

Quelques réflexions sur l'accessibilité

par Renaud de CRECY

INTRODUCTION.

C'est il y a moins de vingt ans, en 1959, que HANSEN proposait les premières définitions et utilisations du concept d'accessibilité. Introduits en France il y a une dizaine d'années, les indicateurs d'accessibilité relèvent maintenant de la pratique courante des études de transport et ils ont été largement utilisés dans le cadre de la préparation des dossiers d'agglomération du VIIème plan.

La relative facilité du calcul de ces indicateurs, dès qu'on possède des données d'emplois ou de population et une matrice de temps de parcours, le fait qu'ils éliminent, au moins d'un point de vue pratique, les problèmes d'évaluation de la demande quand on cherche à évaluer l'intérêt d'un projet, et enfin la compréhensibilité immédiate du terme d'accessibilité (même si elle n'est que purement intuitive) par un public de non techniciens, toutes ces raisons ont largement contribué au succès de ces indicateurs. Mais, du fait même de ce succès, les calculs menés sont parfois devenus de routine et on ne se pose plus guère, dans le milieu des études appliquées, de questions quant à la signification et à la validité des indicateurs et des modes de calculs utilisés, et quant au champ d'application de ce concept.

Or, les bases théoriques qui justifient l'emploi de certains indicateurs d'accessibilité, et qui comme beaucoup de modélisations d'inspiration microéconomique ne sont pas totalement convaincantes ni exemptes de critiques, ne permettent pas de répondre facilement aux problèmes soulevés par l'utilisation pratique de ces indicateurs, et les réponses apportées sont plus souvent intuitives et arbitraires que fondées sur une "axiomatique de l'accessibilité". Cet article vou-

trait, en soulevant quelques uns de ces problèmes, proposer un certain nombre de réflexions sur la signification et la validité des différents indicateurs, et sur leur "mode d'emploi", en particulier en ce qui concerne la comparaison (au sens large) de deux situations à l'aide d'indicateurs d'accessibilité.

1 - L'ACCESSIBILITE : DEFINITION, THEORIE ET PRATIQUE.

1.1. - Le concept d'accessibilité.

Bien qu'il soit né dans des recherches menées il y a une vingtaine d'années aux Etats-Unis sur le développement urbain et la localisation spatiale, le concept d'accessibilité s'est rapidement imposé dans les études de transport, car il permettait de synthétiser à l'aide d'un seul indicateur, la qualité de service offerte par un projet d'infrastructure de transport, sans avoir les inconvénients, à la fois théoriques et pratiques des indicateurs classiques.

L'indicateur le plus habituel en terme de qualité de service réside dans le temps moyen de parcours, à partir d'un point ou sur l'ensemble d'une agglomération.

Or, on a souvent constaté, en étudiant des projets ambitieux d'amélioration des transports, que les temps de parcours moyens diminuaient faiblement, voire même augmentaient. L'explication de ce "paradoxe" est simple : si on améliore leurs conditions de déplacement, les usagers d'un système de transport vont se déplacer plus, et surtout plus loin, ce qui va finalement amener leur temps moyen de déplacement à augmenter ; mais si ces temps de déplacement s'accroissent, c'est que s'accroît en même temps l'intérêt qu'ils trouvent au système global dans lequel se situent leurs déplacements : réseau de transport et structure urbaine.

L'accessibilité se veut donc un indicateur de la qualité de service offert par l'ensemble d'un réseau de transports, et ce à quoi il permet d'accéder (les opportunités) c'est-à-dire qui prenne en compte à la fois l'élément négatif, ou élément résistant du déplacement qui est le temps de transport (et sa pénibilité si on considère le temps généralisé), et l'élément moteur, c'est-à-dire le but du déplacement, sa raison d'être : le travail et la rémunération qui s'y rattache, les loisirs, les courses et achats, etc..

Parmi les différentes définitions proposées, on peut retenir la suivante (1) : "L'accessibilité est une mesure locale de la facilité d'accéder, à partir d'une origine donnée, à un ensemble de destinations, correspondant généralement à un motif de déplacement". Mais d'autres auteurs vont au-delà de cette définition comme simple mesure de la facilité d'accéder, c'est-à-dire comme indicateur de la qualité de service, et voient dans l'accessibilité une mesure de la satisfaction apportée à l'individu par le système urbain, et par conséquent un élément, parmi d'autres, d'une évaluation économique du type "coûts-avantages". Il s'agit de la "théorie économique de l'accessibilité urbaine" développée au S.E.T.R.A. par KOENIG et POULIT, et qui sera exposée ci-dessous.

2 - LES DIFFERENTS INDICATEURS D'ACCESSIBILITE.

a) Forme générale des indicateurs d'accessibilité.

Pour une ville découpée en un certain nombre de zones i , un indicateur d'accessibilité peut s'écrire sous la forme générale :

$$A_i = \sum_j O_j f (C_{ij})$$

Les O_j correspondent à "l'élément moteur" du déplacement : il s'agit des opportunités de destination offertes par la zone j pour un motif donné. On peut ainsi calculer une accessibilité aux emplois (motif travail), aux commerces (courses-achats), aux équipements de loisirs, aux emplois tertiaires, aux populations ou à tout panachage de ces caractéristiques : on emploie par exemple souvent l'agrégat $P + 7 E_t$ qui semble le mieux convenir pour les déplacements autres motifs.

