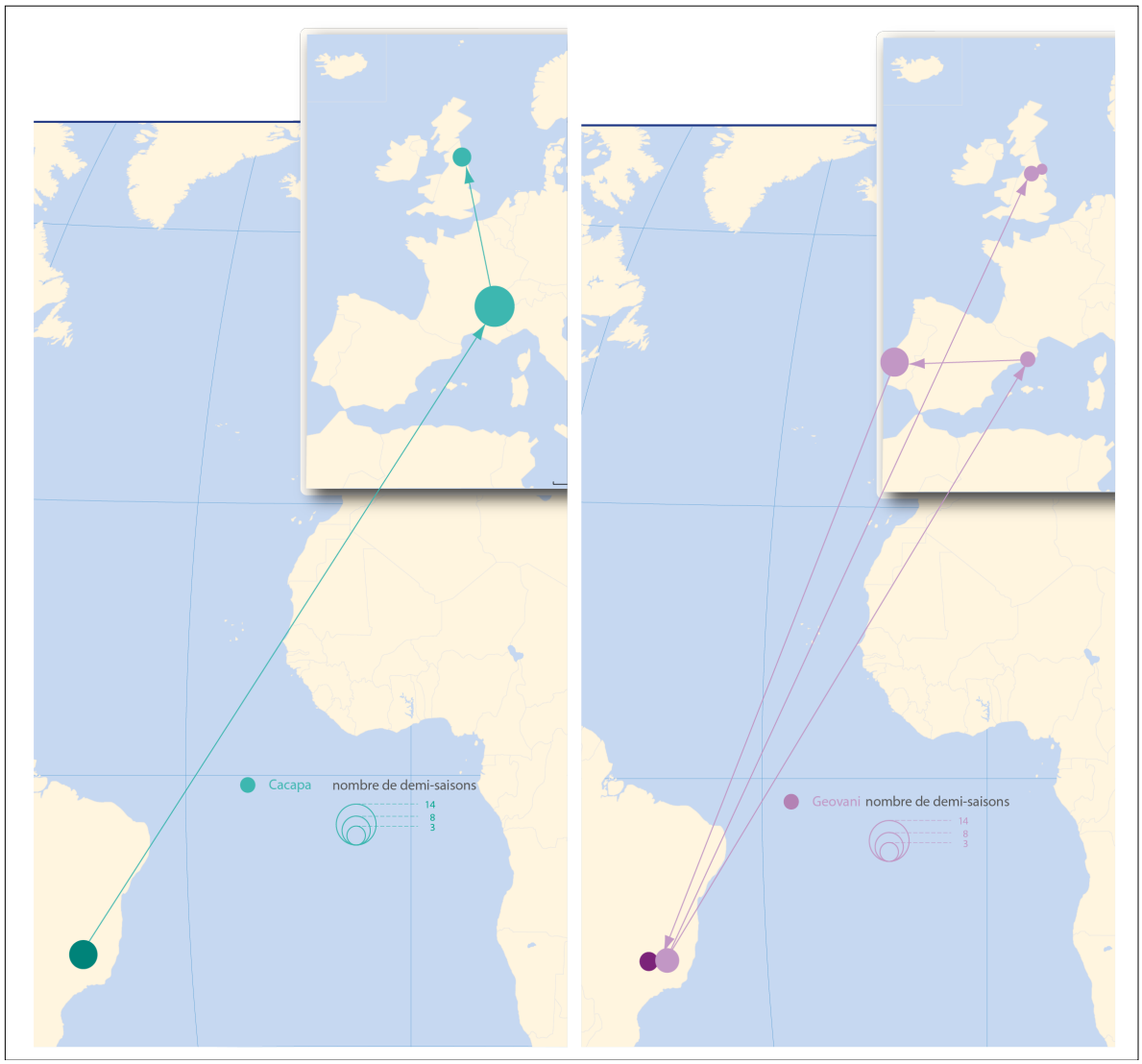
D'un point de vue cartographique, la prise en compte de la circulation nous oblige à percevoir l'ensemble de la trajectoire d'un joueur avec son lieu de formation, de travail ainsi que toutes les étapes intermédiaires qui l'ont conduit de cette origine vers cette destination. Cet objectif peut être réalisé selon un niveau agrégé ou individuel. L'agrégation d'individus facilite le repérage d'une organisation de la migration, à condition de définir une sélection pertinente des populations sous une même problématique, comme par exemple celle des joueurs africains rejoignant l'Angleterre (fig. 3). Chacune des trajectoires est matérialisée par une origine (un pays africain) et une destination finale (l'Angleterre) avec la prise en compte des pays de transit. On remarque ainsi facilement le rôle que joue la France comme pays relais pour atteindre l'Angleterre (Poli, 2007).

