

— DE NOUVELLES MÉTRIQUES POUR LES RÉSEAUX VIAIRES POUR UNE AUTO-ORGANISATION DE LA VILLE ALLANT DANS LE SENS DE LA DURABILITÉ. VERS LA VILLE LENTE MAIS ACCESSIBLE

Cyrille Genre-Grandpierre, Maître de conférences en géographie
Université d'Avignon et des Pays de Vaucluse (France)

Courriel :
cyrille.genre-grandpierre@univ-avignon.fr

Francesco Ciari, Chercheur
ETH, Zurich (Suisse)

Courriel :
ciari@ivt.baug.ethz.ch

RÉSUMÉ

En milieu urbain l'accessibilité aux aménités est essentiellement obtenue en ayant recours à la vitesse automobile générée par la structure hiérarchisée des réseaux routiers. Ce type d'accessibilité ayant comme externalité négative une forte dépendance à l'automobile, nous proposons d'introduire de nouvelles métriques pour les réseaux routiers (en baissant les vitesses, en les homogénéisant et en introduisant un nouveau type de métrique : la métrique lente) et d'en voir les effets sur l'accessibilité. Dans un premier la localisation et le type d'aménités (ici des commerces) sont considérés comme donnés, alors que dans un second temps nous modifions la distribution et la taille des commerces conjointement aux modifications de métriques. Pour chaque scénario nous évaluons l'accessibilité produite du point de vue de l'efficacité mais aussi de la durabilité. L'objectif est de voir s'il est possible d'obtenir un bon niveau d'accessibilité (ici aux commerces) en s'affranchissant de la dépendance automobile et plus globalement de voir s'il est possible de faire de la métrique des réseaux un levier d'aménagement pour enclencher une auto-organisation de la ville allant dans le sens de la durabilité.

MOTS-CLÉS

Accessibilité, commerce, métriques, réseaux routiers, mobilité durable.

ABSTRACT

In urban context, accessibility is essentially ensured by fast car travel through a highly hierarchical road network. This type of accessibility generates strong car dependency and several other negative externalities. In order to reduce such externalities, we propose here the introduction of a “slow metric” obtained reducing and homogenizing speed on the network. The work presented in this paper is aimed at evaluating the effect of this metric on accessibility. At first, the location of the different amenities – we looked here specifically at retail shops – is considered as given and fixed. Next, the size and the location of the shops are modified parallel to the changes in the metric. Each scenario is evaluated in terms of how effective but also how sustainable the impact on accessibility is. The ultimate goal is to understand if it is possible to obtain a good level of accessibility (the retail shops in this case study) moving away from car dependency but also, at a global scale, if it is possible to use network metrics to unleash an auto-organisation process going toward more sustainable urban forms.

KEYWORDS

Accessibility, retail, road network, metric, sustainable mobility.

—

« Une ville s'offre comme le produit involontaire d'interactions multiples entre des acteurs nombreux » (Pumain, 1998, p. 63). Pendant très longtemps, ce fort niveau d'interaction, qui constitue une des principales qualités de la ville en permettant notamment l'émergence des économies d'agglomération (Huriot, 1998), a essentiellement été atteint par le biais de la compacité morphologique et conséquemment de la densité. C'est la densité qui permettait d'obtenir un fort potentiel d'interactions sociales, entendu comme la facilité d'entrer en interaction avec l'autre, ainsi qu'une bonne accessibilité aux aménités urbaines. Aussi, la baisse de densité qui a accompagné l'étalement urbain de ces 30 dernières années a-t-elle parfois été perçue comme « la fin des villes ». Toutefois, assimiler densité de population et potentiel d'interactions s'avère être un fâcheux raccourci. En effet, si on définit ce potentiel comme le nombre d'individus (ou d'aménités), que l'on peut atteindre au départ d'un lieu, en un temps donné avec un mode de transport donné, on voit immédiatement qu'il dépend certes de la distribution spatiale de la population (et donc de la densité) mais aussi des facilités de déplacement et plus spécifiquement de leur vitesse. Deux espaces avec des densités différentes peuvent ainsi présenter les mêmes potentiels d'interactions sociales si les vitesses de déplacement diffèrent. Le réseau routier, qui par sa topologie, sa morphologie et ses fonctionnalités définit ce qui est accessible au départ d'un lieu en un temps donné, joue donc un rôle capital dans la définition de ce qu'est la ville du point de vue fonctionnel et dans la différenciation spatiale des situations en termes d'accessibilité. Ce constat est particulièrement vrai pour les automobilistes puisque c'est pour eux que la métrique¹ produite par le réseau routier diffère le plus de la métrique euclidienne homogène et isotrope de l'espace (pour les autres modes les différences fonctionnelles entre les différents tronçons du réseau sont moins importantes notamment en matière de vitesse). Pour autant, bien que son importance apparaisse « évidente » dans le fonctionnement urbain (Wiel, 2002), le réseau routier et ses possibles externalités liées à sa structure morfo-fonctionnelle restent mal connus. Le réseau est en effet le plus souvent considéré comme un acquis, que l'on modifie à la marge, mais trop peu souvent comme un objet de recherche en lui-même (Dupuy, 1991). Si des travaux ont déjà pu montrer les effets de la structure des réseaux routiers (leur connectivité notamment) sur l'intensité de la pratique de la marche à pied ou du vélo (Foltête *et al.*, 2008) ou encore sur l'arrangement