C_{ij} correspond à une mesure du parcours entre la zone i et la zone j . On rencontre là une première difficulté, qui sera développée plus loin sur un cas particulier qui est de savoir comment mesurer ce parcours. La mesure par une distance (que ce soit à vol d'oiseau, ou par cheminement) est à exclure : l'accessibilité redevient alors un simple indicateur de structure urbaine, et ne prend plus en compte l'aspect qualitatif du réseau de transport.

Mais on peut envisager d'utiliser trois types de mesures pour ce parcours de i à j : le temps réel de parcours, qui prend uniquement en compte l'aspect physique (vitesse) du réseau de transport, le temps généralisé de parcours, qui est le temps "ressentie" par l'usager et qui inclut les pénibilités diverses et le coût monétaire, et enfin le coût généralisé de parcours, qui est le temps généralisé multiplié par la valeur du temps, notion critiquable s'il en est, mais néanmoins couramment utilisée dans la théorie comme dans la pratique.

Mais ces problèmes ne sont que d'une faible importance devant ceux soulevés par l'introduction de la fonction f , dite fonction de pondération, ou plutôt fonction de résistance. Principale originalité de l'accessibilité, elle en est aussi la difficulté essentielle tant sur le plan théorique de sa signification que sur celui plus pratique de sa formulation. On saisit bien intuitivement le sens de cette fonction : $f (c)$ indique le degré d'accessibilité d'une opportunité située à la distance c de l'usager, ou encore la facilité qu'il ressent pour accéder à cette opportunité. Mais le problème capital est de passer de cette notion intuitive, de cette "facilité ressentie" éminemment dépendante de l'individu et de ses paramètres propres, à une formulation pratique et opérationnelle.

Pour aboutir à cette formulation, on peut discerner deux démarches différentes : la première restant basée sur une interprétation intuitive et qui amène à proposer diverses fonctions empiriques, la deuxième se fondant au contraire sur les hypothèses classiques de comportement rationnel de la microéconomie.

b) Les indicateurs empiriques.

Dans cette optique, la fonction de pondération des opportu-

nités est nécessairement décroissante ; plus une opportunité est proche, plus elle est considérée comme accessible. A distance nulle, l'accessibilité est maximum, à distance infinie elle est nulle. Les fonctions les plus couramment utilisées sont du type exponentielle négative, ou hyperbolique (en $1/d$ ou $1/d^2$). Mais ces fonctions ont l'inconvénient de pondérer très fortement les distances faibles, de décroître très rapidement et de pondérer de manière très faible et uniforme les distances élevées. D'autres auteurs ont proposé d'utiliser des courbes de pondération normales (ou du moins la moitié droite d'une courbe normale) qui ont l'avantage de présenter une sorte de "plateau" pour les distances faibles, correspondant aux secteurs considérés comme parfaitement accessibles, puis une partie où la décroissance est rapide, et où les opportunités sont moyennement, ou relativement accessibles, et enfin une dernière partie tendant asymptotiquement vers zéro, où l'accessibilité devient très faible, voire nulle. Enfin, dernière forme classique, il s'agit tout simplement des "isochrones" c'est-à-dire le nombre d'opportunités (population, emplois) que l'on peut atteindre en un temps donné.

La fonction de pondération est alors une fonction indicatrice, égale à un en-deçà de ce temps, et à zéro au-delà. C'est la forme la plus simple et surtout la plus immédiatement compréhensible pour un non-technicien, alors même que c'est celle qui s'éloigne le plus de la conception intuitive de la fonction de pondération : est considérée comme totalement accessible l'opportunité à moins de 15 minutes (ou 20, ou 30), et comme inaccessible celle qui se trouve à 15 Minutes et 30 secondes.

c) La théorie économique de l'accessibilité urbaine.

Cette seconde conception (9) et (11) des indicateurs d'accessibilité due pour l'essentiel à KOENIG et POULIT cherche à justifier de manière théorique une forme particulière de la fonction de pondération, l'exponentielle négative, et vise à relier le concept d'accessibilité à la théorie microéconomique classique du consommateur.

Cette théorie s'attache essentiellement à l'accessibilité aux emplois, et est entièrement basée sur les deux hypothèses suivantes :

- une hypothèse de comportement du citadin à la recherche d'un emploi : à chaque emploi offert, dans l'agglomération, le citadin associe une "utilité" nette, différence entre l'utilité brute de l'emploi (au sens microéconomique du terme, c'est-à-dire salaire et intérêt du travail) et la désutilité brute que constitue le coût généralisé de son déplacement entre son domicile et le lieu de ce travail. Il choisit alors l'emploi qui lui assure la meilleure utilité nette.
- l'utilité brute d'un emploi choisi au hasard dans l'agglomération est une variable aléatoire ; la loi de probabilité de cette variable aléatoire est supposée être une exponentielle négative, ce qui signifie que la probabilité de trouver un salaire (ou utilité nette) supérieur à une valeur donnée décroît très rapidement quand cette valeur augmente.

