

UNIVERSITE BADJI MOKHTAR ANNABA  
DEPARTEMENT D'AMENAGEMENT



# MOBILITE ET TRANSPORT

MATIERE F522 L3 S5

BRAHAMIA KHALED 2022

## Préambule

Les villes actuelles sont de plus en plus difficiles à maîtriser aussi bien en termes de formes que de fonctions. La périurbanisation repousse sans cesse leurs limites et tend à singulariser des quartiers selon une fonction spécifique, lesquels quartiers sont à la fois la raison et la cause d'une multiplication des déplacements. Un fonctionnement plus complexe des espaces urbains est ainsi associé à des pratiques de mobilité de plus en plus difficiles.

Dans la pratique de l'urbanisme, les transports urbains connaissent de profonds bouleversements, marqués par une augmentation aussi bien quantitative que qualitative des déplacements dans la ville et sa périphérie. On se déplace de plus en plus, pour des motifs de plus en plus diversifiés et on utilise de nombreux modes de transport.

Pour rendre compte à la fois de la complexité des pratiques de mobilité et du lien très fort entre les transformations urbaines et les déplacements. Nous allons dans ce cours présenter les pistes d'analyse et d'action de la mobilité urbaine, à travers le nouveau paradigme, celui de la durabilité urbaine.

## Table des matières

|                                                         |    |
|---------------------------------------------------------|----|
| Préambule .....                                         | 2  |
| Table des matières .....                                | 3  |
| LISTE DES FIGURES .....                                 | 4  |
| Cours 5 .....                                           | 5  |
| LA DEMANDE EN TRANSPORT URBAIN .....                    | 5  |
| Introduction.....                                       | 5  |
| 5-1/ Qu'est ce que l'offre de transport urbain .....    | 5  |
| 5-2/ Qu'est ce que la demande de transport urbain ..... | 6  |
| 5-3/ l'estimation de la demande. ....                   | 7  |
| COURS 6.....                                            | 12 |
| LES INDICES D'ACCESSIBILITE .....                       | 12 |
| Introduction.....                                       | 12 |
| 6-1/ Indicateurs économiques.....                       | 12 |
| 6-1-1/ Modèle gravitaire simple .....                   | 12 |
| 6-1-2/ Utilisation dans les études .....                | 15 |
| 6-2/ Indicateurs réalistes: .....                       | 15 |
| 6-2-1/ Isochrone Courbe isochrone (i) .....             | 16 |
| 6-2-1-1/ Indicateur dérivé de la courbe isochrone ..... | 16 |
| 6-2-2 / Différence entre indicateurs .....              | 18 |
| 6-3/ Prismes spatio-temporels.....                      | 18 |
| 6-3-1/ L'indicateur de « contactabilité ».....          | 19 |
| 6-4/ Mesures basées sur le maximum d'utilité .....      | 20 |
| 6-4-1/ l'indicateur Maximum d'utilité .....             | 20 |
| 6-4-2/ Avantages et inconvénients .....                 | 21 |

## LISTE DES FIGURES

|                                                                                                                    |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Fig. n°1 Le processus de la demande de déplacement selon (Gärling, Laitila, Westin, 1998) .....                    | 7  |
| Fig. n°2 Processus de la formation de la demande de déplacement. Kanafani (1983) .....                             | 7  |
| Fig. n°3 Accessibilité aux emplois en transport en commun en heure de pointe sur la zone Lyon-La Verpillière ..... | 14 |
| Fig. n°4 Accessibilité gravitaire en transports collectifs aux actifs de Montréal, ....                            | 15 |
| Fig. n°5 carte accessibilité isochrone monomodale et multimodale.....                                              | 16 |
| Fig. n°6 accessibilité des quartiers courbe isochrone .....                                                        | 17 |
| Fig. n°7 accessibilité aux établissements supérieurs principaux par le transport en comun et la marche à pied..... | 18 |
| Fig. n°8 schémas illustratif de la contactabilité dans une ville. ....                                             | 19 |
| Fig. n°9 carte accessibilité avec indicateur maximum d'utilité. ....                                               | 21 |

## Cours 5

### LA DEMANDE EN TRANSPORT URBAIN

#### Introduction

Pour parler de la demande en transport il est peut être intéressant de revenir à la définition de la **MOBILITE et de son EVOLUTION**

Au départ la mobilité recouvre le sens d'une quantité, un nombre de déplacements réalisés. Mais très vite des distinctions se sont imposées entre un déplacement à pied de courte distance et un déplacement par un moyen motorisé. Une distinction de taille pour le planificateur du système urbain. Les deux déplacements font appel à des infrastructures de natures différentes et donc des investissements différents. Aussi cette définition de la mobilité qui repose essentiellement sur le nombre de véhicules circulant sur un axe a évolué, pour englober le réseau de transport, avec non seulement le nombre de véhicules, mais aussi l'origine-destination. Cette extension était nécessaire pour répondre aux besoins de la modélisation du trafic. Par la suite ce sens a été enrichi.

La définition la plus couramment utilisée dans le milieu des études de prévision, correspond au nombre de déplacements réalisés par une personne au cours d'une journée. L'unité d'observation n'est donc plus le véhicule, mais la personne. De plus, on ne se limite plus aux déplacements motorisés, mais on prend en considération l'ensemble des modes de transport, y compris la marche à pied ou les deux roues. Enfin, les déplacements sont considérés avec certains de leurs attributs, comme l'origine, la destination, le motif, l'heure de réalisation ou le moyen de transport employé....

Au final faire une étude sur la demande en transport revient à cerner tous les types de mobilité et les moyens de déplacement.

#### 5-1/ Qu'est ce que l'offre de transport urbain

L'offre de transport urbain désigne l'ensemble des infrastructures et équipements (voies, stations, arrêts, gares, et parc roulant) mis à la disposition des usagers pour leurs besoins de déplacement à l'intérieur de la ville » in Khaladi, M., *Analyse du système de transport urbain dans une ville moyenne : cas de Béjaïa*, in Chanson Jabeur, Ch. et Musette, S. (dir.), *Transports urbains et interurbains en Algérie*, Alger, CREAD 2002, p. 110.

Pour illustrer cet aspect on prend à titre indicatif l'exemple d'Alger selon l'article de : **Lila CHABANE Inégalité spatiale de l'offre en transport urbain de voyageurs par bus à Alger** CREAD, Algérie :

- **Voies** : La circulation du bus est tributaire des conditions générales de la circulation routière, en effet le réseau de bus dispose d'un seul couloir réservé qui se trouve au centre, rue Didouche Mourad jusqu'à la place Audin, ce couloir est d'environ 1km, est matérialisé par une ligne blanche continue, les taxis peuvent l'emprunter, ce qui dégrade la performance du bus.

- **La durée du trajet**; 15% des **temps de trajet sur le réseau de bus ont plus d'une heure, la durée moyenne d'un** trajet sur une ligne locale est de 43 mn, 49 mn sur les lignes radiales et 32 minutes sur les lignes périphériques. On retrouve les trajets les plus longs, en terme de temps, dans le centre à cause des conditions de circulation difficiles sur les trajets reliant le centre à la périphérie.