1 Afin d'alléger le texte et bien que toutes les hypothèses mathématiques permettant de parler de métrique au sens strict ne soient pas vérifiées, nous appellerons métrique d'un réseau viaire utilisé par un véhicule donné, le type d'accessibilité qu'il génère, c'est-à-dire la façon dont il tend à induire le rapprochement ou l'éloignement des lieux dans l'espace vécu par rapport à leur position euclidienne.

spatial des flux, (Hillier *et al.*, 1993) il reste difficile de généraliser des liens entre structure du réseau, formes d'accessibilité induites et externalités en termes de forme et fonctionnement de la ville. Existe-t-il des réseaux routiers qui soient intrinsèquement plus favorables à l'étalement urbain, à l'équité spatiale en termes d'accessibilité parce qu'ils limiteraient l'effet de dualisation de l'espace c'est-à-dire le fonctionnement de l'espace à différentes vitesses, ou encore des réseaux qui concourraient à des localisations plus « durables » des aménités urbaines parce que plus accessibles à courte portée ? Si ces questions restent très largement en suspens c'est en partie parce qu'il reste difficile de subsumer la structure morpho-fonctionnelle des réseaux et les accessibilités produites à l'aide d'indicateurs pertinents et discriminants (Béguin et Thomas, 1997).

Partant de ce constat, le sens général de nos travaux est de chercher à mieux connaître quels peuvent être les effets sur la forme et le fonctionnement des villes des types d'accessibilités produites par les différents réseaux routiers existants pour, dans un second temps, être en mesure de les aménager de façon à ce que leur externalités aillent dans le sens de plus de durabilité. Formulée autrement, la question est de savoir si la métrique des réseaux peut effectivement être un levier pour produire une offre urbaine écologique et attentive aux impératifs de la justice urbaine en induisant une auto-organisation de la ville allant dans le sens de la durabilité.

À titre illustratif, nous chercherons ici à simuler les conséquences de changements de métriques sur l'accessibilité aux commerces et sur leur localisation. Nous chercherons en particulier à savoir s'il existe des métriques pour lesquelles l'offre commerciale va se localiser et se reformater de façon à ce que l'accessibilité à cette offre soit plus équitable et moins dépendante de la vitesse et donc *in fine* de l'automobile.

Dans cette perspective, nous commencerons par décrire la métrique des réseaux routiers actuels et à en voir les conséquences sur la dépendance automobile et l'étalement urbain. Dans un second temps, en prenant comme exemple le réseau routier de l'agglomération zurichoise, nous proposerons des changements de métriques et simulerons à l'aide de traitements SIG et d'un système multi-agents, visant à reproduire les comportements des individus, les effets de ces modifications sur la structure commerciale, modifications que nous évaluerons du point de vue de la durabilité.

