CARTOGRAPHIE DYNAMIQUE DES DÉPLACEMENTS INTRA-URBAINS

Par Jean-Marc ORHAN
Université Paris 1 Panthéon Sorbonne / Equipe PARIS, URA 1243 du CNRS
Avenir France - 20, Rue de l'Armorique - 75015 PARIS
Téléphone : 01 47 12 22 09 - Télécopieur : 01 47 12 24 81 - Mél : jean-marc.orhan@avenir.fr

Abstract :

The movement representation is a key matter for cartographers. As it's the case in graphic semiology, the GIS have not brought any new solutions yet. This study points out the various types of problems the cartographer is facing and the solutions that can be brought in terms of visualization by the data processing. Examples will be chosen from the geomarketing, in order to prove once again that one of the main fields of GIS use cannot work without the cartographers' know-how.
A survey made by outdoor advertising companies showed for each section of the network the number of passers-by and its variation during the day. These movements have been split within a grid, the grid units are more or less widened proportionally to the sum of the movements in this unit. Therefore, this work is associating a new method of movements representation by anamorphosis of the grid units. The maps resulting from this process are animated in order to create a dynamic visualization of the movements variation within a urban area. The contribution of the GIS is fundamental to run big volumes of data, to make topological operations (intersection of traffic density with grid) and to create original and dynamic cartographic pictures.

Résumé

La représentation du mouvement est un problème crucial en cartographie. Pas plus que dans le domaine de la sémiologie graphique les SIG n'ont jusqu'ici apporté de solutions très novatrices. Ce travail rappelle les différents types de problèmes auxquels le cartographe est confronté, et les solutions que les moyens informatiques peuvent apporter en terme de visualisation. Des exemples seront puisés dans le domaine du géomarketing, ceci afin de montrer une nouvelle fois que l'un des principaux domaines d'utilisation des SIG ne peut se passer du savoir faire des cartographes.

1. REPRÉSENTATION DU TAUX DE PÉNÉTRATION D'HYPERMARCHÉS

L'information la plus simple à représenter est un flux, c'est à dire un effectif de déplacements agrégés entre deux points. Classiquement, les migrations domicile-travail correspondent à ce type de données. La solution consiste à relier points de départ et points d'arrivée par une ligne dont l'épaisseur est proportionnelle à l'effectif des déplacements.

Le problème devient plus complexe quand les relations sont multiples. En géomarketing l'exemple le plus caractéristique est celui des aires de chalandise. L'information de base, obtenue par enquête auprès d'un échantillon de plus d'un million de ménages, est le taux de pénétration d'un point de vente dans un quartier. On sait que dans un quartier A, le magasin numéro 1 draine 35% des ménages, et que le magasin 2 draine 20%. Si l'information est de même nature que celle des migrations domicile-travail, elle se distingue par son degré de complexité, un même quartier envoyant des clients vers de nombreux hyper (4 à 5 magasins en centre ville).

Le problème posé au cartographe consiste à représenter le nombre d'habitants d'un quartier se rendant dans un hypermarché, sachant que plusieurs hypermarchés drainent des clients dans un même quartier. Le SIG permet de traiter cette information pour des volumes importants de données (ici plus de 38 000 quartiers et 1100 hypermarchés), la solution graphique que nous avons adoptée passe par des segments de droites, longs de 500m, partant du centre des quartiers et orientés dans la direction de l'hyper (figure 1). La couleur du segment correspond à celle de l'hyper et son épaisseur est calculée proportionnellement au nombre de clients.