- **La fréquence est un indicateur de qualité de service** qui caractérise le service offert aux usagers. La fréquence a été calculée en terme de nombre de bus qui partent dans un quart d'heure

qu'on a multiplié par 4 pour trouver le nombre de départs dans une heure. En moyenne on a 8

véhicules/heure sur toutes les lignes, cette moyenne est la même pour les lignes radiales et périphériques mais elle n'est que de 4véhicules/heure pour les lignes locales dans ce cas le temps d'attente moyen pour monter dans un bus est de 15 minutes, cela résulte du fait que le bus subit les aléas de la circulation routière générale et par conséquence l'utilisateur est pénalisé dans les temps d'attente.

- **Le nombre de rotations est un autre indicateur de la qualité de service, on le définit comme**, étant le nombre d'aller-retour qu'effectue le transporteur sur la ligne pendant un jour de travail. Le nombre de rotation varie selon la période (été, hiver, jour de semaine, weekend...), le nombre moyen de rotation sur le réseau de ligne de bus est de 8 rotations/jour.

- **l'amplitude de travail, le service s'arrête entre 18h00 et 19h00 pour 68%** des lignes, qui est un arrêt très tôt d'un service public pour ceux qui travaillent la nuit et limitent les déplacements pour loisirs ou de visite.

- **Le tarif du bus varie entre 10 et 30 DA (ligne périphérique) et entre 10 et 35DA (ligne radiale) et entre 10 et 20DA (ligne locale)**, le prix du ticket à l'unité n'est pas excessif mais le fait de prendre beaucoup de correspondances pour arriver à destination fait augmenter le coût total du déplacement par bus essentiellement pour ceux qui résident en périphérie et qui ne sont pas desservis par des lignes radiales.

-**L'informations** il n'existe aucune fiche signalétique aucun tableau d'information sur les horaires départ arrivée encore moins un plan d'orientation des arrêts des correspondances etc.

## 5-2/ Qu'est ce que la demande de transport urbain

La demande de transport recouvre plusieurs sens :

**En micro-économiques**, la demande de transport est le volume de déplacements susceptible d'apparaître pour chaque niveau de coût de transport.

**En termes de gestion**, la demande de transport, est l'expression d'un besoin de transport qui dépasse la notion de trafic (Kanafani, 1983).

Comme on le constate ce sens diffère de la notion de demande de déplacement qui peut être divisée en deux composantes :

- la première, elle est l'expression d'une demande d'activités socio-économique. Donc la demande de déplacements **est la résultante des activités économiques avec l'espace**. Or le flux de trafic, est confronté à l'offre en infrastructures de transport.

L'analyse de la demande de transport fait le lien entre la demande de transport et les activités économiques qui la génèrent.

Dans ce cas l'objectif de l'analyse de la demande de transport est de comprendre, la manière dont celle-ci réagit aux variations du contexte socio-économique et affecte l'évolution du volume de trafic.

- La deuxième, la demande de déplacements est le résultat de certains choix de transport permettant la réalisation du déplacement. Elle n'est donc pas seulement déterminée par le système d'activités, qui crée les besoins de déplacements, mais aussi par le système **d'offre en infrastructures de transport qui détermine les choix de déplacement**.

Il faut distinguer entre les motivations de déplacements, c'est-à-dire les besoins, les obligations de s'engager dans des activités à l'extérieur du domicile et les choix des déplacements tels que la destination, le mode, l'heure de départ et l'itinéraire. Ce sont là deux composantes étroitement liées qui déterminent le comportement de déplacement observé. Le processus de la demande de déplacement peut être schématisé comme suit fig. n°1 et 2.

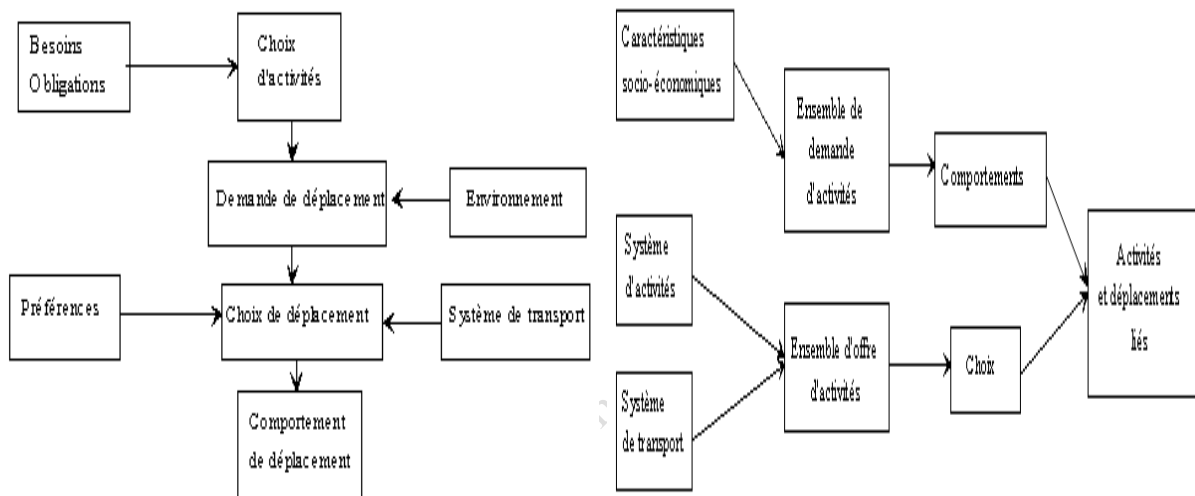


Fig. n°1 Le processus de la demande de déplacement selon (Gärling, Laitila, Westin, 1998) Fig. n°2 Processus de la formation de la demande de déplacement. Kanafani (1983)  
Source : <http://theses.univ-lyon2.fr/documents/getpart.php?id=lyon2.2000.smasson&part=32748>

Le besoin de déplacement est le résultat des interactions entre les activités sociales et économiques dispersées dans l'espace.

L'analyse de la demande de transport fournit une structure pour l'estimation des besoins de transport et pour la prévision des volumes de trafic qu'utiliseront les équipements de transport. A partir de la manifestation du besoin de transport, l'individu doit réaliser son déplacement étant donnée l'offre de transport.

Dans ce cadre, l'analyse de la demande de transport s'inspire de la théorie néoclassique du consommateur. L'individu va choisir la façon de se déplacer (la destination, le mode, l'itinéraire, l'horaire) afin de **réduire au maximum ses coûts de déplacement**. Ceux-ci sont aussi bien des **coûts monétaires** que des **temps** de déplacement, des **temps d'attente**, etc.

Les hypothèses comportementales importantes de l'analyse de la demande sont relatives au processus de choix. On postule que la personne qui se déplace est face à une série de choix concernant les activités urbaines et les choix de transport impliqués.

### 5-3/ l'estimation de la demande.

Les méthode d'estimation sont très nombreuses.

**5-3-1/**La première s'appuie sur le modèle de transport à quatre étapes (**origines-destinations, coûts généralisés, facteur d'attraction**, en emplois notamment, des différentes zones). Ce type de modèle a besoin de nombreuses données, le plus souvent désagrégées.

5-3-2/ La seconde la plus utilisée s'appuie sur l'identification des variables explicatives de la demande de transport. Elle a besoin de données agrégées et recherche les variables explicatives structurelles de la demande. Comme : l'effet prix, l'effet revenu, l'effet quantité et l'effet spatial.

5-3-2-1/ **L'effet prix** MC FADDEN (1974). met en évidence un effet prix sur la demande de déplacement. Dans le cas de la voiture particulière, la demande s'accroît lorsque le coût d'usage de la voiture se réduit. Elle s'accroît également lorsque le revenu, le coût et le temps d'attente des transports en commun augmentent. De même, la demande de déplacement en transports en commun s'accroît lorsque le coût d'usage de la voiture augmente et se réduit lorsque le coût et le temps d'attente des transports en commun augmentent.