— LA MÉTRIQUE « ACCELERANTE » DES RÉSEAUX ACTUELS ET SES EFFETS NÉGATIFS SUR L'ÉTALEMENT URBAIN ET LA DÉPENDANCE AUTOMOBILE

En rapportant l'efficacité des trajets automobiles² à leur portée, quelle que soit leur origine et leur destination, on constate que cette efficacité croît fortement et systématiquement pour des portées allant un à 80 kilomètres. Même s'il existe des variations dans les valeurs absolues des efficacités, le même principe s'avère partout valable : plus on va loin, plus on va vite (*figure 1*). L'explication de cette métrique « accélérante » tient à la hiérarchisation fonctionnelle des réseaux par la vitesse. En effet, plus on va loin, plus la part du trajet effectuée sur les infrastructures rapides augmente, ce qui se traduit par l'augmentation de l'efficacité.

L'accessibilité, entendue comme la facilité à accéder à une portion d'espace ou un ensemble d'aménités, n'est donc pas strictement proportionnelle à la durée des trajets. Relativement au rapport nombre d'opportunités / temps de transport, chaque seconde de plus passée avec une automobile sur un réseau à une valeur supérieure aux secondes précédentes. Tout se passe donc comme si la métrique des réseaux poussait les individus à aller toujours un petit peu plus loin puisque leur choix s'élargit plus vite en proportion que n'augmente le temps de transport. Aussi, cette métrique « accélérante » des réseaux routiers actuels peut-elle être considérée comme un véritable moteur de l'étalement urbain puisqu'elle permet aux individus de distancier leurs lieux de vie sans pour autant en payer « proportionnellement » le prix en termes de temps de transport (dans la limite du budget temps de transport quotidien que l'on se fixe).

De plus, la métrique accélérante n'étant valable à l'échelle des agglomérations urbaines que pour le mode automobile (pour les autres modes les vitesses sont peu ou prou constantes), on peut considérer que la métrique des réseaux actuels revient à encourager l'usage de l'automobile ou pour le moins à en assurer la supériorité en termes d'efficacité dès lors que la portée des trajets s'allonge.

2 L'efficacité est égale à la portée du trajet (i.e. la distance à vol d'oiseau entre origine et destination), divisée par la durée réelle du trajet. L'efficacité est une mesure plus pertinente que la vitesse car elle permet de supprimer le biais liés aux détours qu'impose la structure du réseau. Par exemple, dans le cas d'un réseau obligeant à de grands détours mais pour lequel la vitesse de déplacement est élevée, la vitesse moyenne des trajets sera forte sans pour autant que l'accessibilité soit bonne, ce qui ne sera pas le cas avec l'efficacité.

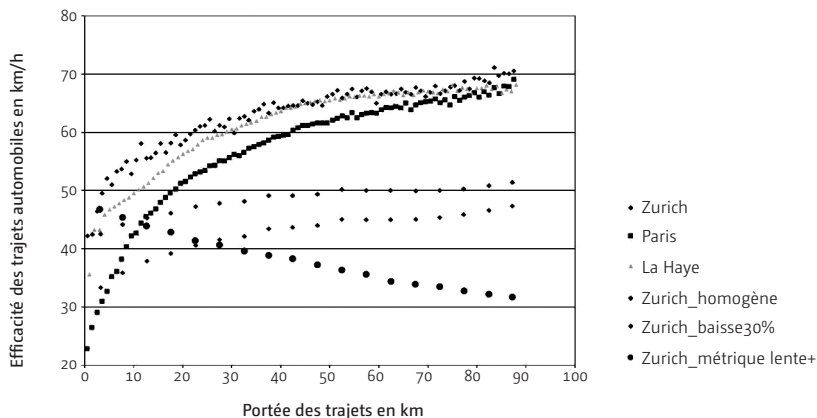


Figure 1 : Métriques actuelles et simulées. (source : C. Genre-Grandpierre)

— QUELLES AUTRES MÉTRIQUES ?

La métrique des réseaux rapides et hiérarchisés par la vitesse semblant être défavorable à l'émergence d'une organisation et d'un fonctionnement de la ville allant dans le sens de la durabilité, nous proposons de modifier les réseaux actuels de façon à obtenir d'autres types de métriques pour, dans un second temps, en analyser les effets sur l'organisation de la ville et plus spécifiquement ici sur la structure commerciale.