*Figure 3 – Destinations de joueurs africains*




La trajectoire individuelle est complémentaire en identifiant le parcours précis des joueurs (fig. 4). Outre les lieux d'origine et de destination, elle décrit les étapes, leur durée, soit la circulation de l'individu durant l'ensemble du parcours étudié. Néanmoins, cette représentation individuelle atteint rapidement ses limites car elle peut aboutir à une superposition de l'information qui rend illisible le document. Si l'une des solutions consiste à réaliser une collection de cartes (avec autant de cartes que de trajectoires), la dimension temporelle, pourtant essentielle, n'y est pas, ou peu, considérée. De plus, ce mode de représentation perd de sa lisibilité lorsque les parcours se complexifient, par exemple dans les cas de va-et-vient entre deux lieux, pourtant relativement fréquents dans le cas du football.

*Figure 4 – Trajectoires de deux joueurs brésiliens*




À partir de ce constat, appuyé par la réalisation de documents n'assumant pas toute la problématique du phénomène concerné, la cartographie animée des trajectoires individuelles apparaît comme une solution. Ce choix ne remplace pas la démarche synthétique entreprise jusque là, mais la complète par un mode de visualisation que nous détaillons désormais.

## 3. La représentation des trajectoires par l'animation

Alors qu'une représentation statique empêche une bonne appréhension du temps, à moins de surcharger la cartographie d'indications à lire, l'animation la facilite. Elle permet de limiter le nombre de signes et d'influer directement sur la perception du lecteur pour aboutir à une compréhension correcte du phénomène. Nous proposons dans cette troisième partie plusieurs pistes pour adapter la sémiologie graphique communément utilisée sur des supports statiques (Josselin et Fabricant, 2003 ; Kaddouri, 2008). Pour cela, nous utiliserons des exemples de phases d'animations (http://thema.univ-fcomte.fr/L-animation-cartographique) ainsi que deux applications concernant les migrations des footballeurs africains et brésiliens évoluant en Angleterre (http://thema.univ-fcomte.fr/Essais-de-cartographie-animee)[5].

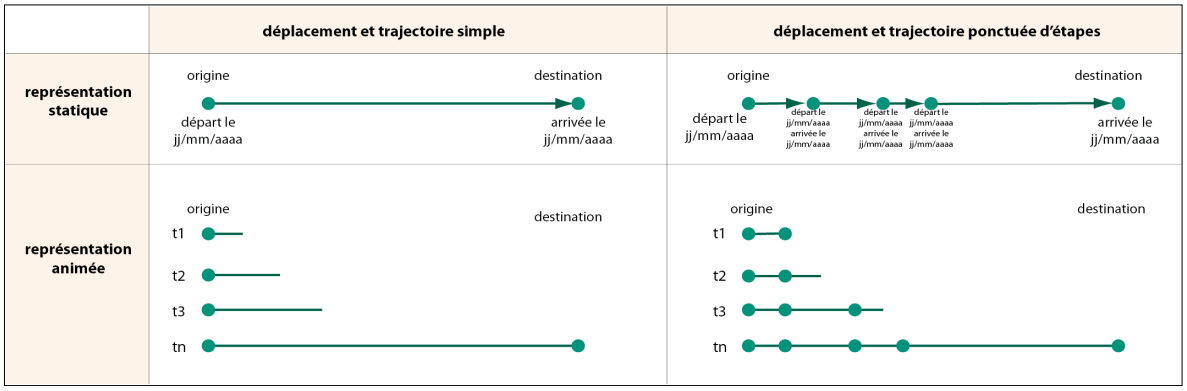
5 Ces exemples sont consultables aux adresses indiquées.