La hausse du prix des carburants limite ainsi la mobilité en voiture (GOODWIN, 1992).

#### 5-3-2-2/ L'effet revenu

La variable revenu est très délicate dans son emploi en raison de la multiplicité des paramètres qui rentrent dans son calcul comme les paramètres **socio-démographiques, la taille du ménage** (LYONS *et al.*, 2002) et la **situation économique** (GAKENHEIMER, 1999), **le foncier propriétaire ou locataire ou de détenir une ou plusieurs habitations** (MEURS *et al.*, 2001), ou d'autres variables sociétales comme le taux de fertilité (LYONS *et al.*, 2002).

Aussi les résultats de l'utilisation de cette variable sont mitigés (DARGAY et HANLY (2002), de même que BRESSON *et al.* (2004), mettent en évidence **une relation négative entre le nombre de déplacements en bus et le niveau de revenu**. À l'inverse, ils montrent **une relation positive entre le revenu et l'utilisation de la voiture**.)

La variable de revenu permet également de mettre en évidence des **différences entre les pays**, DARGAY et GATELY (1999) montrent que la hausse du **taux de motorisation, liée à la hausse du revenu est d'autant plus forte que l'économie du pays se trouve en situation de croissance économique rapide**

SCHAFER *et al.* (2000) utilisent la notion de **Budget Temps Transport (BTT)** mise en évidence par ZAHAVI (1973), ROTH et ZAHAVI (1981). Ils montrent que dans les groupes de pays où les revenus sont les plus élevés, comme l'Amérique du Nord et l'Europe, **la mobilité et le revenu ont augmenté dans les mêmes proportions**.

#### 4-2-2/ L'effet quantité

MOGRIDGE (1967 ; 1989) montre que la demande est aussi impactée par les quantités disponibles de biens et de services, mesurées en nombre de déplacements en voiture, en taux de motorisation (JANSSON, 1989) et en nombre de sièges-kilomètres offerts par les transports en commun (BRESSON *et al.*, 2004). Il apparaît que la **croissance économique conduit à une hausse du taux de motorisation** (ORTUZAR *et al.*, 2006). Plus globalement, l'accroissement de la quantité de bien disponible (voiture ou transports en commun) a un effet positif sur la demande. Pour la période 1975-1995, BRESSON *et al.* (2004) montrent que la baisse de l'usage des transports en commun est principalement due à la hausse de la motorisation.

#### 4-2-3/ L'effet spatial

DARGAY et HANLY (2004) mettent en avant la nécessité de prendre en compte la relation entre le transport et l'utilisation de l'espace. KAIN et FAUTH (1977) intègrent le développement urbain, mesuré par la densité dans chaque zone, ainsi que les caractéristiques socio-économiques des ménages, la localisation de leurs emplois et de leurs résidences, pour expliquer le choix de leur mode de déplacement.

Pour SMALL et VERHOEF (2007), le type et la densité des bâtiments ainsi que le type d'activité sont des facteurs qui influencent les décisions de déplacement. BUTTON *et al.* (1993) montrent une relation positive entre le taux de motorisation et le niveau d'urbanisation. HANDY (1996) fait une revue des différentes méthodes pour étudier le lien entre la forme urbaine et le comportement de déplacement. Elle montre que la mixité des fonctions a un effet négatif sur l'utilisation de la voiture, Cette complexité se retrouve également sur la question de la morphologie de la ville. Plus une ville est grande plus la longueur des trajets s'accroît. Or, il semble finalement que la taille de la ville n'ait pas d'effet direct sur le choix du mode de transport.

L'estimation de la demande comme nous l'avons vu précédemment dépend des déplacements. Donc elle se fait en fonction du choix préalable du ou des modes de déplacement comme souvent **l'automobile et les transports en commun**.

la forme générale de la fonction de demande de déplacement, ou mobilité, notée  $D$ , est la suivante.

$$D = f(p_{VP}, p_{TC}, q_{VP}, q_{TC}, R, s_U)$$

Avec

**pvp** : coût de la voiture particulière, le coût de la voiture (**pVP**) s'obtient par le coût d'usage moyen pour un déplacement en voiture – **noté CCAR**

**pTC** : coût des transports en commun, - le coût des transports en commun (**pTC**) s'obtient par le coût d'usage moyen pour un déplacement en transports en commun – noté CPT,

**Qvp** : quantité de voiture offerte, **Qtc** : quantité offerte de transports en commun, - **R** : revenu, est estimé par le PIB urbain par personne – *noté GDP*,

**su** : la structure urbaine est obtenue grâce à la densité urbaine – notée DENS. (Elle se décompose en une mobilité en voiture, notée **DCAR**, évaluée par les déplacements quotidiens en voiture par personne et une mobilité en transports en commun, notée **DPT**, évaluée par les déplacements quotidiens en transports en commun par personne :

$$D_{CAR} = f(CCAR, CPT, LROADPSURF, GDP, DENS)$$

$$D_{PT} = f(CCAR, CPT, PTVEHS, GDP, DENS)$$

- **CCAR** le coût d'usage moyen pour un déplacement en voiture

- **CPT** le coût d'usage moyen pour un déplacement en transports en commun

- **LROADPSURF** la longueur des routes pour 1000 habitants rapportée à la surface urbaine – notée

- **PTVEHS** le nombre de véhicule kilomètre de service en transports en commun par personne rapporté à la surface urbaine .

A défaut de variable de revenu, le PIB urbain nous donne une indication du niveau de vie dans la ville.

Comme vous pouvez le constater que l'application exige beaucoup de données qui sont indisponible pour le moment.

### **Exemple d'étude sur l'offre en transport urbain Annaba** **Périmètre urbain de l'agglomération d'Annaba**

Le périmètre de transport urbain de l'agglomération d'Annaba se compose de quatre communes : Anna-ba, El Bouni, Sidi Ammar et El Hadjar.

Au plan routier, deux axes de desserte nationale convergent vers le Sud de la ville : la RN44 en provenance de Constantine via Berrahal suivant l'Oued Boudjemâa, et la RN16 le long de la Seybouse. Trois voies ferrées empruntent les mêmes vallées. Actuellement l'activité ferroviaire est surtout concentrée sur la ligne Sud d'El Hadjar pour le transport des minerais et des produits sidérurgiques vers le Port, et sur la ligne de Constantine pour le transport des voyageurs et marchandises. Les concentrations d'habitat au Sud, compte tenu de leur importance numérique, ont constitué les communes d'El Bouni, d'El Hadjar et de Sidi Ammar.

Populations a) en l'an 2000 : La population résidante dans l'agglomération d'Annaba est de 454.921 habitants répartis en ménages de 05,73 personnes en moyenne. Sur les 100 habitants : 19 travaillent, 31 suivent des études (de l'école primaire aux études supérieures), et enfin 48 sont inactifs . Le salaire mensuel moyen d'un travailleur est de l'ordre de 15.000 DA (1). b) en 1987 : La population résidante dans l'agglomération d'Annaba en 1987 était de l'ordre de 387.000 habitants, répartis en ménages de 07,03 personnes en moyenne. Sur les 100 habitants : 23 travaillaient, 41 suivaient des études et 36 étaient inactifs. Le salaire mensuel moyen d'un travailleur était de l'ordre 4000 DA

AGGLOMERATION D'ANNABA Demande globale de déplacements Selon les résultats de l'enquête ménages de l'an 2000.