Le terrain d'étude choisi est l'agglomération zurichoise car il existe un jeu de données très complet permettant notamment de faire fonctionner le système multi-agents Matisim (www.matsim.org) utilisé pour simuler les comportements des individus. Le réseau de Zurich utilisé comprend 13 000 arcs pour un total de 15 000 kilomètres avec 1 500 kilomètres de voies sur lesquelles la vitesse est supérieure ou égale à 90 km/h et 2 300 km de voies avec des vitesses inférieures à 50 km/h. Pour le reste, les vitesses varient de 55 à 80 km/h.

Ce réseau produisant une métrique accélérante (*figure 1*) nous proposons de simuler trois transformations :

- en baissant les vitesses sur tous les arcs de 30% : scénario *Bais*. Cette baisse correspond à une tendance actuelle de l'aménagement urbain qui se fait au nom de la sécurité, de la limitation de la pollution et des consommations d'énergie, de l'augmentation de l'efficacité relative des modes non automobiles, mais aussi dans une logique de chrono-aménagement qui cherche à « contraindre » les individus en rapprochant leur lieux de vie de façon à éviter une explosion de leur budget temps de transport quotidien.
- en homogénéisant les vitesses, c'est-à-dire en augmentant légèrement les vitesses des voies les plus lentes et en diminuant celles des voies les plus

rapides (*tableau 1*) : scénario *Homog*. L'objectif est ici de limiter la dualisation de l'espace ou dit autrement de rendre la différenciation spatiale de l'accessibilité moins forte. Il est aussi de mieux distribuer l'intermédiarité (probabilité d'un arc de se trouver sur des plus courts chemins liant des lieux *i* et *j*) pour obtenir une distribution plus homogène des flux (Hillier *et al.* 19993).

- en ajoutant des feux de circulation de façon à s'approcher d'un type de métrique résolument différent des métriques actuelles que nous appellerons métrique lente (Genre-Grandpierre, 2007) : scénario *ML*. En bref, il s'agit d'inverser la logique de la métrique des réseaux actuels de façon à réintroduire la contrainte de proximité physique dans les choix des individus en « faisant payer en temps » la distanciation des lieux de vie. Alors qu'aujourd'hui plus on va loin plus l'efficacité des trajets automobiles est forte (*figure 1*), ce qui permet aux individus de se déplacer à longue portée sans en payer le prix en temps, avec des réseaux lents c'est l'inverse, c'est-à-dire que l'efficacité des trajets diminue avec leur portée (*figure 1*). On obtient ce type de métrique en disposant des feux dont le nombre et la durée sont liés par une loi de puissance (peu de feux longs, davantage de feux moyens, encore plus de feux courts). Ces feux sont ensuite disposés soit aléatoirement, soient en fonction du degré d'intermédiarité de chaque arc pour des types de trajets donnés. Ainsi, plus un arc va avoir une forte probabilité d'être intégré dans de nombreux trajets de longue portée, plus la probabilité qu'un feu long y soit localisé va être forte (pour plus de détails, voir Banos, Genre-Grandpierre, 2011). Ici 757 feux ont été localisés avec des durées variant de 30 à 383 secondes.

Vitesse actuelle	Bais (-30%)	Homog	ML (Vitesse actuelle + feux)
15	15	15	15
35	24.5	40	35
40	28	45	40
45	31.5	50	45
50	35	50	50
55	38.5	50	55
60	42	55	60
65	45.5	55	65
70	49	60	70
80	56	65	80
90	63	70	90
100	70	70	100
120	84	80	120

Tableau 1 : Les vitesses pour les différents scénarios.