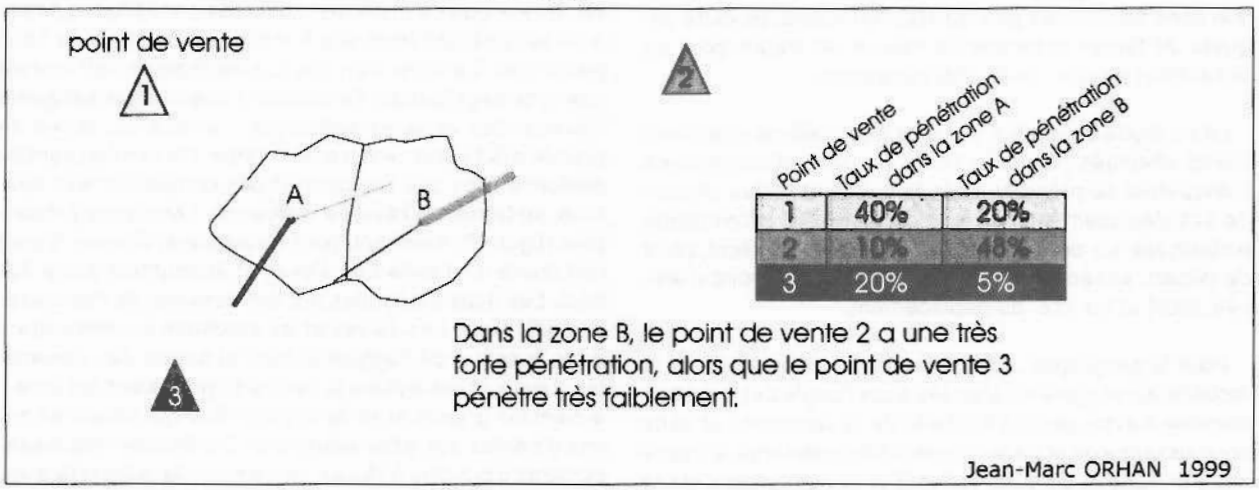

Figure1 : représentation du taux de pénétration d'hypermarchés

Dans sa version actuelle, le SIG-desktop que nous utilisons, Géoconcept 3.5, ne possède pas de visualisation par "oursins ". Le cas échéant, le transfert dans la base de données géographiques de la table qui stocke les couples quartiers-magasins aurait été très lourd. En effet dans cette table les quartiers sont dupliqués autant de fois qu'ils ont une relation avec un hyper différent. Pour intégrer cette information dans la base de données géographiques, dans laquelle il n'est pas possible de dupliquer les quartiers, il aurait fallu créer pour chaque quartier une série de champs contenant les identifiants des hypermarchés, et une série de champs contenant leur taux de pénétration respectif. Une limitation aux quatre premiers hypermarchés pour chaque quartier oblige à créer huit champs pour chacun des 38 000 quartiers. Il est donc bien plus avantageux de conserver l'information sous la forme d'une table au sein d'une base de données relationnelle . Pour réaliser la cartographie des zones de clientèle nous n'avons donc pas utilisé un outil de visualisation intégré au SIG ; les segments de droites sont générés au sein d'une base de données qui contient les coordonnées des centres des quartiers, ainsi que des hypermarchés. Un petit programme génère 43 000 segments sous forme d'un fichier texte correspondant au format d'importation du SIG. Cette simplicité de création de nouveaux objets par le biais d'un format d'importation simple (identifiants et champs de l'objet, qui sont suivis de ses premières coordonnées puis des décalages des points composant sa segmentation par rapport au point précédent) permet au cartographe de mettre en œuvre des solutions graphiques qui ne sont pas réalisables avec les outils de représentation présents au sein du SIG. Le cartographe affirme son savoir faire par la conception d'une solution graphique permettant une visualisation efficace de l'information. Ces mouvements de population ont la particularité de ne pas être référencés dans le temps et peuvent être assimilés à une droite.

2. REPRÉSENTATION DES DÉPLACEMENTS

Les panneaux grand format (affichage publicitaire de 4m par 3m) sont un support privilégié de publicité ; on en dénombre 200 000 en France répartis au sein des principales agglomérations mais aussi d'unités urbaines plus petites. Les sociétés d'affichage françaises ont mis en place un système de mesure d'audience en affichage qui permet, pour chaque panneau, le calcul du nombre de personnes d'une catégorie de population donnée, qui sont passés dans sa zone de visibilité. Pour ce faire, il a fallu réaliser une enquête sur les déplacements de la population dans 55 villes de plus de 100 000 habitants; cette enquête de terrain a permis de relever les trajets pour un échantillon de plus de 45 000 personnes.