-Près de 0,9 million de déplacements tous modes sont réalisés journallement par la population résidente, soit une mobilité moyenne tous modes de 01,78 par personne ;

- Ces déplacements tous modes se font à 71% à pied et à 29% en modes motorisés, d'où une mobilité à pieds de 01,26 et celle motorisée de 0,52 ;
- La motorisation ( nombre de véhicules(\*) pour 1000 habitants) est de l'ordre de 37 ;
- Les déplacements motorisés se répartissent : 59% en Transports Collectifs, soit une mobilité TC de 0,31 , 19% en Voitures particulières, soit une mobilité VP de 0,12 et 17,50% en Taxis, soit une mobilité Taxis de 0,09;
- Les déplacements se font à 58% pour les motifs obligés et à 42% pour les motifs non obligés.

Le budget moyen consacré par les ménages pour leurs déplacements en TC et en Taxis est de l'ordre de 95DA/Jour, soit 2500 DA/ mois, correspondant à 17 % environ du salaire mensuel moyen.

#### **Offre de transport public**

-272 opérateurs privés),

-Le réseau de transport Public Urbain est composé de 20 lignes avec un parc de 317 véhicules ( 117 autobus, 17 autocar et 183 minicar), correspondant à un taux d'équipement de 0,34 bus équivalent 100 places par 1000 habitants.

-3 stations situées au centre ville.

**Station Soudani Boudjemaâ** : c'est la station principale du réseau, ses 14 lignes desservent les zones du Nord, du Sud et de l'Ouest de l'agglomération. Cependant, l'espace alloué à cette station, n'est pas suffisant pour assurer une bonne régulation

des 166 véhicules qu'elle reçoit quotidiennement. Par ailleurs la règle appliquée par les opérateurs qui consiste à ne quitter la station qu'après remplissage du bus, contribue à une exploitation anarchique de cette station .

**Station Kouche Noureddine** : Cette station dessert, les communes de Sidi Amar, El Hadjar et El Bouni.

**Station du 19 Juin** : ses trois lignes couvre le côté Nord de la ville en direction de littoral à savoir oued Kouba, refes Zahouane, Ain Achir,...

Diffusion exclusive aux étudiants département aménagement reproduction interdite

## COURS 6

### LES INDICES D'ACCESSIBILITE

#### Introduction

Les grandes villes font face à des problématiques complexes de structuration de leurs territoires. Parmi les quelles l'accessibilité au territoire et l'accessibilité du territoire. L'enjeu est d'estimer les potentiels d'accessibilité en transport collectif et d'interpréter les équilibres d'accès au territoire.

Les indices d'accessibilité sont des outils privilégiés pour mesurer leur performance territoriale. L'évaluation de l'accessibilité des transports collectifs, sous l'angle de la performance territoriale des réseaux de transport (Stathopoulos, 1994), fait référence à de multiples indicateurs.

Différents travaux dressent des perspectives méthodologiques et clarifient le choix d'indicateurs pour l'analyse de l'accessibilité (Dupuy, 1985 ; Chapelon, 1997 ; Joly, 1999 ; Hilal, 2003 ; Caubel, 2006 ; Conesa, 2010). Selon ces sources, on peut déterminer trois grandes familles de mesures de l'accessibilité :

On rencontre dans la littérature trois types d'indicateurs

#### 6-1/ Indicateurs économiques

Ils caractérisent l'accessibilité potentielle aux opportunités territoriales. Ils prennent en compte dans le calcul de l'accessibilité, les opportunités ainsi que les interactions spatiales (exemple, les modèles gravitaires) ; Les mesures d'interaction spatiale, généralisant les modèles gravitaires, visent à estimer un volume potentiel d'opportunités qu'on peut atteindre dans l'ensemble de l'espace urbain, pondéré par une fonction de résistance liée au déplacement entre une zone d'origine et une zone de destination (Caubel, 2006). Cette fonction de résistance traduit l'effort (distance, coût, durée du déplacement) que doit fournir l'individu en se déplaçant pour réaliser une activité ou pour atteindre un lieu de destination.

Les travaux d'économie spatiale distinguent entre :

- **Une accessibilité dite géographique** (somme des distances aux lieux)
  - croisement des données d'offre et de demande de transport « issu d'une analyse de l'utilité des modes qui s'appuie sur le postulat que, pour un motif donné, le choix de destination des usagers est conditionné par le niveau d'offre de transport. » [17]. Par exemple, on cherchera à mesurer l'utilité des transports collectifs pour le motif de déplacements domicile-travail sur l'ensemble d'un territoire.
- **Une accessibilité dite potentielle** (somme des distances pondérées par le poids des lieux).

Les modèles qui en découlent s'inscrivent dans le prolongement de la théorie économique de l'accessibilité urbaine de Koenig (1975).

Parmi les indicateurs les plus utilisés, figure le calcul de potentiel pour mesurer l'offre probable d'une ressource en tenant compte de sa distribution et d'une fonction d'interaction (Hilal, 2003).

##### 6-1-1/ Modèle gravitaire simple

Cet indicateur représente le volume potentiel d'opportunités qu'on peut atteindre au sein d'un territoire, pondéré par une fonction de résistance (ou d'impédance) au déplacement entre une **zone d'origine  $i$**  et une **zone de destination  $j$** .

Cette fonction de résistance traduit l'effort que doit fournir l'individu en se déplaçant pour atteindre une opportunité dont il a besoin. Cet indicateur est le produit d'une fonction d'attraction (les opportunités des zones de destinations) et d'une fonction de résistance (le coût du déplacement).

L'indicateur gravitaire est défini par la formule suivante :  $A_i = \sum_j O_j \times F(d_{ij})$

avec :

- $i$ , la zone d'origine ;
- $j$ , la zone de destination du déplacement réalisé par un individu depuis la zone  $i$  ;
- $A_i$  l'accessibilité des individus localisés dans la zone  $i$  ;
- $O_j$  le volume d'opportunités de la zone  $j$  ;
- $d_{ij}$  le coût (distance, temps ou coût généralisé) de déplacement entre la zone  $i$  et la zone  $j$ .

$F(d_{ij})$  correspond à la fonction de résistance (ou d'impédance) liée au système de transport, qui est définie de façon générique par la formule  $F(d_{ij}) = e^{-\alpha d_{ij}} \times d_{ij}^{-\beta}$ .

Le plus souvent, les indicateurs sont construits en supposant  $\beta=0$  et la fonction de résistance est alors de forme Logit  $F(d_{ij}) = e^{-\alpha d_{ij}}$ , comme le proposait Hansen [2].

Le modèle de Kirchhoff suppose quant à lui  $\alpha=0$ , et donc  $F(d_{ij}) = d_{ij}^{-\beta}$  [19].

Notons qu'on peut aussi trouver une variante dans la formulation de la fonction de résistance appelée fonction Box-Cox :  $F(d_{ij}) = e^{-\alpha d_{ij}^{\lambda} - 1/\lambda}$  [19].

On remarque que, lorsque la fonction de résistance comporte une composante « puissance » ( $\beta \neq 0$ ), le coût intrazonal  $d_{ii}$  (coût d'un déplacement ayant son origine et sa destination dans la zone  $i$ ) ne peut pas être considéré comme nul (pour éviter un terme nul au dénominateur). En revanche, dans une formulation de type Logit ( $\beta=0$ ), un coût intrazonal nul revient à compter pour 1 chaque opportunité de la zone.