Sous ces hypothèses, et moyennant des calculs dont la complexité réserve de nombreuses heures passionnantes à l'amateur, on peut démontrer les résultats suivants :

- l'utilité nette moyenne offerte au résident de la zone i s'écrit :

$$U_i = x_0 \log \frac{A_i}{A_0} \quad \text{avec } A_i = \sum_j E_j e^{-\frac{t_{ij}}{x_0}}$$

E_j étant les nombres d'emplois de la zone j , t_{ij} les temps généralisés de parcours, et x_0 un paramètre dont on verra plus loin la signification.

- les usagers se répartissent entre les destinations possibles conformément aux modèles gravitaires de trafic, c'est-à-dire que :

$$M_{ij} = \frac{M_i E_j e^{-\frac{t_{ij}}{x_0}}}{\sum_j E_j e^{-\frac{t_{ij}}{x_0}}}$$

M_{ij} représentant le nombre d'actifs habitant en i et travaillant en j et M_i le nombre de migrants de la zone i pour le motif travail.

Le calage de ce modèle de distribution, effectué par exemple sur les résultats d'une enquête ménage permet de déterminer le paramètre x_0 et donc de calculer réellement la valeur U_i de l'utilité nette.

- dans le cas de comparaison de deux variantes, ou de l'étude d'un projet par rapport à une situation existante, une autre série de calculs (NEUBERGER) montre que le surplus dégagé par une variante (au sens de la théorie économique du surplus) est égal à la variation, agrégée sur les déplacements effectués par la population concernée (domicile-travail par exemple), de l'utilité nette U_i précédemment calculée.

L'intérêt de cette construction théorique est double ; elle permet tout d'abord d'établir une liaison entre le modèle gravitaire classique de distribution du trafic et la théorie microéconomique du consommateur, ce qui a amené par exemple le S.E.T.R.A. à recommander l'usage des indicateurs d'utilité U_i dans la préparation des dossiers d'agglomération, mais aussi de se livrer à une analyse désagrégée par secteur, ou par catégorie d'usagers de "l'utilité" d'un projet de transport. Mais il convient toutefois de garder à l'esprit les hypothèses de départ et d'en souligner certaines faiblesses : tout d'abord, celles redevables au cadre général de la théorie microéconomique (hypothèse de comportement rationnel du consommateur, répartition optimale des revenus et à ses concepts (celui d'utilité, individuelle ou collective, en particulier), mais aussi le choix "a priori" d'une loi de probabilité pour l'utilité brute d'un emploi pris au hasard qui permet de retrouver la forme souhaitée de l'indicateur d'accessibilité, le modèle de distribution gravitaire du trafic et enfin la théorie du surplus. Certes, ce choix "a priori" en l'absence d'observation précise par enquête par exemple, est justifié "a posteriori" dans une certaine mesure par le type de modèle de trafic obtenu, qui s'accorde relativement bien aux résultats des enquêtes ménage, mais ceci ne constitue pas une justification théorique de choix, et donc de l'indicateur d'utilité construit à partir de cette théorie.

Ces éléments montrent donc qu'il faut prendre de grandes précautions quand on passe du calcul d'un indicateur d'accessibilité calculé par l'exponentielle négative, qui est un indicateur de qualité de service, à l'évaluation de l'intérêt économique d'un projet ou d'une variante à l'aide de l'utilité nette, prise égale au logarithme de l'accessibilité, pour l'utiliser ensuite dans une évaluation "coûts-avantages"

ou pour le calcul d'un taux de rentabilité. Des résultats présentés plus loin montreront la "fragilité" des indicateurs d'accessibilité calculés pour l'ensemble d'une agglomération et renforceront cette mise en garde devant l'utilisation "tout azimuth" de cet indicateur d'utilité.

d) Deux cas particuliers.

Certaines études (en particulier (1)) ont proposé, à partir de l'indicateur isochrone classique, de calculer le nombre d'opportunités accessibles à partir d'un point, pour des valeurs de temps de parcours croissantes, de cinq minutes en cinq minutes par exemple, et d'en dresser alors un histogramme. En poursuivant cette idée, on peut tracer la courbe continue, donnant le nombre d'emplois accessibles à partir d'une origine donnée pour chaque durée et calculer la moyenne de cette courbe.

Il s'agit alors du "temps moyen nécessaire pour atteindre une opportunité" indicateur qui se rapproche des indicateurs d'accessibilité puisqu'il s'écrit :

$$t_i = \frac{\sum_j o_j t_{ij}}{\sum_j o_j} = \sum_j o_j \frac{t_{ij}}{\sum_j o_j}$$

et la fonction f de la forme générale de l'indicateur d'accessibilité (voir 2a) est alors linéaire croissante sans terme constant.

Cet indicateur t_i n'est pas un indicateur classique de temps de parcours, puisqu'il ne fait aucune référence, même implicite, à la demande de transport, et qu'il ne relève pas à ce titre des critiques relatives au temps moyen (en particulier il échappe au paradoxe signalé au paragraphe 1).