### 3.1. La représentation du déplacement

Un déplacement est un mouvement qui fait passer un individu ou un objet d'un endroit à un autre (Klein et Cauvin, 2009). Un trajet peut être constitué de plusieurs déplacements ponctués d'étapes intermédiaires, de retours en arrière, de zones de transit et de rebonds plus ou moins longs (Arab, 2008). Sur des cartes statiques, l'origine, la destination et les étapes intermédiaires sont reliées par un segment dont une flèche placée à l'une des extrémités informe sur le sens. L'animation supprime l'usage de la flèche puisque la ligne qui figure le déplacement se déroule sous les yeux du lecteur (fig. 5). L'œil suit l'extrémité du trait en mouvement et l'observateur reçoit instantanément les informations de direction et de sens.

L'animation renforce la perception de la réalité car l'individu se déplace entre deux lieux comme il est censé le faire d'un point de vue empirique. L'observateur constate une adéquation entre ce qu'il voit sur la carte et le phénomène représenté. Néanmoins, cette « réalité » n'est qu'une modélisation car, dans le cas des joueurs de football, le déplacement n'est pas réel : le trait indique un changement de club dans la carrière du footballeur et non l'exacte reproduction du voyage entre ces deux lieux. En terme plus clair, quand Claudio Caçapa est transféré de l'Atletico Mineiro (Brésil) à l'Olympique lyonnais (fig. 5), nous ne savons pas exactement si le voyage a été direct ou si d'autres étapes intermédiaires se sont déroulées pendant cette période (transit, vacances, …).

*Figure 5 – La représentation du déplacement*




Cette représentation est particulièrement efficace pour appréhender les aller-retours entre deux espaces (Fabrikant, 2009). Devenant rapidement illisible dans le cadre d'une cartographie statique, ce phénomène important traduit une forte connexion qui se révèle par la fréquence des mouvements. Ainsi, dans le cas des footballeurs sud-américains, ces trajectoires alternantes entre l'Amérique du sud et l'Europe sont constitutives de leur type de circulation (Ravenel, Besson, Poli, 2009). Le déplacement d'un individu peut être également signifié sans faire apparaître de ligne (Caquart, 2001). Cette méthode est sans conteste très efficace dès que la carte doit montrer des mouvements sur un itinéraire fixé à l'avance : un figuré ponctuel évolue le long d'une ligne. Elle l'est moins quand les tracés possibles sont démultipliés comme dans le cas des réseaux de migrations.

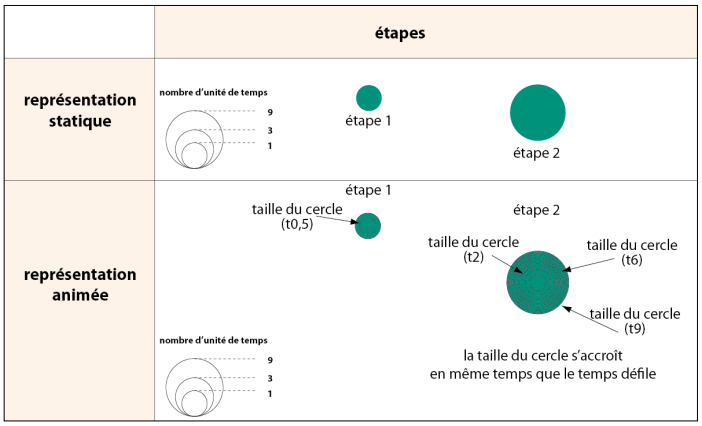
### 3.2. Les étapes et leur durée

Dans une approche circulatoire, les étapes doivent être traitées de façon prioritaire dans la représentation cartographique. Les clubs dans lesquels évoluent les joueurs sont des étapes de leur carrière, où ils exercent leur activité professionnelle avec plus ou moins de succès. Ils sont des lieux d'acquisition d'expériences professionnelles et personnelles, des lieux de contact qui vont influencer le choix des destinations suivantes. De par les relations personnelles entre dirigeants, entraîneurs, agents et joueurs, les clubs apparaissent comme des nœuds des réseaux assurant la circulation des individus. (Poli, 2010).