— NOUVELLES MÉTRIQUES – ACCESSIBILITÉ AUX COMMERCES ET REFORMATAGE DE L’OFFRE COMMERCIALE POUR PLUS DE DURABILITÉ

MÉTHODE

Pour savoir si un changement de métrique des réseaux peut être un levier pour enclencher un processus d’auto-organisation de la ville allant dans le sens de la durabilité nous avons utilisé des simulations réalisées à l’aide d’un système d’information géographique et le système multi-agents (SMA) *Mat-sim* (Ciari et Axhausen, 2012). La logique du SMA est la suivante. Les agents (ici un échantillon de 8760 individus) agissent dans un environnement artificiel. Chaque individu, localisé au départ de la simulation à son domicile, a un programme d’activités à réaliser (un plan). Il doit par exemple aller au travail, puis faire des courses et enfin se rendre sur son lieu de loisir avant de rentrer chez lui, ce qui correspond à la demande initiale de transport qui a été calibrée à partir de données de recensement. À partir de cette demande initiale, chaque agent va chercher à optimiser sa chaîne d’activités quotidiennes par un jeu d’essais et d’erreurs. Il peut ainsi changer de chemin, changer de mode de transport (voiture, transport public, marche et vélo), changer les horaires de ses activités en respectant certaines contraintes temporelles (par exemple, il faut que le lieu de travail ou les magasins soient ouverts pour pouvoir s’y rendre), et enfin il peut changer la localisation de ses lieux de shopping et loisirs (mais pas celle du domicile, du travail ou du lieu d’étude qui sont fixes). À chaque itération 10% des agents ont cette possibilité de modifier leur plan en cherchant à maximiser leur utilité individuelle.

L’utilité d’un plan U_{plan} correspond à la somme des utilités des activités réalisées $U_{act,i}$ plus la somme des désutilités liées à la réalisation des trajets $U_{trav,i}$:

$$U_{plan} = \sum U_{act,i} (type_i, debut_i, dur_i) + \sum U_{trav,i} (loc_{i-1} - loc_i)$$

Avec $type_i$: le type de l’activité réalisée ; $debut_i$: horaire du début de l’activité et dur_i la durée de l’activité.

Un score est attribué à chaque essai de plan en fonction de l’utilité qu’il a procuré à l’agent qui au final va garder le plan ayant obtenu le meilleur score. Précisons que les calculs de temps de transport tiennent compte des interactions avec les autres agents qui peuvent provoquer une forte densité de trafic voire des bouchons. Aussi les temps de parcours des agents s’éloignent plus ou moins des temps théoriques optimaux selon l’intensité du trafic que le réseau a à prendre en charge.

Parallèlement aux simulations SMA nous avons effectués des traitements plus classiques à l’aide d’un SIG en calculant pour chaque scénario de vitesse et

différentes configurations de commerces l'accessibilité des agents aux commerces et leurs aires de chalandise. Nous avons ici utilisé la formule simple et classique de Stewart selon laquelle l'intérêt d'un magasin j pour un individu i est donné par $U_{ij} = M_j / D_{ij}$ avec M_j la taille du magasin en mètres carrés et D_{ij} la distance temps entre le domicile de i et le magasin j .

Les résultats ci-dessous ont été obtenus soit avec le SMA soit avec les simulations SIG.

QUELS EFFETS SUR LES ACCESSIBILITÉS DE CHANGEMENTS DE VITESSE SUR LES RÉSEAUX ROUTIERS ?

Pour les trois scénarios testés (*Bais*, *Homog* et *ML*) on constate tout d'abord logiquement (eu égard aux baisses de vitesse simulées) que l'accessibilité se dégrade puisque le total des distances temps pour aller aux commerces augmente de 15% pour les scénarios *Homog* ou *ML* à plus de 40% pour le scénario *Bais*. La satisfaction moyenne pour les agents, qu'elle soit mesurée avec l'indice de Stewart ou grâce aux scores donnés par le SMA, diminue quant à elle de 8 à 30% par rapport à la situation d'origine. En revanche, on peut noter que le total des distances mesurées en kilomètres diminue également (de moins 8% pour le scénario *Homog* à moins 36% pour le scénario *ML*), ce qui s'explique par le fait que la baisse des vitesses simulée dans les différents scénarios contraint les individus à choisir des commerces plus proches de leur domicile ou de leur lieu de travail. La friction de la distance étant plus forte, elle diminue l'attractivité relative des « grands magasins » lointains. Précisons que pour les simulations SMA la disposition des magasins correspondaient à la réalité et que tous les magasins ont été considérés comme ayant la même taille, alors que pour les simulations SIG nous avons utilisés une distribution théorique de 48 magasins avec une taille variant de 700 à 6 000 m². On notera par ailleurs que tous les scénarios envisagés de vitesse produisent une meilleure équité en termes d'accessibilité aux commerces puisque l'écart type des satisfactions individuelles diminue en général d'un quart.