Intuitivement, on peut le considérer comme un indicateur d'accessibilité, dans la mesure où il permet effectivement de mesurer la "facilité d'accéder" ou du moins la "difficulté à accéder" aux différentes opportunités existantes, sans référence au fait que cet "accès" soit effectif ou non, c'est-à-dire au fait que la demande de transport soit exprimée ou non. De plus, il possède l'avantage, comme l'isochrone, d'être accessible à un public de non techniciens, puisqu'il se mesure en unité de temps, à l'inverse des autres indicateurs qui sont sans dimension. Mais il possède l'inconvénient important, outre l'absence de base théorique, de dépendre des limites fixées au découpage en zones, et donc de l'agglomération, alors que les indicateurs classiques, du fait de la décroissance de la fonction de pondération en sont très largement indépendants.

Le second cas particulier qu'il convient d'évoquer réside dans l'utilisation du concept d'accessibilité au domaine des études de transport en commun. Il est clair que toutes les formes décrites ci-dessous peuvent être utilisées et gardent leur signification propre, mais on peut utiliser un nouvel indicateur.

La démarche se rapproche de celle utilisée implicitement, on l'a vu, par KOENIG dans sa théorie économique et qui est de mesurer la facilité "ressentie" pour accéder à une opportunité située à une certaine distance par la probabilité qu'a un usager de se déplacer à cette distance, et donc par la loi de distribution des déplacements suivant la distance, qui était pour KOENIG l'exponentielle négative des modèles gravitaires. Dans le cas des déplacements en transport en commun, cette loi de distribution est une courbe "en cloche" que l'on peut approcher expérimentalement par :

$$f(c) = A c^n e^{-B \cdot C}$$

La forme de cette courbe s'explique par la réticence des usagers à utiliser les transports en commun pour effectuer un parcours faible, pour lequel le prix du billet et l'attente ne compensent pas la pénibilité de la marche à pied. Si on veut calculer une accessibilité strictement "transport en commun", il convient donc d'utiliser une fonction de pondération de ce type ; quand on utilise les indicateurs classiques, avec une fonction constamment décroissante, on calcule en fait une accessibilité "transport en commun + marche-à-pied".

Là encore, si on voulait suivre l'idée d'utiliser une loi de distribution des déplacements, il faudrait caler, à partir par exemple des enquêtes ménages, une la loi des déplacements des personnes se déplaçant à pied ou en transport en commun, c'est-à-dire essentiellement des captifs, alors que les tentatives actuelles pour calculer des indicateurs d'accessibilité désagrégées par catégorie de personnes (disposition ou non de VP par exemple) utilisent une même forme pour les fonctions de pondération en changeant simplement les coefficients.

1.2. - Le problème de la comparaison des accessibilités.

Pour reprendre les termes de la définition proposée plus haut, l'accessibilité se veut "une mesure de la facilité d'accéder", et qui dit mesure dit comparaison relative, et donc fabrication d'un instrument de comparaison permettant d'instaurer un ordre entre deux situations, deux villes, deux zones d'une ville, deux catégories de personnes, etc.. Compte tenu des réflexions déjà présentées, on voit que ce problème de la comparaison des accessibilités va se révéler fort ardu, et qu'il se pose à plusieurs niveaux :

- l'ordre obtenu en comparant deux situations, ou deux zones d'une ville, dépend-il de l'indicateur retenu, et si oui dans quelle mesure ? On conçoit que pour des améliorations importantes, ou pour des situations fortement contrastées, tous les indicateurs donnent des résultats courants, mais en est-il de même pour l'étude de variantes assez proches ?

De même, peut-on considérer que le concept d'accessibilité possède des vertus cardinales, c'est-à-dire : peut-on affirmer que l'accessibilité, sans préciser de l'indicateur dont on parle, est dans telle variante supérieure de x % à telle autre variante, ou possède-t-il seulement des vertus ordinaires (dans telle variante, l'accessibilité est supérieure à telle autre) ?

Se poser une telle question semble particulièrement important à partir du moment où l'accessibilité est, pour l'utilisateur (l'élu, le décideur, le constructeur de modèles) une notion relativement intuitive, sans dimension et par conséquent sans unité définie de mesure (seconde,

franc, nombre d'emplois, etc..) et pour le technicien un chiffre imprimé sur un listing qu'il ne peut pas raccrocher à un système de comparaison ou de valeurs.

- Une fois un indicateur particulier retenu, un même jeu de coefficients doit-il être utilisé pour comparer deux situations ou deux villes ? En effet, la "facilité d'accéder" à une opportunité située à une distance donnée, ou plutôt à un temps de parcours donné doit être, intuitivement, différente dans des agglomérations où les temps de parcours (et les distances) moyennes sont élevés (PARIS par exemple), dans une agglomération moyenne, et enfin dans une petite ville de province. Faut-il alors utiliser la même fonction de pondération ou celle-ci doit-elle être adaptée à chaque situation ? Mais dans ce cas, il faudrait aussi modifier le calage de la fonction quand on compare deux situations (deux projets par exemple) pour une même ville ; puis, pour comparer dans une ville donnée et pour une situation donnée deux zones, tenir compte de la distribution des déplacements, différente probablement pour les deux zones ? On voit qu'on arrive ainsi à passer progressivement de l'idée d'un indicateur de qualité de service, caractérisant uniquement l'offre sans prendre en compte la demande, à un indicateur qui ne soit plus qu'un indicateur de demande. Il y a donc là une réflexion à mener, et peut-être une frontière à trouver dans cette variabilité de la fonction de pondération.
- On a surtout parlé jusque là de l'accessibilité comme instrument de comparaison spatiale (entre villes, entre quartiers d'une ville) et de comparaison temporelle (entre époques, entre variantes). Mais depuis quelques années s'est développée l'idée d'étendre la comparaison à d'autres catégories (au sens étymologique du terme), et en particulier à des catégories de personnes. La recherche s'est pour l'instant surtout développée vers une classification par âge et disposition des différents modes.