[20] a cherché à définir des coûts intrazonaux non nuls, en utilisant la formule suivante :

$$d_{ii} = \sqrt{\frac{\sqrt{S_i}}{\pi} \sqrt[3]{d_{i1} \cdot d_{i2} \cdot d_{i3}}}$$

où  $S_i$  est la surface de la zone  $i$ ,

$d_{ii}$  est la distance intrazonale de la zone  $i$ ,

$d_{i1}, d_{i2}, d_{i3}$  correspondent aux distances entre la zone  $i$  et les 3 zones les plus proches.

Exemple de carte réalisée par l'emploi du modèle gravitaire

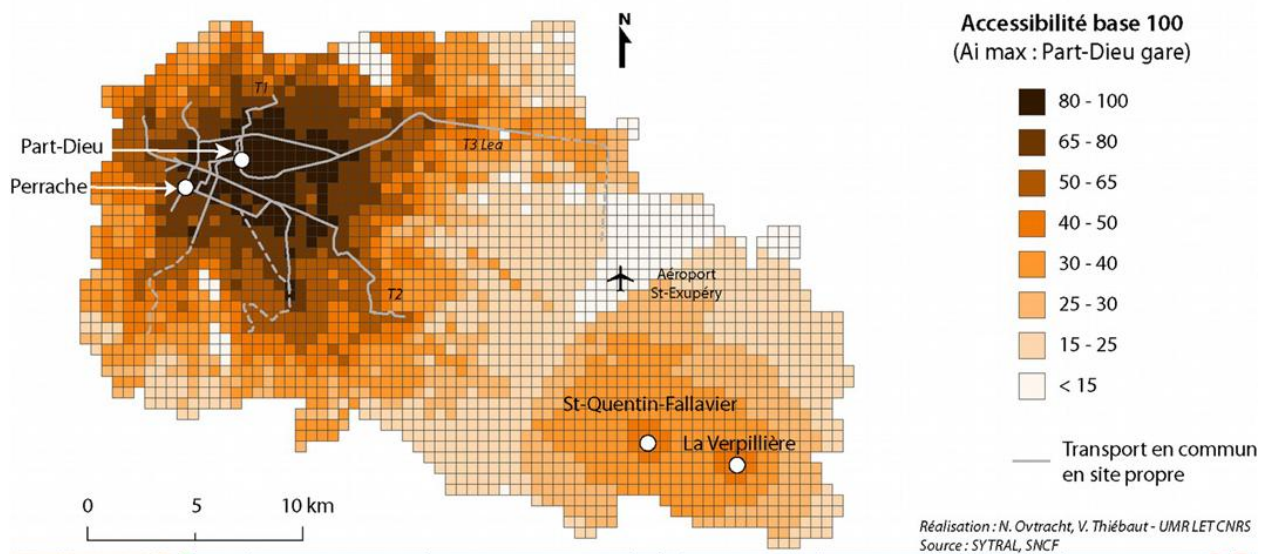


Fig. n°3 Accessibilité aux emplois en transport en commun en heure de pointe sur la zone Lyon-La Verpillière

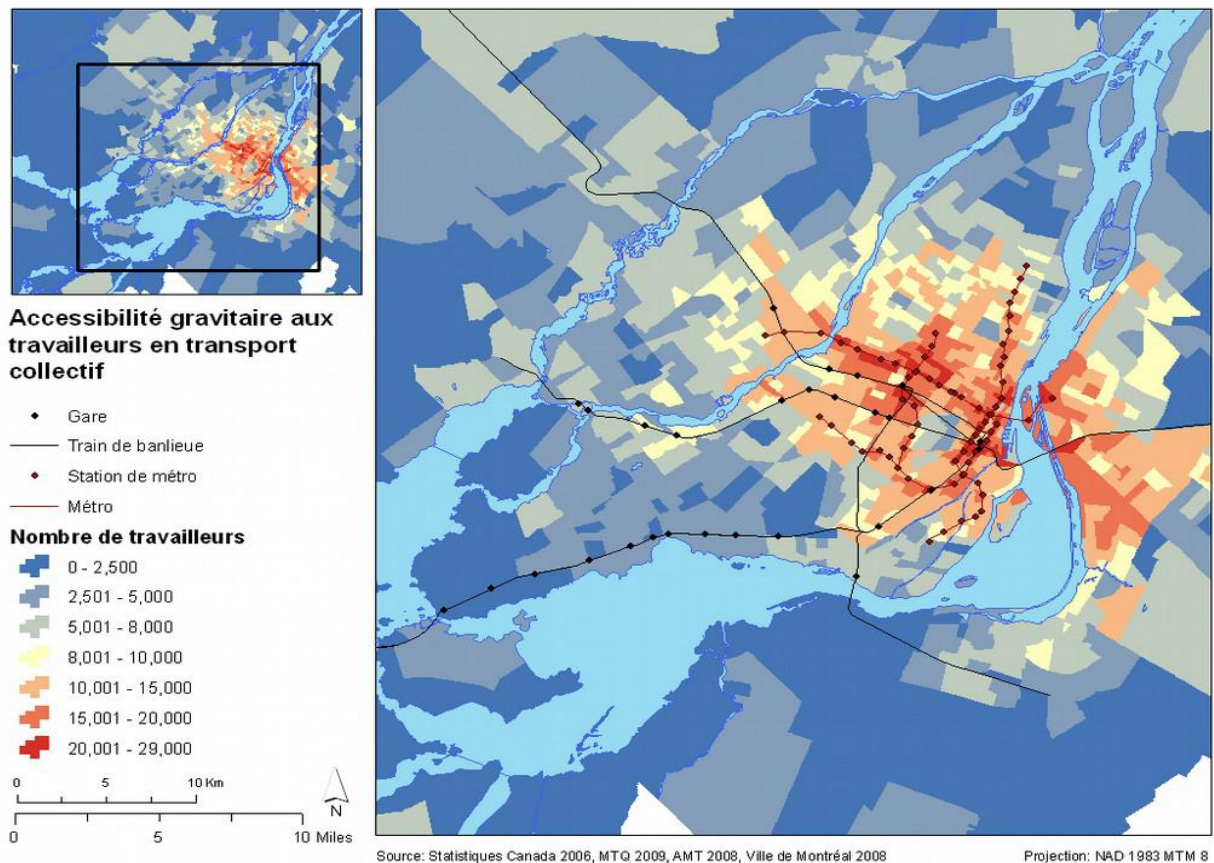


Fig. n°4 Accessibilité gravitaire en transports collectifs aux actifs de Montréal,

source El-Geneidy A. M. et Cerda A. (2013). Mesures d'accessibilité – Mesures de performance pour la planification de l'utilisation du sol et du transport dans la région métropolitaine de Montréal, ministère des Transports du Québec, disponible sur : <http://site.ebrary.com/lib/celtitles/docDetail.action?docID=10652421>.

## 6-1-2/ Utilisation dans les études

Est généralement utilisé dans un contexte monomodal, pour étudier des variations d'accessibilité entre différents scénarios d'offre de transport, d'aménagement du territoire ou entre différents modes. Il est sans unité, l'accessibilité gravitaire peut être formulée en référence au point ayant l'accessibilité la plus élevée (fig. n°1, référence de valeur 100 à la gare de la Part-Dieu) ou encore donnée en valeur brute (fig. n°2, donnant, sans transformation, l'indicateur d'accessibilité gravitaire aux actifs de Montréal, utile par exemple à une entreprise qui s'implante pour évaluer son potentiel de salaires accessibles).