Sur le plan cartographique, la durée des étapes est assimilée à une quantité, « naturellement »

exprimée par des cercles proportionnels. Plus un joueur passe de temps dans un club, plus le cercle est grand. Ce procédé s'adapte parfaitement à l'animation car il rend compte du temps qui passe : le cercle s'accroît alors même que le temps défile. La durée est symbolisée par l'augmentation d'une surface qui cumule le temps passé dans le club (fig. 6).

*Figure 6 – représentation de la durée des étapes*




Une fois l'étape terminée, le cercle disparaît rapidement avant le début d'une nouvelle étape dans un autre lieu. Cette disparition permet aussi de résoudre le problème de superposition dans les espaces restreints, en fonction de l'échelle du document. En effet, certaines étapes peuvent se succéder sur de très petites distances qu'il est impossible de visualiser. Pour signifier à l'observateur que l'individu change de lieu, un cercle s'accroit et disparaît pour laisser la place à un autre cercle situé au même endroit. Ce procédé est utilisé dans l'animation des joueurs brésiliens car beaucoup d'entre-eux, avant de partir pour l'Europe, sont recrutés par les clubs concurrents des grandes métropoles (São Paulo, Rio de Janeiro). A l'échelle continentale, l'animation remplace la création de plusieurs cartons sur ces espaces de très forte densité footballistique comme le montre la trajectoire de Mineiro, footballeur brésilien (http://thema.univ-fcomte.fr/Essais-de-cartographie-animee).

### 3.3. Les décalages temporels

Si les trajectoires se différencient dans l'espace, elles se distinguent également par leur double décalage temporel. Tout d'abord, la durée totale du parcours est indiquée par le temps que met le joueur pour arriver à sa destination finale. Pour certains, l'arrivée en Angleterre se fait très rapidement ; pour d'autres, le parcours est plus long, sans qu'il y ait nécessairement plus d'étapes. Ainsi, deux joueurs partant en même temps depuis leurs pays d'origine présentent un décalage lors du franchissement de la dernière frontière.

À l'autre bout de la chaîne, les trajectoires peuvent débuter de façon décalée. Sur une carte statique, cette différence temporelle est indiquée par une date figurant au lieu de départ et la comparaison s'effectue par une lecture des chiffres positionnés. Ici encore, l'animation simplifie la représentation dans la mesure où il suffit de faire apparaître la première étape de chacun des individus les unes après les autres en fonction de la date de référence. La réalité des départs décalés et des durées variables des parcours des joueurs sont prises en compte par la représentation cartographique animée.

### 3.4. L'interactivité

Si les structures élémentaires de la cartographie statique (ici le trait et le cercle) sont facilement transposables dans l'animation, donner la possibilité à l'observateur d'intervenir sur le déroulement du scénario est indéniablement un plus. Comme le rappelle Colette Cauvin, « le grand défi est d'associer à des demandes intuitives, émises par l'utilisateur, qui n'est pas nécessairement un spécialiste des réponse cartographiques visuelles efficaces, reposant sur une application

informatique très structurée et intégrant toutes les règles de la cartographie » (Cauvin *et al.*, 2008, p. 47). Parmi les éléments de l'interactivité spécifique à l'animation, la gestion du temps par l'utilisateur s'ajoute à la représentation collective ou individuelle des joueurs.

L'animation réalisée sur les trajectoires des joueurs brésiliens donne la possibilité d'arrêter le processus à n'importe quel moment. L'utilisateur a la capacité d'observer posément des instants clefs qu'il peut lui-même choisir. L'interactivité autorise donc une analyse supplémentaire de la carte et, pourquoi pas, une décomposition image par image. Elle permet une désagrégation spatio-temporelle de l'information. L'interaction s'établit avec des outils spécifiques dans la légende (le « stop » ; les boutons de lancement des joueurs) mais aussi avec la barre de défilement temporel (sélection d'une année spécifique pour la représentation).