Il semble cependant que l'on ait négligé, dans ce domaine, de difficultés problèmes liés à l'estimation du coût généralisé et en particulier au concept précédemment évoqué de valeur du temps, si on veut par exemple calculer des accessibilités par catégorie sociale.

La seconde partie de cet article voudrait donc, sans avoir aucunement la prétention de répondre à ces diverses questions, présenter quelques résultats et proposer quelques réflexions à leur sujet.

2 - COMPARER DES ACCESSIBILITES ?

2.1. - Comment comparer deux situations ?

On a vu que la fonction de pondération utilisée dans le calcul des indicateurs d'accessibilité fait implicitement référence à une loi de distribution des déplacements, c'est-à-dire en fait à une loi de demande. Faut-il donc, quand on compare l'accessibilité pour deux villes différentes par exemple, ou pour deux catégories de personnes, considérer deux fonctions de demande différentes, et donc utiliser deux fonctions de pondération différentes ? On peut raisonner ici avec un même type d'indicateur et supposer que les coefficients seuls sont susceptibles de varier (la comparaison de divers indicateurs est évoquée plus bas).

Si on se réfère à une fonction exponentielle négative, le calage des modèles de distribution gravitaires sur les résultats d'enquêtes ménages permet d'utiliser des coefficients $1/x$, variant de 0,35 à 0,65 avec une valeur moyenne de 0,48. Ces coefficients varient donc presque du simple au double, et plus ce coefficient est faible, plus les temps de parcours sont élevés. Calculer les accessibilités en prenant un coefficient unique (0,48 par exemple), c'est-à-dire en quelque sorte en normalisant à l'échelon national l'instrument de mesure de la "facilité d'accéder", revient alors à considérer que l'opportunité située à 30 minutes est considérée comme aussi "accessible" par un parisien dont le temps moyen de déplacement est d'une heure, et qui a donc l'habitude de supporter ce temps moyen de parcours, que par un habitant d'une petite ville de province où ce même temps moyen est de 30 minutes, alors qu'on aurait intuitivement toujours, tendance à penser que la facilité d'accéder, ou la propension à accéder du parisien est supérieure. A l'inverse, vouloir se rapprocher de la réalité, et calculer les accessibilités avec un coefficient ajusté pour chaque ville conduit à la voie signalée plus haut d'une désagrégation de plus en plus fine, par quartier de chaque ville, puis par catégorie de personnes pour aboutir finalement à un indicateur qui soit purement de demande.

On a retrouvé ce problème dans une étude (3) dans le domaine des transports en commun où était utilisée la "courbe en cloche" signalée plus haut. Comparant quatre variantes de développement à long terme du réseau de métro à LYON, cette étude conduisait à des conclusions paradoxales où l'accessibilité moyenne du réseau le plus développé était plus faible que celle de la situation de référence (sans réseau métro). Ce résultat s'explique par le fait que la courbe en cloche de pondération utilisée, calée sur une situation sans métro où le temps de parcours moyen, correspondant au maximum de la courbe, était assez élevé, alors qu'avec un réseau très développé les temps de parcours devenaient très faibles et pour la plus grande part d'entre eux, inférieurs au temps moyen de la situation de référence. Toutes les opportunités correspondant à ces parcours étaient alors faiblement pondérées, puisqu'on se trouvait dans la première partie de la courbe et au total, l'accessibilité diminuait.

Cet exemple conduit à s'interroger sur la signification et l'interprétation que l'on fait de cette fonction de résistance. En effet, si on se réfère à la demande qui a permis de caler la courbe en cloche dans la situation de référence, et que l'on refait le calage de la même manière dans la nouvelle situation, on s'aperçoit que c'est cette fameuse fonction de pondération qui se déforme en fait entre les deux situations ; la "résistance" d'un usager à effectuer un trajet court en temps est forte dans la situation de référence, du fait de la concurrence de la marche à pied, puisque dans cette situation le trajet court en temps l'est aussi en distance.

Mais dans la situation où le réseau T.C. devient très rapide, la concurrence entre T.C. et marche à pied pour un trajet court en temps mais long en distance n'existe plus, et la "résistance" à effectuer ce trajet diminue, sa pondération dans le calcul de l'accessibilité devrait croître ; or, si on garde la même courbe de pondération, elle reste constante !

Ce dilemme n'est pas résolu par la prise en compte de la marche à pied dès le début, au moment du calage de la courbe, du fait que, à cause de la vitesse constante de la marche à pied, dans la "résis-

tance" au déplacement (ou si l'on préfère dans la facilité d'accéder) une partie reste constante, alors que l'autre diminuera (ou augmentera respectivement).