Enfin, les simulations SMA permettent de mesurer l'effet de la modification des vitesses sur les parts modales. En effet, puisque les vitesses sur le réseau changent, cela revient à redéfinir la compétitivité relative des différents modes. On peut ainsi voir que dans tous les cas les parts modales des modes doux augmentent. Par exemple la part modale du vélo est multipliée par deux pour *Homog* et par cinq pour *Bais*. Cette augmentation se fait au détriment de l'automobile mais aussi des transports publics (TP) qui utilisent la route et subissent de ce fait aussi des baisses d'accessibilité (la configuration actuelle du SMA ne permet pas de garder l'accessibilité constante pour le TP comme ce serait le cas avec des sites propres généralisés).

Ainsi, ces premiers résultats permettent de montrer que diminuer les vitesses

sur réseau routier est un moyen pour diminuer les kilomètres parcourus, homogénéiser les situations en termes d'accessibilité et favoriser les modes doux. Toutefois, les pertes d'accessibilité en temps paraissent beaucoup trop fortes pour que de telles propositions puissent être acceptables.

RECONFIGURATION DES AMÉNITÉS COMMERCIALES ET ACCESSIBILITÉ

Modifier le réseau routier en diminuant la compétitivité automobile pour espérer aller vers une mobilité plus durable semblant peu réaliste étant donné les pertes d'accessibilité engendrées, nous avons dans un second temps envisagé une action conjointe sur le réseau et les localisations et taille des commerces.

Deux des scénarios testés sont présentés ici.

- Pour le premier (1), le nombre et la localisation des commerces n'ont pas évolué mais leur taille a été fixée à 1 141 m² ce qui permet de conserver le nombre de mètres carrés commerciaux constant par rapport à la situation d'origine.
- Pour le second (2), nous avons gardé la localisation des commerces d'origine mais leur taille a été fixée à 700 m². De plus, la différence de mètres carrés commerciaux avec la situation d'origine a été utilisée pour créer 34 nouveaux magasins répartis dans les zones d'insatisfaction locale par rapport à la situation d'origine. Ces zones d'insatisfaction ont été définies en calculant localement le nombre d'individus insatisfaits dans des cercles de dix kilomètres de rayon, sachant que les agents insatisfaits correspondent aux 33% des valeurs les plus faibles du potentiel de Stewart. Le total de mètres carrés commerciaux est donc le même que dans la situation d'origine, mais le nombre et la taille des aménités ont été changés.

Pour ces différentes distributions de commerces nous avons recalculé pour les différents scénarios de vitesses quel commerce était choisi par quel agent de façon à maximiser le potentiel de Stewart, ainsi que des indicateurs agrégés tels que le total de kilomètres parcourus, le total des temps de transport, etc. Pour la configuration 1 des commerces, les résultats montrent que la somme des temps et des distances diminue très fortement pour tous les scénarios de vitesse par rapport la situation d'origine comme l'illustre la figure 2 (baisse de moitié ou plus pour les temps et jusqu'à moins 85% pour les distances kilométriques pour la métrique lente).

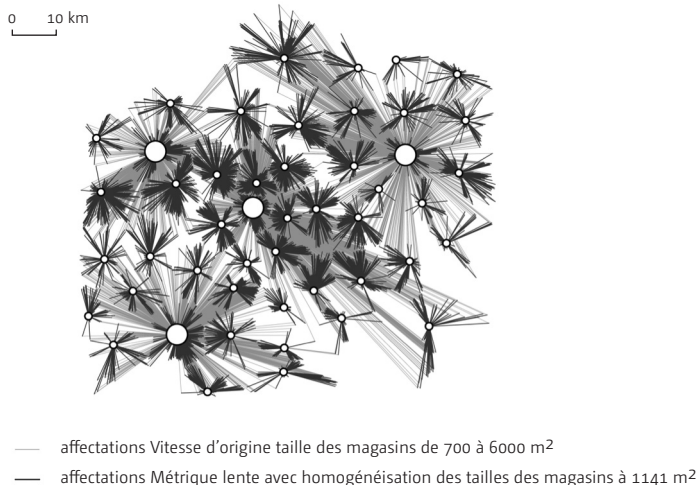


Figure 2 : Changements de lieux de commerces consécutifs, à un changement de métrique et à un reformatage de la taille des commerces (source : C. Genre-Grandpierre)

Malheureusement la satisfaction diminue elle aussi de moitié. Ce premier scénario permet donc de montrer qu'agir sur les aménités (ici les commerces) est plus puissant en termes de reconfiguration des accessibilités qu'agir sur le réseau (des tests ont montré que pour obtenir une semblable baisse des distances temps à partir des commerces d'origine, il faudrait plus que doubler les vitesses de circulation).