Le modèle gravitaire est relativement peu utilisé dans les études en raison de la difficulté du calibrage des comportements réels des usagers. L'indicateur gravitaire est plus complexe à interpréter que l'isochrone puisqu'il donne une valeur d'indice d'interaction potentielle qui n'a pas de sens physique direct : un moyen de rendre plus intelligibles les résultats est d'évaluer des variations d'accessibilité gravitaire par rapport à un scénario, un mode ou un territoire de référence. Ce type d'analyse rend bien compte des forces et des faiblesses comparées d'accessibilité entre deux situations.

## 6-2/ Indicateurs rétiques:

Ils mesurent les propriétés géométriques de l'espace à travers la structure du réseau de transport. La démarche permet d'évaluer les effets spatiotemporels des

réseaux par la mesure des distances, du temps, mais aussi des coûts, de la connectivité, etc.

- **mesures de temps de parcours depuis ou vers un lieu particulier en décrivant un niveau d'offre de transport** (par exemple, les isochrones).

- croisements entre les informations de temps de parcours et des données socio-économiques du territoire (par ex. pourcentage de population ou nombre d'emplois à moins de 30 minutes d'une gare) :

### 6-2-1/ Isochrone Courbe isochrone (i)

Il s'agit d'une courbe géolocalisée, délimitant un territoire où chaque point est accessible depuis une origine fixée (ou ayant accès à une destination fixée), avec un coût de déplacement inférieur à une valeur  $x$ . Ce coût peut correspondre à une distance, un temps ou un coût généralisé (il s'agit donc d'une courbe « isovaleur égal valeur »).

L'illustration n°2 donne un exemple de courbe isochrone pour deux cas monomodaux (voiture et transports en commun) et pour un cas intermodal (voiture + transports en commun).

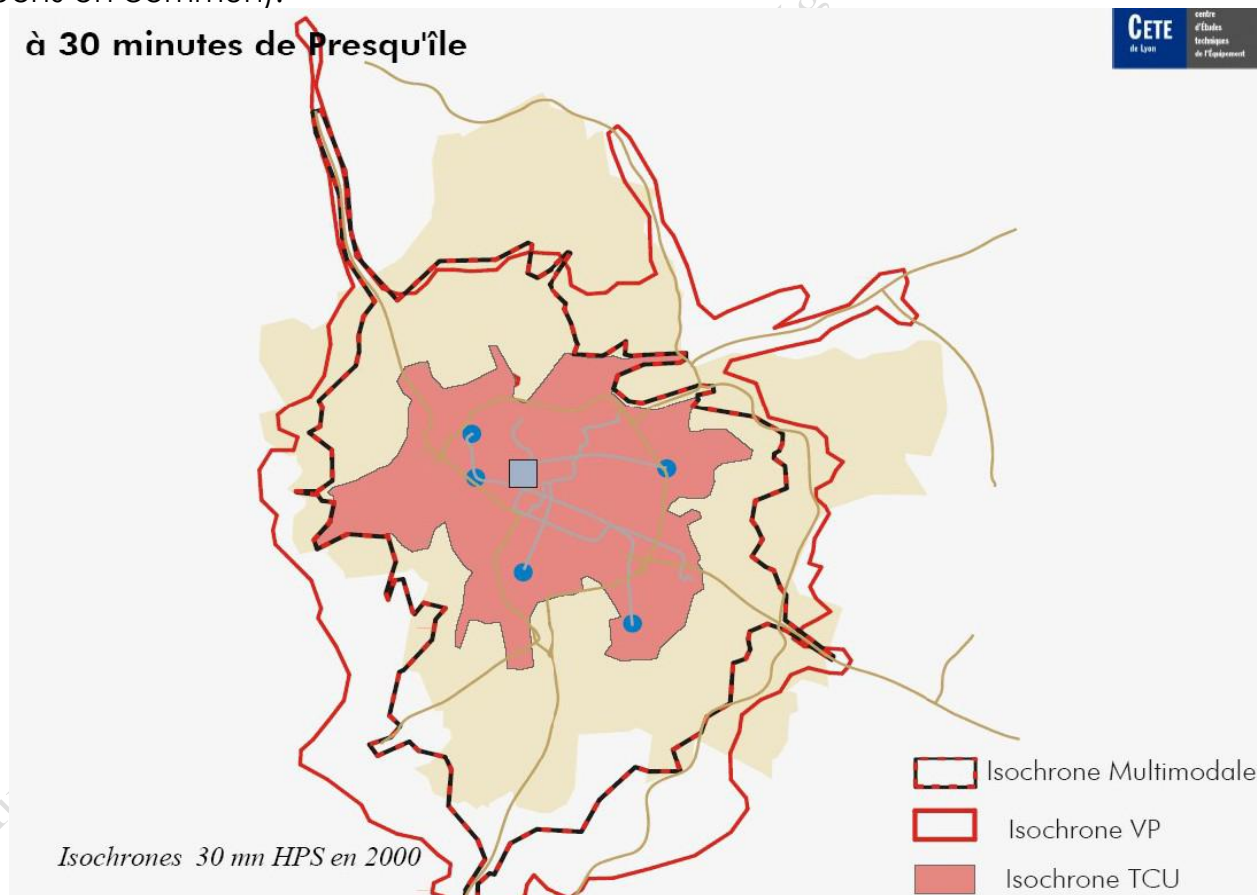


Fig. n°5 carte accessibilité isochrone monomodale et multimodale.

#### 6-2-1-1/ Indicateur dérivé de la courbe isochrone

La courbe isochrone n'est pas un indicateur au sens propre du terme mais en comptant le nombre d'opportunité exemple (emplois situés à l'intérieur de cette courbe). L'indicateur isochrone est obtenu par la formule suivante

L'indicateur « isochrone » est alors défini par : 
$$A_i = \sum_{j/d_{ij} \leq X} O_j$$

avec :

- $i$ , la zone d'origine ;
- $j$ , la zone de destination du déplacement réalisé par un individu depuis la zone  $i$  ;
- $X$ , le coût maximum de déplacement acceptable ;
- $A_i$ , l'accessibilité des individus localisés dans la zone  $i$  ;
- $O_j$ , le volume d'opportunités de la zone  $j$  ;
- $d_{ij}$ , le coût (distance, temps ou coût généralisé) de déplacement entre la zone  $i$  et la zone  $j$ .

Cette figure est une illustration de l'accessibilité à la population depuis différents quartiers lyonnais. Chaque point de la courbe représente en ordonnée le décompte de la population comprise dans la courbe isochrone, dont l'amplitude  $X$  est donnée en abscisse exemple de données utilisées dans le calcul de l'indice dérivé de l'isochrone.