On peut tenter de tenir compte de cet effet en utilisant une matrice de temps de parcours "intermodal" (marche à pied - transport en commun) dans les deux situations, et en modifiant pour le calcul de l'accessibilité la fonction de pondération de la manière suivante pour "gommer" cet effet de vitesse :

Une première fonction de "résistance à la distance en T.C.", soit $g(d)$, serait calculée par calage sur la courbe de distribution de la demande en fonction de la distance.

Dans chacune des deux situations étudiées (référence et projetée), une fonction des temps moyens en fonction de la distance serait calculée, d'où deux fonctions $t_1 = f_1(d)$ et $t_2 = f_2(d)$.

Pour obtenir la fonction de pondération "déformée" par rapport au temps dans le calcul de l'indicateur d'accessibilité, il suffit alors d'utiliser les fonctions $-g(f_1^{-1}(t))$ dans la situation de référence et $g(f_2^{-1}(t))$ dans la situation projetée.

Par construction, l'accessibilité obtenue dans la situation projetée sera supérieure à celle de la situation de référence. Cette méthode n'a pas encore été testée dans la pratique, et il faut bien réaliser l'hypothèse sous-jacente nécessaire à sa validité : elle ne suppose pas nécessairement connue la demande (sauf implicitement au travers de la fonction de résistance initiale, mais il en va de même quelque soit l'indicateur, exponentielle négative ou autre) mais suppose fixée sa structure, si ce n'est son volume. On s'éloigne un peu plus du rêve d'un indicateur d'offre indépendant de la demande...

2.2. - Comment comparer différentes zones ?

Dans toutes les études pratiques qui utilisent des indicateurs d'accessibilité, on s'aperçoit que ceux-ci décroissent toujours du centre vers la périphérie, et il apparaît très difficile de comparer l'accessibilité de zones centrales, où on peut atteindre des opportunités dans toutes les directions, et celles de zones périphériques où le "faisceau" des directions possibles de déplacement est beaucoup plus faible.

Il est facile de démontrer que si on considère une ville "parfairement régulière" (au sens de l'accessibilité), c'est-à-dire où la densité d'opportunité est constante et uniforme, et où on peut se déplacer dans toutes les directions avec une vitesse constante, l'accessibilité est toujours maximum au centre et décroît régulièrement vers la périphérie. Aucune politique de transport ne permettra jamais à une zone périphérique d'une ville d'atteindre une accessibilité égale à celle que possède le centre, à moins de transférer le centre à la périphérie, imitant ainsi Alphonse ALLAIS qui suggérait de résoudre les problèmes urbains en transférant les villes à la campagne. On peut alors être tenté de corriger cette inégalité "de nature" en calculant un indicateur d'accessibilité "relative", rapport (ou différence) de

l'accessibilité classique et d'une accessibilité "isotrope", liée à la seule position de la zone par rapport au centre. Cette accessibilité relative caractérise alors le seul facteur de qualité de desserte et constitue un critère permettant de comparer effectivement la desserte de chaque zone ; le but d'un "bon" réseau de transports serait alors d'uniformiser au maximum cet indicateur entre les différentes zones. Utiliser cette notion d'accessibilité relative en gommant ainsi la répartition spatiale des zones étudiées n'est licite que si on reste dans le domaine strict des études de transport. Il faut rappeler que, dans les premières utilisations, les indicateurs d'accessibilité étaient plus des indicateurs de qualité du système urbain, intégrant le réseau de transport et la structure urbaine que ce réseau desservait, et que dans ce cadre plus général de la planification urbaine, l'utilisation de l'accessibilité relative pourrait au contraire se révéler dangereuse et conduire à des analyses erronées.

Comme toujours, le problème se complique quand on veut passer de l'idée théorique à l'application pratique : pour calculer une accessibilité isotrope, il faut définir la densité d'opportunité constante, et surtout la vitesse constante de déplacement. La densité d'opportunité pourra être prise égale à la densité moyenne sur l'agglomération si on connaît la surface des différentes zones, ou égale à 1 pour toutes les zones. Mais le choix de la vitesse constante servant en quelque sorte de norme, de référence comme vitesse uniforme pour un "bon" réseau va influer sur les résultats. On peut démontrer en effet aisément que si la fonction de pondération f choisie est décroissante (ce qui est, on l'a vu, le cas général), plus cette vitesse est élevée, plus la décroissance de l'accessibilité isotrope est forte, et donc plus le réseau nécessaire pour égaliser les accessibilités relatives sera important. Si on choisit par exemple pour vitesse "idéale" la vitesse moyenne dans l'agglomération, il suffira, pour égaliser les accessibilités relatives des différentes zones, d'améliorer localement la desserte, en comblant par un meilleur réseau un éloignement relatif par rapport aux opportunités. Mais si la "barre" est fixée nettement plus haute, et que cette vitesse "idéale" est élevée, c'est de très importants investissements qu'il faudra consentir pour ramener les accessibilités relatives à un niveau comparable.