Toutefois, si comme pour les simulations portant sur les changements de vitesses seulement on atteint bien une partie des objectifs visés (baisse des temps, des distances, possibilités de transfert modal étant donné la forte diminution de la distance moyenne entre les individus et les commerces) la baisse de la satisfaction individuelle est trop forte pour être acceptée.

Précisons ici qu'il serait possible de modifier la fonction de Stewart pour faire peser moins la taille des commerces dans la définition de la satisfaction au profit de la distance (ce qui se passerait (ou passera) par exemple avec l'augmentation du prix des carburants). On pourrait dans ce cas obtenir une baisse des satisfactions moins fortes pour tous les scénarios envisagés. Notre but n'étant pas ici de faire de la prospective sur l'évolution des préférences individuelles en termes de choix de commerces, nous avons gardé la fonction constante pour toutes les simulations.

Enfin, pour la deuxième configuration de commerces (ajout d'aménités et homogénéisation des tailles de façon à garder constant le nombre de mètres carrés), les résultats montrent que l'on peut atteindre tous les objectifs visés

à savoir moins de déplacement en distance et en temps (avec des vitesses moyennes moindres) et dans le même temps une hausse de la satisfaction moyenne ou médiane ainsi qu'une plus grande égalité des situations. Par exemple pour le scénario de vitesse *Homog*, les distances temps diminuent de 62%, de 72% en distance kilométrique (la distance moyenne pour accéder au commerce choisi passe ainsi de 18 kilomètres à 5.14 km) et la satisfaction augmente de 40%. On notera que c'est pour la métrique lente choisie que les baisses de distances temps et kilométrique sont les plus fortes mais qu'en revanche la satisfaction moyenne diminue. Elle n'est meilleure que pour un sixième des individus qui sont ceux qui sont les plus proches des commerces. En effet, pour les autres, la métrique lente choisie produit une friction de la distance trop forte dès lors que les portées augmentent. Toutefois si on réduit notre échantillon de départ aux travailleurs (2 487 individus) et qu'on retient pour eux la plus haute satisfaction soit au départ de leur domicile, soit au départ de leur lieu de travail alors il est possible d'avoir une bonne satisfaction pour l'ensemble des individus même dans le cas de la métrique lente.

— CONCLUSION

Pour conclure, les premiers résultats de ce travail en cours permettent de montrer l'importance de considérer la structure morfo-fonctionnelle des réseaux routiers, non comme un acquis mais comme un levier majeur pour atteindre une mobilité durable. Toutefois, si nous avons vu que des changements de structure des réseaux permettaient de modifier la compétitivité des différents modes, et notamment d'améliorer l'accessibilité relative des modes non automobiles, nous avons aussi vu que les changements envisagés doivent s'accompagner d'un reformatage des aménités urbaines pour qu'ils soient acceptables en permettant d'atteindre l'objectif d'une ville moins rapide (et par là même moins dépendante de l'automobile) mais pourtant accessible. À tout le moins, revenir sur le « dogme » de la vitesse obtenue par des réseaux hiérarchisés comme garante de l'accessibilité semble être une nécessité.

Ces travaux en cours se poursuivent dans différentes directions :

- la modification non seulement des fonctionnalités des réseaux routiers mais aussi de leur topologie. Le rôle de la connectivité fait notamment l'objet d'un focus particulier, sachant que nous avons déjà pu montrer son importance pour l'accessibilité à courte portée notamment en modes doux (Foltête *et al.*, 2008).
- l'utilisation de méthodes de relocalisation optimale des commerces afin

de s'affranchir des méthodes « artisanales » utilisées ici, ce qui devrait encore renforcer la portée de nos résultats en améliorant les gains de distance et les satisfactions.