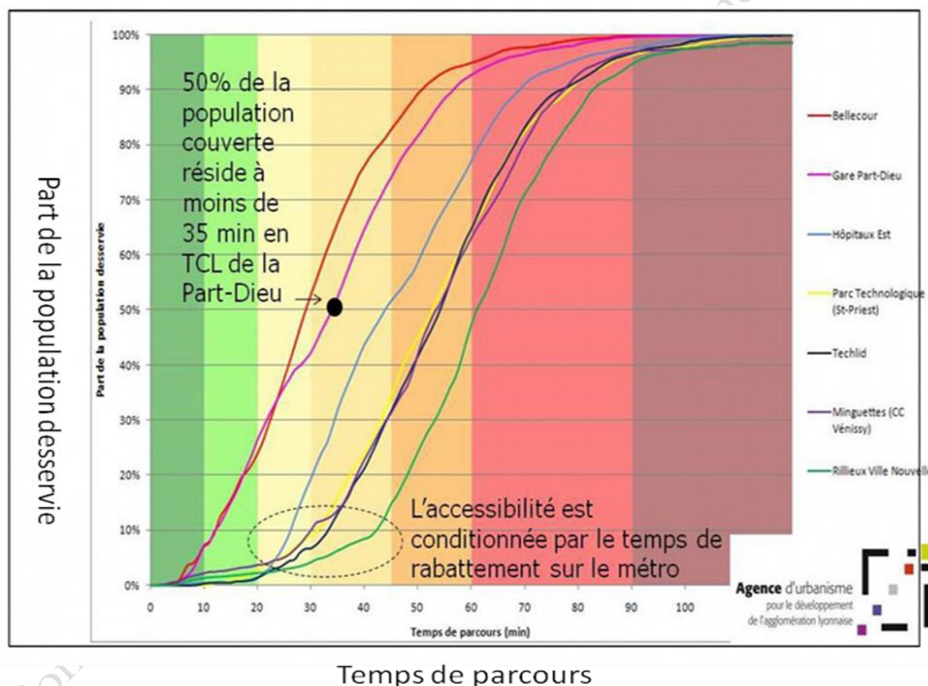


Fig. n°6 accessibilité des quartiers courbe isochrone

Dans ce cas au lieu de fixer des paliers sur la valeur du coût maximum  $X$ , on peut se fixer sur le volume d'opportunités atteintes pour une valeur  $X$  donnée et cartographier par exemple les zones accédant en moins de 60 minutes à 1, 2 ou 3 et plus d'établissements d'enseignement supérieur, comme présenté dans l'illustration suivante fig. n°4

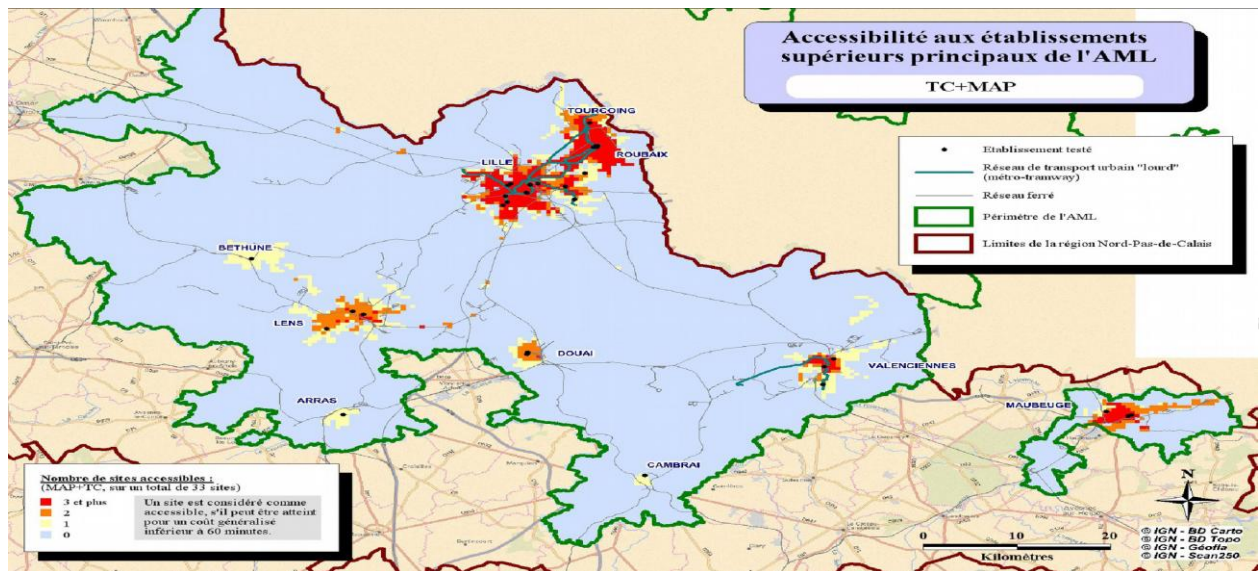


Fig. n°7 accessibilité aux établissements supérieurs principaux par le transport en commun et la marche à pied.

### 6-2-2 / Différence entre indicateurs

La différence entre les indicateurs gravitaires et isochrones, exemple, évaluation de l'accessibilité aux commerces alimentaires depuis un lieu de résidence donné.

sur une isochrone à 30 minutes au sein de laquelle nous comptons l'ensemble des commerces alimentaires présents, peu importe qu'ils soient proches ou lointains du lieu de résidence, pourvu que le temps d'accès soit inférieur à 30 minutes. Cependant il est plus facile d'atteindre le commerce alimentaire situé à 5 minutes du lieu de résidence que celui situé à 25 minutes.

Dans l'indicateur gravitaire, le temps de parcours pour atteindre l'activité, moindre dans le premier que dans le second cas, se traduit en résistance, cette résistance augmentant de plus en plus vite lorsque le temps de parcours augmente (fonction non linéaire du temps de parcours), à l'instar du modèle gravitaire en physique.

Ainsi, deux zones ayant accès chacune à exactement 10 commerces en moins de 30 minutes – et donc une même accessibilité au sens de l'isochrone – n'auront pas la même accessibilité gravitaire aux commerces alimentaires.

### 6-3/ Prismes spatio-temporels

issus de l'école de la « Time Geography », qui mesurent l'accessibilité en tenant compte des possibilités de déplacement dans l'espace et le temps.

Cette catégorie prend en compte les différentes composantes de l'accessibilité (spatiale, individuelle, transport et temporelle), de manière partielle pour certaines de celles-ci, mais ne distingue pas les indicateurs selon leur degré de faisabilité.

Les modèles issus de la *time geography*, mise en évidence par Torsten Hägerstrand, prônent l'analyse des possibilités de déplacements en tenant compte de leur empreinte spatiotemporelle (Conesa, 2010).

La théorie **s'appuie sur une représentation des volumes d'activités accessibles par les individus à un moment donné de la journée, sous les contraintes temporelles des individus et des activités.**

Les prismes (réflexions) spatiotemporels témoignent d'une accessibilité potentielle (possible) aux ressources urbaines dépendante de contraintes de capacité pesant sur l'individu (Chardonnel, 2001).

La *time geography* nous interpelle sur deux éléments : d'abord sur l'épreuve individuelle que constitue la mobilité et qui nécessite une prise en compte des **facteurs de pénibilité** dû au déplacement (tels que les correspondances) ; ensuite sur l'**importance des variations spatiotemporelles de l'offre de transport** qui rend nécessaire, pour les transports collectifs, la prise en compte des **services horaires**.

### 6-3-1/ L'indicateur de « contactabilité »

Il mesure le potentiel de contact en face-à-face sur une journée entre personnes situées dans des villes différentes. Ici les opportunités sont donc des villes ou des agglomérations urbaines.

La **contactabilité** mesure pour une ville donnée les capacités du réseau de transport à permettre une liaison aller-retour avec d'autres villes en une journée tout en autorisant un temps suffisant pour accomplir des activités professionnelles sur place.