Toujours dans cet exemple, nous proposons des séquences à scenarii préconstruits (Cauvin *et ali.*, 2008) : l'utilisateur peut afficher l'ensemble des individus ou seulement l'un d'entre eux, afin de mettre en évidence le mouvement général des trajectoires ou, au contraire, examiner l'une d'entre elle de façon plus pointue. Le choix de représentation est différent. Dans le premier cas, les traits et cercles qui figurent la durée des étapes disparaissent au fur et à mesure du déroulement de l'animation, sinon, à la fin du scénario, la carte deviendrait illisible, à l'instar d'une carte statique. Dans le second cas, l'ensemble des figurés reste apparent pour une meilleure mémorisation du trajet réalisé.

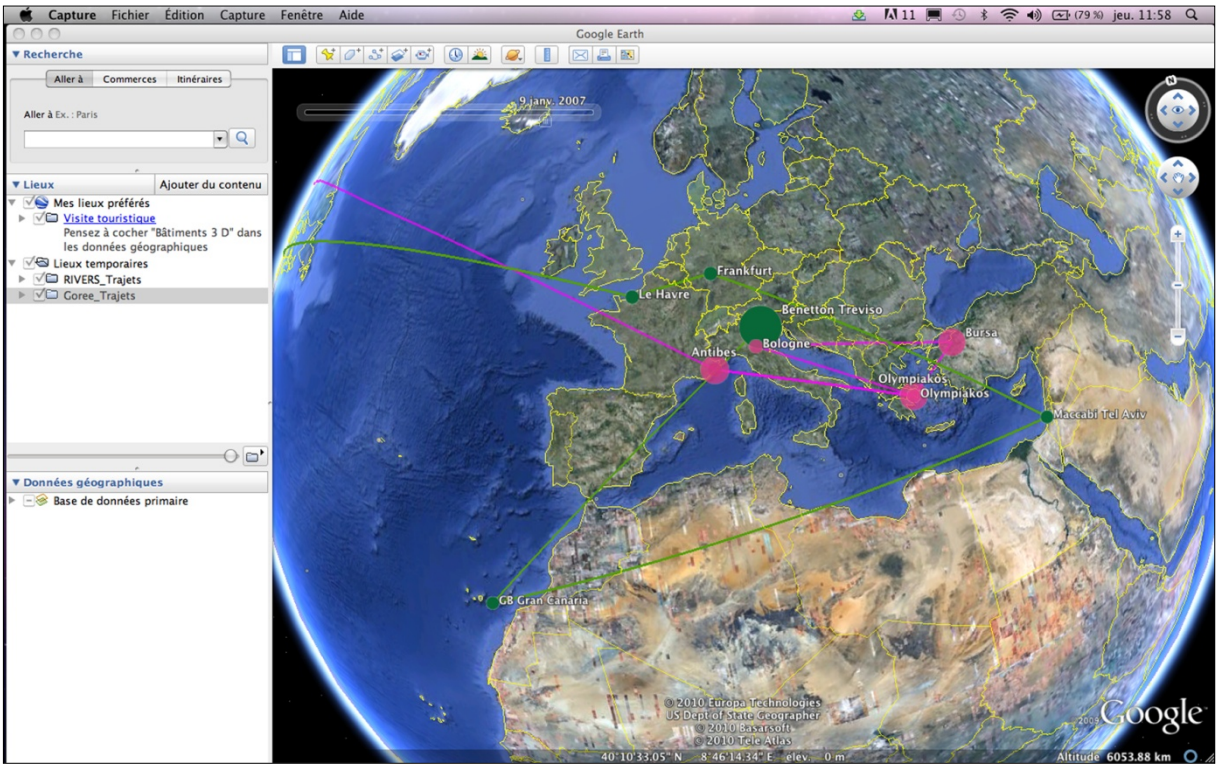
Enfin, rappelons que toute cette interactivité doit être pensée d'une manière ergonomique face à l'utilisateur. Il doit pouvoir se repérer dans le temps comme il doit aussi se situer dans l'espace et le mesurer grâce à une échelle temporelle présentée sous des formes variées comme une horloge, un compteur, un curseur qui se déplace sur une ligne (Cauvin *et ali.*, 2008). Ici le choix du curseur, avec une mise en surbrillance des années, est en adéquation avec la linéarité du temps. Toutefois, il mériterait d'être agrémenté d'un signal sonore (passage d'une année, date en cours) afin que l'utilisateur puisse se concentrer sur la trajectoire du joueur sans avoir à suivre en même temps le défilement temporel.