La méthode d'enquête consiste à recueillir les déplacements effectués par un individu, au cours d'une journée L'enquêteur se présente chez le sondé et relève chacun de ses déplacements sur une cartographie informatique embarquée sur un portable. Chaque trajet est décrit, point de départ, ensemble des voies empruntées, point d'arrivée, motif et horaire du déplacement.

Pour le géographe, cette information est inédite, car la mobilité est en général abordée sous l'angle des navettes domicile-travail, donc à l'échelle de la commune et sans connaissance de la trajectoire des déplacements. Ici, pour chaque tronçon de voie, l'effectif et la composition de la fréquentation sont connus.

Un traitement de l'information par carroyage nous a semblé être le moyen de prendre en compte les variations spatiales de l'intensité des déplacements. Ce procédé permet de synthétiser l'information en terme de densité des déplacements quand l'intensité est forte, et dans les zones périphériques où elle est plus diluée ; il conserve la forme du réseau de circulation. De linéaire, l'information devient zonale. Pour chacune des agglomérations, les déplacements relevés sont répartis dans des mailles identiques. Au sein d'un système d'information géographique, on plaque les mailles au-dessus des trajets. Il suffit alors pour chaque maille de compter le nombre de trajets qui l'intersecte et de dénombrer les composantes de ce flux total en terme de CSP, de motifs et d'horaires. La base de données pour l'ensemble des 53 villes traitées se résume à 90 000 mailles de 400m de côté et aux informations qui leur sont attachées. L'information gagne non seulement en volume mais aussi en simplicité d'emploi.

Le carroyage est aussi le moyen de réaliser une cartographie des déplacements : une représentation du total des déplacements traversant une maille est obtenue par une variation de la surface d'un symbole carré implanté au centre de cette maille. On donne ainsi au lecteur l'impression que c'est la maille elle-même qui se déforme, ce qui approche les procédés classiques d'anamorphose. En général, le centre ville apparaît comme un amas très dense, et les successions de carrés de taille importante vers la périphérie marquent les pénétrantes et les rocades. Les trois cartes qui montrent les configurations des déplacements révèlent aussi leur forte structuration selon un modèle centre-périphérie. Cette forte décroissance des flux s'effectue avec des irrégularités, notamment du fait de la présence de rocades éloignées, comme à Lyon (figure 2). Les axes permettant un écoulement aisé, routes à quatre voies et grands boulevards, structurent les flux et parfois les éloignent du centre de la ville. À St -Étienne, l'autoroute qui trace un demi cercle autour de l'agglomération draine le flux de manière importante, limitant la concentration des flux autour du centre. A l'inverse, à Strasbourg (l'enquête a été réalisée avant l'interdiction à la circulation du centre ville) la bonne qualité du réseau et la présence d'une rocade proche du centre concentre les flux au maximum autour du centre, augmentant le gradient centre- périphérie; seules les grandes pénétrantes conservent un flux important en périphérie.

Les mailles déformées peuvent être colorées afin de cartographier la part d'une CSP dans le flux total. On associe alors la part de la CSP représentée à la taille du carré ; on corrige ainsi les erreurs de lecture dues aux petits effectifs. Savoir qu'une maille est traversée par 33 % d'ouvriers a un sens très différent si le flux total est de 10 ou de 1000 personnes. La répartition des flux de chaque CSP montre une forte ségrégation. On constate que chaque catégorie traverse des espaces spécifiques, et que les zones de grande mixité sont relativement rares. Ce résultat semble conforme à ce que l'on connaît des comportements spatiaux en terme de lieux de résidence. Les cartes présentées (figure 3) montrent, pour Grenoble et Rouen, la part des ouvriers et celle des élèves et étudiants dans le flux total. Les deux catégories ont des espaces de fréquentation différents. Les élèves et les étudiants se concentrent dans le centre de l'agglomération et autour des universités. Les ouvriers évitent le centre et pratiquent essentiellement les grands axes de la périphérie qui relient les zones d'habitat aux sites industriels. Sur la carte des déplacements d'ouvriers à Rouen, on retrouve la prépondérance de la rive gauche sur laquelle sont localisés les emplois et