On voit donc là un exemple manifeste, où le choix d'un modeste coefficient de calcul, à la libre disposition du technicien, se révèle d'une grande importance quant aux conclusions que l'on peut tirer d'une étude d'accessibilité. Ce coefficient traduit en fait un véritable choix politique, qui appartient au décideur, qui est celui d'une vitesse de déplacement considérée comme "satisfaisante" et que se fixe la collectivité.

2.3. - Comment comparer l'accessibilité de deux catégories de personnes ?

A la suite de la tendance qui se dégage depuis quelques années de ne plus seulement évaluer un projet ou une stratégie au niveau global, mais d'essayer de comprendre à quelle catégorie de personnes un projet profite ou nuit, on a commencé à calculer des indicateurs d'accessibilité désagrégés, par catégories de personnes. L'approche maintenant devenue classique consiste à prendre en compte une catégorisation par âge et par facilité d'accès aux différents modes de transport (essentiellement disposition ou non d'une V.P.) et de calculer, pour chaque catégorie une matrice de temps de parcours, tenant compte de la pénibilité et de l'accès aux divers modes ; on calcule alors de

manière habituelle les indicateurs d'accessibilité et on obtient une mesure d'inégalité entre groupes sociaux en ce qui concerne la "facilité d'accéder".

Une autre voie n'a guère été explorée et semble pourtant amener d'importants éléments de réflexion : c'est le calcul de l'accessibilité par catégorie sociale, ou plutôt, pour des raisons de disponibilité de sources statistiques, par classes de revenus. On peut, pour se faire, utiliser la formulation de KOENIG puisque c'est la plus couramment employée et qu'elle permet d'interpréter les différents paramètres utilisés. On a vu qu'on peut écrire (cf I - 2,c) :

$$A_i = \sum_j E_j e^{-\frac{t_{ij}}{x_0}} = \sum_j E_j e^{-\frac{c_{ij}}{\lambda}}$$

avec $\lambda = c_0 x_0$, c_0 étant la valeur du temps et c_{ij} le coût généralisé de déplacement entre la zone i et la zone j exprimée en unités monétaires.

Si on indique par k les catégories sociales, on peut envisager de calculer l'accessibilité pour la catégorie sociale k dans la zone i :

$$A_{ik} = \sum_j E_{jk} e^{-\frac{c_{ijk}}{\lambda_k}}$$

E_{jk} sont les opportunités de la zone j intéressant la catégorie k (pour l'accessibilité aux emplois, il s'agira des emplois fournissant le revenu R_k qui définit la catégorie k).

c_{ijk} est le coût généralisé de parcours entre i et j pour la catégorie k . Si la valeur du temps est c_{ok} pour cette catégorie, et si c_m est le coût monétaire du trajet, on a :

$$c_{ijk} = c_{ok} t_{ij} + c_m \quad \text{et} \quad \lambda_k = c_{ok} x_0$$

x_0 étant supposé indépendant de la catégorie k puisqu'il s'agit du coefficient de calage de la loi de distribution des déplacements, et que des études précises (voir [5] et [6]) ont montré qu'il est difficile de déterminer un sens de variation de ce coefficient en fonction de catégories particulières.

D'où enfin :

$$A_{ik} = \sum_j E_{jk} e^{-\frac{1}{x_0} \left(t_{ij} + \frac{c_m}{c_{ok}} \right)}$$

Si on connaît (supposition hardie !) la distribution des E_{jk} , et la valeur du temps de différentes catégories sociales, on dispose alors d'une mesure de l'accessibilité par zone et par catégorie sociale.

Mais cette formulation conduit à un résultat paradoxal, ou qui va du moins à l'encontre de l'intuition : suivant cette formule en effet, l'accessibilité est une fonction croissante de la variable "valeur du temps", alors qu'on est amené à penser intuitivement que l'accessibilité, c'est-à-dire la "facilité d'accéder ressentie" devrait décroître quand la valeur du temps, c'est-à-dire l'équivalent monétaire du temps perdu en transport, croît. On peut envisager plusieurs réponses pour résoudre ce "paradoxe".

Les hypothèses de calcul de KOENIG, et la formulation qu'il propose supposent que, dans le déplacement, l'élément résistant est l'équivalent temps de la désutilité du déplacement, alors qu'en bonne logique microéconomique classique, l'élément représentatif de cette désutilité devait être l'équivalent monétaire. Quand on raisonne à valeur du temps fixe, l'équivalence est alors immédiate car c'est justement le passage entre équivalent temps et équivalent monétaire qui est fixé, à la limite, escamoté.

D'autre part, faire varier "ceteris paribus" la valeur du temps n'est licite que si les autres variables sont supposées indépendantes de la valeur du temps, c'est-à-dire de la catégorie sociale. Or, pour ne prendre que deux exemples, il n'est pas évident que le temps généralisé t_{ij} ou le coût monétaire C_{ij} puissent être considérés comme indépendants des catégories sociales. La pénibilité des différents temps composant le déplacement n'est probablement pas identique pour un ouvrier ou un cadre, et une même somme, un franc par exemple, n'est peut-être pas perçue de la même manière par ces deux personnes. Pour aller plus avant, une étude plus précise de comportement serait nécessaire.