## 4. Vers une génération automatisée de la représentation des trajectoires

L'objectif atteint grâce à la méthode et aux outils utilisés est bien celui d'une « image qui informe clairement le public » (Cauvin *et alii.*, 2008). Cependant, il ne s'agit que d'un dessin animé sur un fond cartographique. L'animation ne dispose d'aucune propriété de référencement spatial ou de géolocalisation, en dehors de son propre système de géoréférencement. Tout le processus doit être réalisé manuellement (image par image) et, si les résultats expriment nos attentes en matière de représentation, la mise en œuvre lourde empêche toute automatisation.

Pour palier ces manques, nous nous sommes tournés vers la plateforme internet *GoogleEarth* qui détient plusieurs avantages : les informations sont directement géolocalisées sur un fond de carte planétaire ; l'interface de navigation associée apporte un confort d'utilisation indéniable (fonctions de zoom, déplacement du point de vue) ; le faible poids des fichiers kml/kmz (formats lus et interprété par *GoogleEarth*) favorise un plus grand partage de l'information. A cela s'ajoute la simplicité logicielle puisqu'il suffit de disposer d'une connexion internet et d'installer la plateforme au préalable pour visualiser les fichiers. Nous reprenons en ce sens les travaux initiés par Peterson sur les transports aériens en complexifiant la notion de trajectoire (Peterson et Wendel, 2006).

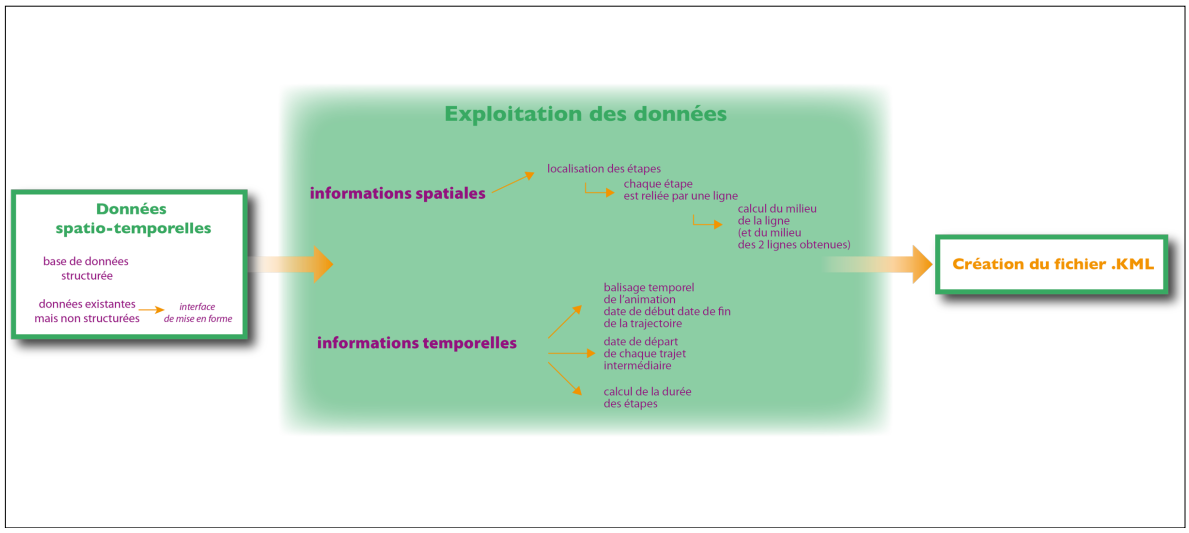
*Figure 7 – Exemples de trajectoires avec GoogleEarth*




Une première phase s'est concrétisée par la réalisation « manuelle » d'animation à l'aide de programmes écrits en langage kml (fig. 7). Si la reproduction des mouvements est encore perfectible et moins fluide que sous AdobeFlash, l'utilisateur gagne en confort d'utilisation et en interactivité. La trajectoire d'un ou plusieurs joueurs est suivie, comparée, affichée selon une échelle de référence variable, en utilisant ou non la toponymie. Mais, surtout, la gestion du fond de carte et de la navigation est externalisée, résolvant par là-même toute une série de problèmes complexes. Toutefois la procédure est complexe car l'animation ne dispose pas de fonctions spécifiques en langage kml. Tous les mouvements ont donc été reconstitués par une suite (parfois très longue) d'instructions.