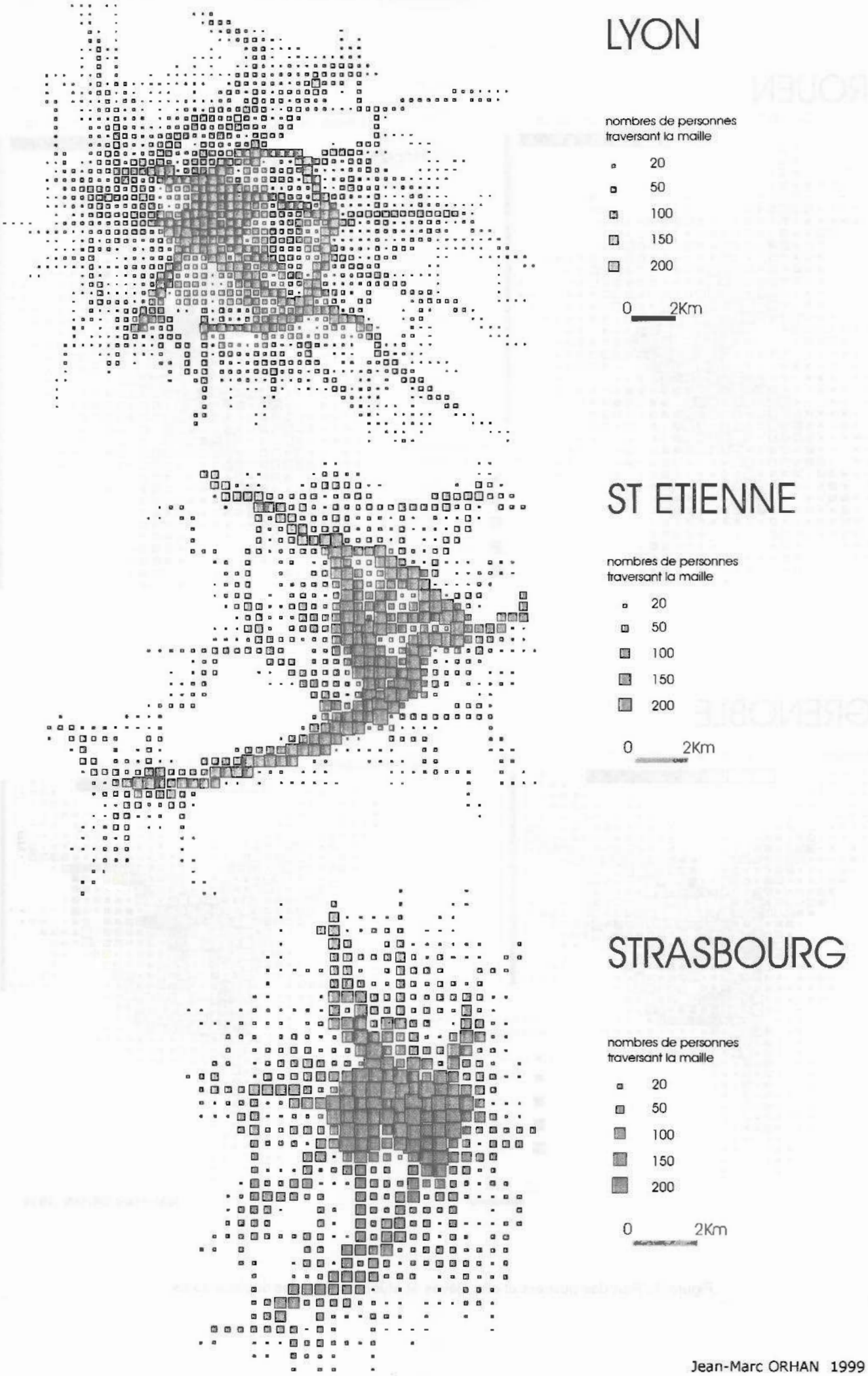

Figure 2 : Configuration des déplacements

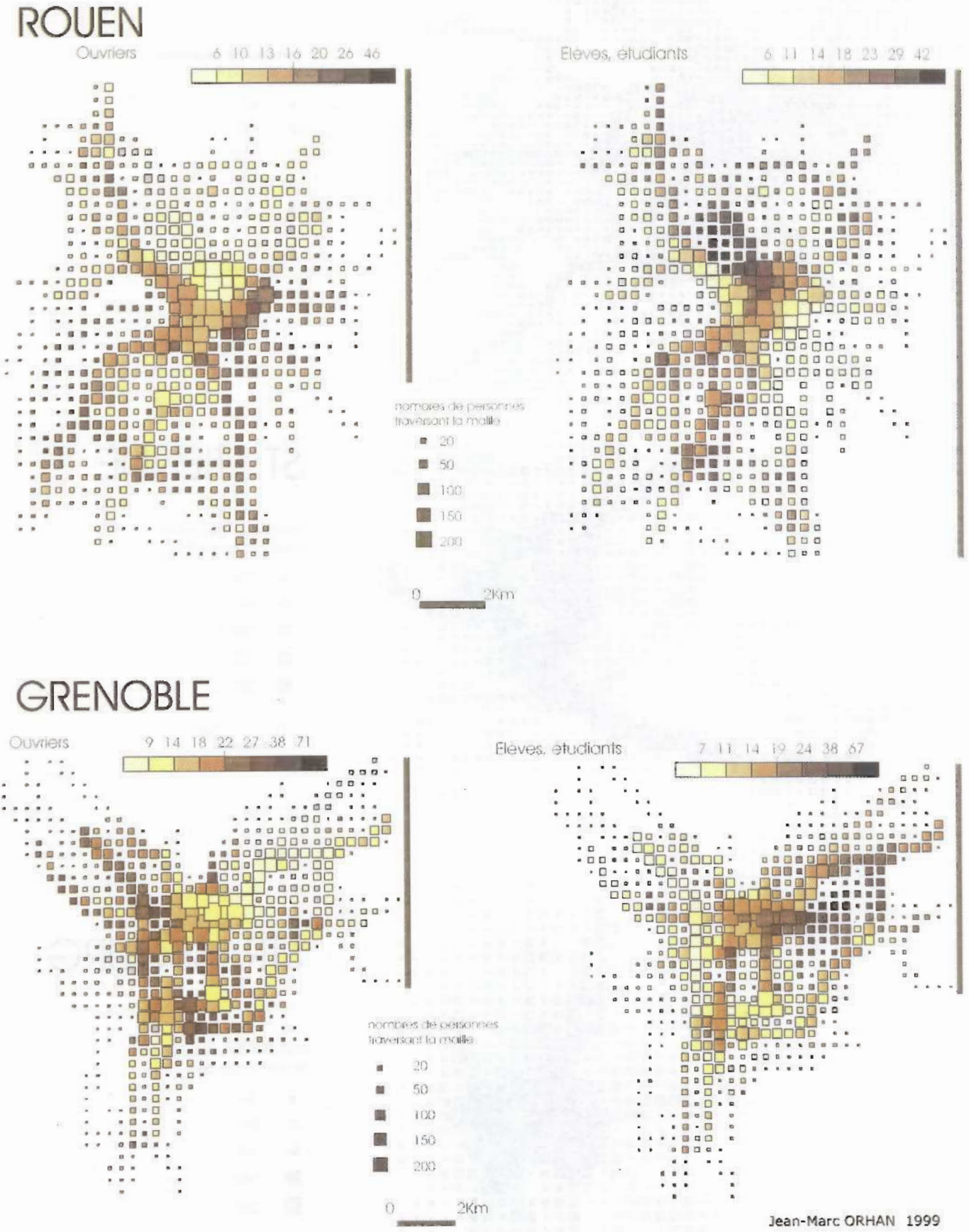

Figure 3 : Part des ouvriers et des élèves et étudiants dans les déplacements

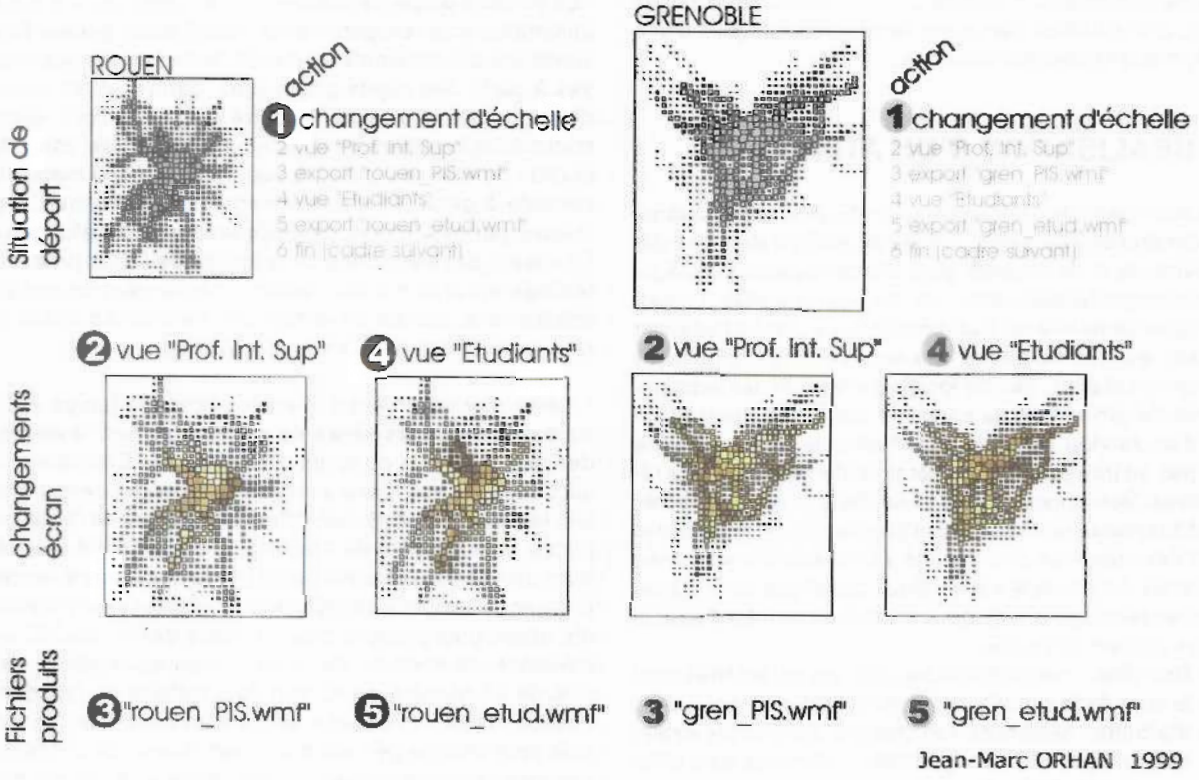

Figure 4 : Principes d'actions des cadres

les logements ouvriers, les sites industriels et les quartiers de logements ouvriers apparaissent nettement, ainsi que les axes qui les relient. Le même type de cartographie peut être réalisé pour montrer la répartition spatiale de l'habitat. La taille des mailles est proportionnelle au volume de population (ventilé dans les mailles à partir des îlots), une variation de valeur représentant la part d'une catégorie de population donnée.