2.4. - Quel indicateur choisir ?

Devant le nombre important d'indicateurs d'accessibilité qui ont été proposés et qui sont utilisés dans la pratique des études, on ne peut que se poser la question de savoir si les résultats obtenus ou les conclusions tirées sont identiques si on utilise deux indicateurs différents. Une étude appliquée au cas particulier de la première ligne de métro de LYON (15) permet d'amener quelques éléments de réponse à cette préoccupation.

Cette étude vise à caractériser, à l'aide d'indicateurs d'accessibilités, la variation de la qualité de desserte en transport en commun dans l'agglomération lyonnaise lors de l'ouverture du métro. Pour tester la stabilité des résultats, on a utilisé dans cette étude, plusieurs indicateurs différents :

- un indicateur classique, intermédiaire entre l'exponentielle négative et la courbe en cloche ; il s'agit d'une pondération par une courbe "exponentielle tronquée", constante jusqu'à la valeur correspondante au maximum de la courbe en cloche, et égale ensuite à l'exponentielle négative. Cette courbe correspond en fait à une courbe de demande transport en commun + marche à pied (cf. supra).
- des indicateurs isochrones, c'est-à-dire le nombre d'emplois et le nombre d'habitants accessibles en moins de 15 mn, 30 mn et 1 heure.
- l'indicateur signalé plus haut, qui est le temps de parcours nécessaire en moyenne pour atteindre une opportunité, à mi-chemin entre

un indicateur habituel d'accessibilité et un indicateur de temps de parcours moyen réel, c'est-à-dire de satisfaction de la demande.

Cet indicateur peut être calculé en considérant des temps généralisés incluant des coefficients de pénibilité et des pénalités d'accès aux différents modes de transport en commun, ou en temps réel, simple addition des temps de marche à pied, d'attente et de parcours.

A l'aide de ces différents indicateurs, on peut caractériser les deux situations avant métro et après métro. En calculant la variation moyenne sur l'ensemble des zones, on obtient les résultats suivants :

| | Accessibilité exponentielle tronquée | Temps moyen de parcours | Nombre d'opportunités à moins de | |
|------------|--------------------------------------|-------------------------|----------------------------------|---------|
| | | | 15 mn | 1 heure |
| emploi | 15,2 % | - 8,0 % | 66,7 % | 5,5 % |
| population | 16,5 % | - 7,8 % | 42,7 % | 9,2 % |

Variation de la moyenne des indicateurs.

Les très grandes différences obtenues par ces quatre indicateurs montrent qu'il n'est pas possible de dégager un chiffre unique et d'affirmer que l'accessibilité croît en moyenne de tel pourcentage du fait de l'ouverture du métro. C'est donc une réponse à la première question posée et qui confirme ce qui a déjà pu être noté : on arrive à des résultats assez nettement différents selon le type d'indicateur retenu, et selon les coefficients numériques utilisés.

On a ensuite, pour ces différents indicateurs, tracé les nuages de points correspondant aux zones du découpage, en portant en ordonnée la variation relative et en abscisse la valeur absolue avant métro, et ceci pour les différents indicateurs retenus. On constate alors une remarquable concordance entre ces différents graphiques du point de vue de la position respective des différents points, c'est-à-dire des différentes zones de l'agglomération, et cela malgré la grande dispersion du nuage et son absence de forme bien marquée. Cette dispersion est due à la grande hétérogénéité des situations des différents secteurs du point de vue de la desserte par le métro. On peut cependant, en se basant sur une hypothèse de proximité au métro, dessiner une typologie de ces nuages de points, et là encore, cette typologie reste identique, ou très proche pour les quatre indicateurs retenus.

On peut tirer de cette double constatation : forte variabilité des résultats moyens, mais très grande homogénéité en ce qui concerne la comparaison entre zones, la confirmation et l'affirmation souvent avancée des vertus beaucoup plus ordinaires que cardinales des indicateurs d'accessibilités. Ils peuvent très bien servir à comparer, mais guère à mesurer, à l'inverse de ce qui est affirmé dans la définition proposée plus haut.

CONCLUSION.

La pierre d'achoppement constante que l'on rencontre à l'étude du concept d'accessibilité se trouve dans le passage entre le contenu intuitif relativement précis de ce concept et l'instrument technique de mesure utilisé et qui est censé traduire ce contenu intuitif. S'il existe un certain nombre de constructions théoriques qui justifient l'emploi de tel indicateur, il n'y a pas encore à proprement parler de construction "axiomatique" du concept d'accessibilité et dès lors, il n'y a pas de méthode pour trancher entre deux interprétations, deux propositions techniques, deux modes de calcul : dans cette mesure, on peut dire qu'on se trouve à un stade encore pré-scientifique dans l'utilisation de ce concept.

Une autre difficulté de principe réside dans la notion même de mesure de la qualité de l'offre de transport : cette mesure est-elle possible sans référence à la demande exprimée ? Si on veut donner une réponse positive à cette question, il faut être conscient qu'il s'agit alors d'une mesure normative et que ni la théorie économique ni les résultats d'enquêtes ne pourront fournir cette norme : son choix se situe au niveau du décideur.

Abreuve des infirmes