Cette limite nous a conduit vers une deuxième phase : automatiser le processus à partir des données directement issues de la base spatio-temporelles du PFPO. Il s'agit alors de concevoir une interface permettant de générer automatiquement ces trajectoires à partir d'une sélection de joueur (fig. 8).

*Figure 8 – La démarche utilisée pour l'automatisation*




## Conclusion et perspectives

L'automatisation du processus donne en effet une nouvelle dimension à l'animation. Jusque là, la segmentation opérée sur la population des joueurs résultait d'une appréhension antérieure, par d'autres méthodes, que la carte animée venait illustrer à l'aide d'exemples-types. Elle était davantage envisagée comme une représentation plus qu'un outil de la réflexion. Avec son intégration dans la base de données s'ouvre pour la carte animée la perspective d'une analyse exploratoire. La visualisation de la trajectoire d'un ou plusieurs joueurs, sélectionnés selon de nombreux paramètres disponibles (ex : les footballeurs ayant évolué dans un club x) serait un élément participant à la réflexion et à la mise en œuvre de modèle de compréhension.

L'automatisation joue aussi un rôle dans la communication des travaux du PFPO. Les institutions sportives (fédérations, ligues), les clubs professionnels, les médias (presse, internet, télévision) et les nombreuses sociétés travaillant dans le data mining sportif (paris en ligne, scout, …) en sont aujourd'hui les principaux partenaires. Hors du monde académique, ils sont très sensibles à la pertinence et à l'inventivité de la communication. Il est ainsi envisageable de penser cette cartographie comme un service complémentaire aux indicateurs développés par le PFPO pouvant être fourni à la demande du client, directement depuis la base de données.

Au-delà des nombreux problèmes techniques, la sémiologie graphique de l'animation est perfectible, notamment par l'ajout d'éléments supplémentaires pour la compréhension des trajectoires. Au concept de migration circulatoire, nous souhaitons ajouter celui de migration ascendante (ou descendante). En effet, la carrière d'un joueur peut se modéliser par trois composantes dont seules le temps et l'espace sont traités dans cette application. Il manque la dimension induite par le niveau du club. Le joueur est attiré par la rémunération, le défi sportif, la capacité à rebondir vers d'autres destinations qui sont des éléments participant à la création de ce niveau. La carrière est alors envisagée comme la capacité d'un joueur à progresser (migrations ascendante) ou, au contraire, à stagner ou régresser dans la hiérarchie des équipes (Poli *et ali.*, 2010). Plusieurs solutions sémiologiques sont offertes, de la variation de l'intensité d'une trame à l'intégration de la 3D (Klein, 2007 ; http://www.geogra.uah.es/carto-thematique-hermes/images/V5Ch2_28_jpg.jpg). En complémentarité, la dimension sonore nous paraît une importante piste à creuser, notamment pour la simplification de la légende (Müller et Scharlach, 2001).

Enfin, bien qu'appliquée ici à une problématique particulière, la méthode proposée est transférable vers d'autres thématiques qui mettent des objets ou des hommes en mouvement. Pensons à la

représentation individuelle de tout processus migratoire, de quelque échelle que ce soit associé, à une base de données spatio-temporelles dont les étapes peuvent être visualisées, comparées et analysées. Les perspectives sont en ce domaine particulièrement nombreuses et fertiles.

**Bibliograhie**


Antoni J.-P., Klein O. et Moisy S., « Cartographie interactive et multimédia : vers une aide à la réflexion géographique », *Cybergeo : European Journal of Geography*, Systèmes, Modélisation, Géostatistiques, article 288, http://cybergeo.revues.org/index2621.html, mis en ligne le 21 octobre 2004, modifié le 28 février 2007

Arab C., « La circulation migratoire : une notion pour penser les migrations internationales », *E-Migrinter*, n° 1, p. 20-25, 2008.