3. RÉALISATION D'UN ATLAS

Le projet était de réaliser un atlas qui, pour les cinquante agglomérations étudiées, montre la configuration des déplacements et de l'habitat pour chacune des huit catégories socio-professionnelles, soit huit cents cartes. Le cartographe se heurte ici à un problème de productivité, car si dans les SIG on trouve une nombre important d'outils de représentation , peu de logiciels intègrent des fonctionnalités de production de séries de cartes. Or, dans le cadre d'un service réalisant des études, le cartographe ne doit pas se transformer en opérateur de manipulations répétitives. Son apport doit se situer dans la capacité à traiter et à représenter l'information géographique. Nous avons donc développé un outil destiné à la production en masse de cartes. Le principe est d'utiliser des objets surfaciques (cadres rectangulaires) qui vont avoir la faculté d'exécuter les actions suivantes :

- **Requête** : exécuter une requête, les paramètres sont le nom de la requête et les paramètres de celle-ci.
- **Visibilité** : déclenche l'affichage d'une vue préalablement préparée (configuration d'affichage des différents types d'objets).
- **Échelle** : modifie l'échelle de visualisation de la carte.
- **Export** : crée un fichier vecteur (Windows MetaFile) sur la zone correspondant au cadre.
- **Fin** : passe au cadre suivant.

Une fois tracé un cadre rectangulaire autour de chaque agglomération, on lui affecte des paramètres d'export. La première action lancée par un cadre est une mise à l'échelle ; une formule, basée sur les dimensions du cadre propre à chaque agglomération, calcule l'échelle adaptée pour que chaque carte ait les mêmes dimensions. Les actions suivantes sont une succession de changement de visibilité, afin d'afficher les cartes de chacune des catégories, et d'export afin de créer les fichiers graphiques. Si l'on excepte l'échelle, le paramétrage est identique pour l'ensemble des cadres. Une fois les cadres sélectionnés on lance l'action et l'ensemble des cartes est produit de manière automatisée.

La dernière étape, celle de la mise en page, est elle aussi automatique: un programme en visual basic génère l'assemblage des différents éléments, texte, bornes des classes à partir des objets graphiques, cartes, et les divers objets graphiques (échelle, barre de séparation). Cette méthodologie entièrement automatisée assure une production de masse rapide, la seule intervention manuelle consiste à gérer les chevauchements occasionnels provoqués par des formes d'agglomérations très allongées. La mise à jour des cartes de la totalité de l'atlas peut être réalisée en une journée, le cartographe peut choisir de modifier une couleur ou la méthode de mise en classe et réaliser rapidement une nouvelle version.

Cette information étant référencée dans le temps, nous avons construit des séries de cartes montrant l'évolution des déplacements au cours d'une journée. Ces cartes se succèdent au sein d'une animation qui permet de voir évoluer les déplacements. Les différentes étapes de l'anamorphose se succèdent de manière fluide, simulant une déformation continue des mailles du carroyage dans le temps. Le principe des cadres capables de réaliser des actions a été retenu pour produire chaque image de film. Le SIG en calculant l'intersection des trajets avec les mailles , calcule de 15 minutes en 15 minutes, l'effectif du flux dans chaque maille. On dispose ainsi de 96 cartes, et l'on calcule pour chaque période d'un quart d'heure 3 cartes qui assurent la transition fluide d'une image à l'autre par calcul d'interpolation. On obtient ainsi un total de 20 cartes par heure, soit 480 pour une journée. Les images ainsi produites sont insérées dans un film au format Windows (AVI), à l'aide d'un programme en visual Basic.

Ce travail associe donc un nouvelle méthode de représentation des déplacements par anamorphose des mailles d'un carroyage à l'animation de ces cartes afin de créer une visualisation dynamique de la variation des déplacements au sein d'une agglomération. L'apport du SIG est ici fondamental tant pour gérer de gros volumes d'information, pour réaliser des opérations topologiques (intersection des flux avec le carroyage), que pour créer des images cartographiques originales et dynamiques.

Bertin, J. (1967) , Sémiologie Graphique , Mouton, Paris La-Haye.

Lajoie G. (1992), Le carroyage des informations urbaines , publications de l'université de Rouen, Rouen.

Orfeuil J.P. (1994), Du logement aux territoires du quotidien : la mobilité, Colloque plan construction, Paris.

Orhan J.M. (1999), Traitement de l'information dans un SIG : application à l'étude des déplacements dans les villes françaises, Thèse en cours, université Paris I.

Orhan J.M., de GOLBERY L. (1995) , Sémiologie graphique, le retour, actes de la 17e conférence cartographique internationale, Barcelone.