- la différenciation des individus en leur accordant des valeurs du temps différentes selon leur profil dans la fonction d'utilité de Matsim ou dans la formule de Stewart. Par exemple un salarié sera supposé avoir une valeur du temps plus forte qu'un retraité. Les modifications du réseau n'impacteront donc pas toutes les catégories de populations de la même façon. Il s'agira ici de voir qui a le plus à gagner ou à perdre par rapport aux différents scénarios de vitesses envisagés.

Plus généralement, ce travail permet de montrer qu'il n'est pas obligatoire de renoncer à l'accessibilité pour sortir de la dépendance automobile ; ce qui serait le cas si on se limitait à diminuer les vitesses automobiles pour améliorer la compétitivité des autres modes. C'est davantage la nature même de l'accessibilité qui est à repenser. Il s'agit de passer d'une accessibilité à de grosses aménités, peu nombreuses, qui sont accessibles par le seul fait de la vitesse automobile, à une accessibilité à de plus petites aménités joignables à courte portée avec des vitesses plus faibles qui sont notamment celles des modes non mécanisés. Après des décennies au cours desquelles on ne s'est intéressé qu'à la vitesse pour garantir l'accessibilité, il s'agit de s'intéresser à nouveau à la question des localisations. Les géographes doivent ainsi s'imposer à nouveau face aux ingénieurs transport...

Par ailleurs, que ce soit pour les commerces, ou les services la multiplication des aménités nécessaires pour atteindre une accessibilité de qualité mais sans le recours obligatoire à la vitesse, pose les questions majeures de la logistique et de la nature même des aménités. Pour le commerce : les drives, la livraison à domicile ou dans des points fixes, pour les services : la création de maisons multiservices, de lieux de services publics se déplaçant dans la semaine en se localisant notamment sur les lieux de transit, sont des évolutions qui devraient se généraliser pour permettre cette accessibilité de qualité mais moins dépendante de l'automobile sans pour autant avoir à supporter les coûts fixes d'une multiplication des localisations des aménités.

— BIBLIOGRAPHIE

Ciari, F. et Axhausen, K.W. (2012). Modeling Location decisions of retailers with an agent-based approach. (communication) In *The 91st Annual Meeting of the Transportation Research Board (Washington, D.C., January 2012)*.

Banos, A. et Genre-Grandpierre, C. (2011). New types of metrics for urban road networks explored with S3: an agent-based simulation platform. In Q. Bai (dir.), *Advances in practical multi-agent systems studies in computational intelligence* (pp. 435-444). Paris : Springer-Verlag.

Béguin, H. et Thomas, I. (1997). Morphologie du réseau de communication et localisations optimales d'activités. Quelle mesure pour exprimer la forme d'un réseau. *Cybergéo: European Journal of Geography*. [en ligne]. Disponible sur : <http://cybergeo.revues.org/2189>

Dupuy, G. (1991). *L'urbanisme des réseaux, théories et méthodes*. Paris : Armand Colin.

Foltête, J.-C., Genre-Grandpierre, C. et Josselin, D. (2008). Impact des réseaux viaires sur les mobilités urbaines : quelques illustrations. In M. Thériault et F. Des Rosiers (dir.), *Information géographique et dynamiques urbaines 1, analyse et simulation de la mobilité des personnes* (pp. 139-165). Paris : Hermès-Lavoisier

Genre-Grandpierre, C. (2007). Des réseaux lents contre la dépendance automobile ? Concept et implications en milieu urbain. *L'Espace Géographique*, 1, 27-39.

Hillier, B., Penn, A., Hanson, J., Grajewski, T. et Xu, J. (1993). Natural movement: or, configuration and attraction in pedestrian movement. *Environment and Planning B: Planning and Design*, 20(1), 29-66.

Huriot, J.-M. (dir.) (1998). *La ville ou la proximité organisée*. Paris : Économica.

Pumain, D. (1998). La géographie saurait-elle inventer le futur ? *Revue européenne des Sciences sociales*, XXXVI (110), 53-69.

Wiel, M. (2002). *Ville et automobile*. Paris : Descartes et Cie.