Caquard S., *Cartographie multimédia, participation publique et gestion de l'eau*, thèse de doctorat de géographie, Université J. Monnet, Saint-Etienne, 2001.

Cauvin C., Escobar F., Serradj A., *Cartographie thématique 5 : des voies nouvelles à explorer*, Paris, Hermès (Collection IGAT), 2008.

Charleux L., Chardonnel S., « Génération automatisée et visualisation animée des trajectoires de mobilité quotidienne : proposition graphique pour l'exploitation de données individuelles », *Journée Cartactive du GDR MAGIS "Mouvements et objets mobiles : nouveaux enjeux pour la cartographie ?"*, Paris, http://magis.ecole-navale.fr/index.php?option=com_content&view=article&id=79:jcart2009&catid=27:catcartactive&Itemid=73, 2009.

Cheylan J.-P., « Les processus spatio-temporels : quelques notions et concepts préalables à leur représentation », Mappemonde, n° 87, http://mappemonde.mgm.fr/num15/articles/art07303.html, 2007.

Çöltekin A., Heil B., Fabrikant S.I., « Evaluating the effectiveness of interactive map interface designs : a case study Integrating usability matrics with with Eye-Movement Analysis », *Cartography and geographic Information Science*, Vol.36, n°1, p. 5-17, 2008.

Josselin D., Fabrikant S., *Cartographie animée et interactive*, Revue internationale de géomatique, Hermès, Vol.13, n°1, 130p., 2003.

Kaddouri L., « Réflexion sur la sémiologie graphique animée des flux », *Mappemonde*, n° 89, http://mappemonde.mgm.fr/num17/articles/art08104.html, 2008.

Kelin O., *Modélisations et représentations spatio-temporelles des déplacements quotidiens urbains. Application à l'Aire urbaine de Belfort-Montbéliard*, thèse de doctorat de géographie, Université Louis Pasteur, Strasbourg, 2007.

Klein O. Cauvin C., « Movements representations: what opportunities, what solutions? Towards a heuristic grid to support the map représentation », *Journée Cartactive du GDR MAGIS "Mouvements et objets mobiles : nouveaux enjeux pour la cartographie ?"* , Paris, http://magis.ecole-navale.fr/index.php?option=com_content&view=article&id=79:jcart2009&catid=27:catcartactive&Itemid=73, 2009.

Lobben A., « Classification and Application of Cartographic Animation », *The Professional Geographer*, n° 55, p. 318-328, 2003.

Müller J.C., Schralach, H., « Maps and sounds », Ruhr-University of Bochum, Section geomatics, Bochum, CD-ROM, 2001.

Peterson M., *Interactive and Animated Cartography*, New-Jersey, Prentice Hall Professional, 1995.

Peterson M., Wendel J., *Animated Atlas of Air Traffic over North America,* UNO Cartography and GIS Lab, DVD & 65 p., http://maps.unomaha.edu/AnimatedFlightAtlas/, 2006.

Poli R., Ravenel L., Besson R., *Annual Review of the European Football Players Labour Market*,

Neuchâtel, Centre international d'étude du sport, 96 p., 2009.

Poli R., Besson R., Ravenel L., « Migrations glo-balles : les footballeurs africains dans le monde », *Afrique Contemporaine*, 2010.

Poli R., « Migrations de footballeurs et mondialisation: du système-monde à une approche relationnelle », *Mappemonde*, n° 88, 12 p., 2007.

Poli R., *Production de footballeurs, réseaux marchands et mobilités professionnelles dans l'économie mondiale – Le cas des joueurs africains en Europe*, thèse de doctorat de géographie, Université de Neuchâtel/Université de Franche-Comté, 2008.

Poli R., *Le marché des footballeurs. Réseaux et circuits dans l'économie globale*, Berne, Peter Lang, 2010.

Ravenel L., Besson R., Poli R., « Migração dos jogadores sud-americanos de futebol profissional para a Europa : uma abordagem geográfica », in : *12do encuentro de geografos de America latina*, Montevideo, Uruguay, 2009.