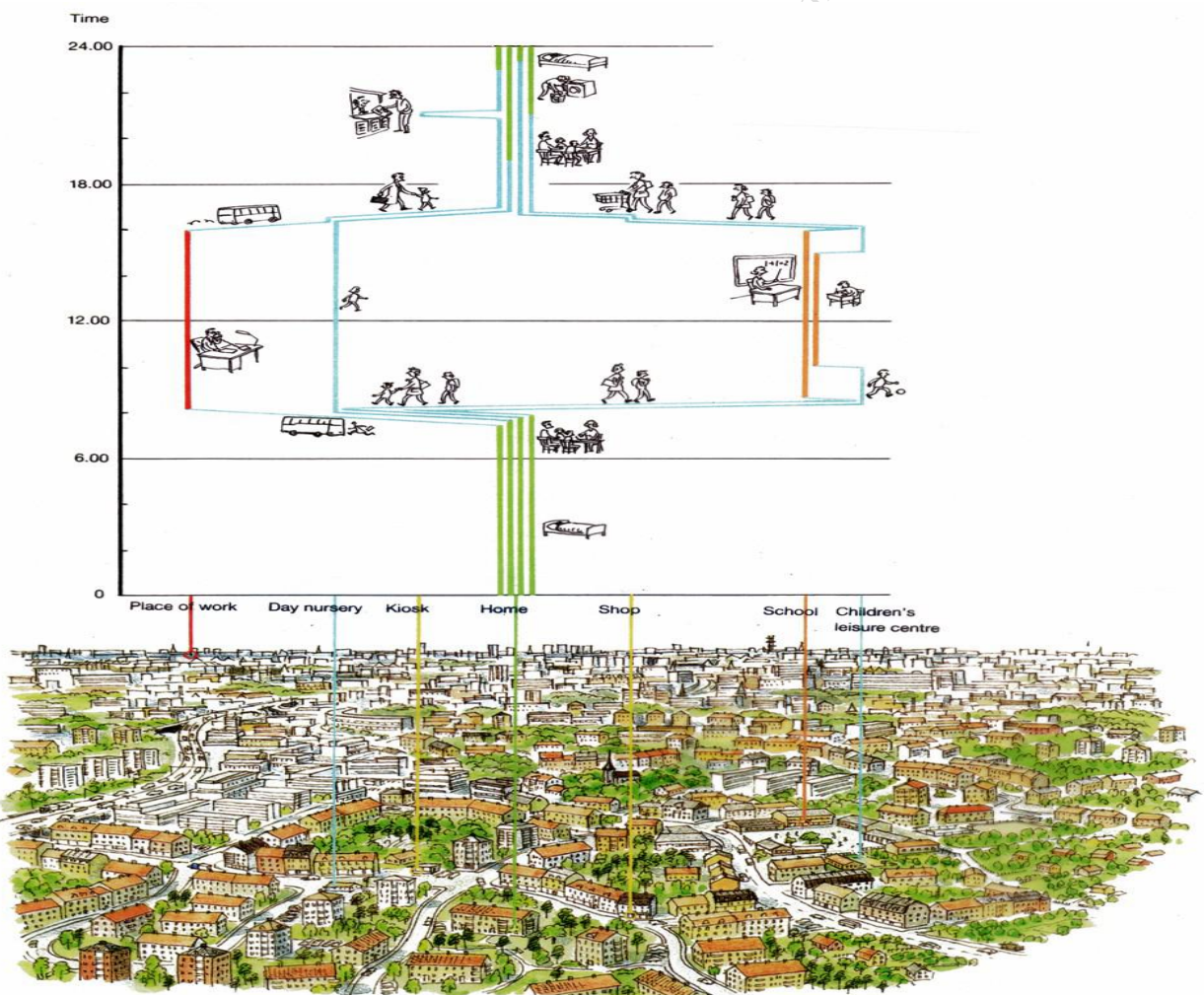


Fig. n°8 schémas illustratif de la contactabilité dans une ville.

Ces modèles dits « prismes spatio-temporels » évaluent les volumes d'opportunités potentiellement accessibles par les individus depuis un lieu donné du territoire, à un moment donné de la journée. Ces mesures d'accessibilité varient sous

les contraintes temporelles et spatiales des individus et des opportunités au cours de la journée. Sur la base de cette observation, [Hagerstraand T. (1970). ] et [Lenntorp B. (1976)] définissent l'*espace-temps contraint* et les *prismes spatio-temporels*.

L'«**espace-temps contraint**» fait référence à l'effet réducteur des caractéristiques temporelles et spatiales dans le choix des activités. Trois types de contraintes peuvent intervenir :

- les contraintes de « **capabilité individuelle** » [Shen Q. (1998)] : ensemble des états contraignant une personne pour atteindre une destination (par exemple, ne pas avoir de moyens de transports disponibles) ;
- les contraintes de « **couplage** » : durée pendant laquelle un individu n'est pas disponible du fait de sa présence en un lieu donne pour bénéficier d'une opportunité dont il a besoin (par exemple, la durée de travail) ;
- les contraintes d'« **autorité** » : règlements et restrictions s'appliquant aux opportunités (horaires d'ouverture et de fermeture, disponibilité en soirée, week-end, saisonnière...).

#### **6-4/ Mesures basées sur le maximum d'utilité**

Les modèles d'accessibilité basés sur la théorie des choix discrets ou le maximum d'utilité apparaissent au milieu des années 1970 et montrent comment un choix est déterminé parmi un ensemble d'alternatives qui satisfont toutes essentiellement les mêmes besoins.

-Ben Akiva et Lerman [1985] définissent l'accessibilité comme étant *l'espérance de l'utilité maximale que retire l'individu de son choix parmi un certain nombre d'alternatives possibles pour atteindre les activités dont il a besoin* :

-Dans le modèle de Koenig G. (1974) l'accessibilité consiste à évaluer l'utilité gagnée par un individu de la possibilité de se rendre dans différents lieux d'un territoire afin d'accéder aux activités dont il a besoin. Pour cela, on suppose que les individus associent une utilité cardinale (essentielle) à chaque choix de destination auquel ils sont confrontés et qu'ils choisissent celle qui leur procure une utilité maximale.

##### **6-4-1/ l'indicateur Maximum d'utilité**

On désigne par « coût généralisé du déplacement » le critère à minimiser dans le problème de calcul d'itinéraire sous-jacent (subordonné) au calcul d'accessibilité. Il peut s'agir :

- d'un simple temps de parcours ;
- d'un temps généralisé, dans lequel certaines composantes du temps de parcours ont été pondérées pour représenter les différences de pénibilité entre les différentes étapes du déplacement
- ou encore d'une combinaison d'un temps généralisé et d'autres indicateurs (coût financier, coût environnemental du déplacement...) dans une somme pondérée.

Pour [Koenig G. (1974).] la mesure de la contrainte d'accessibilité individuelle exprimée en termes de coût généralisé ne prend en compte qu'un aspect limité des déplacements : la contrainte qu'ils représentent.

- $\lambda$  est une constante d'ajustement ;
- $O_j$  est le volume d'opportunités de la zone de destination  $j$  que désirent atteindre les individus. Cet élément d'« attraction » représente l'objectif pour lequel l'individu souhaite accéder à la zone de destination de son déplacement ;
- $F(d_{ij})$  est une fonction du coût généralisé  $d_{ij}$  du déplacement entre les zones  $i$  et  $j$ , dite « fonction de résistance ». On prendra généralement, comme pour le modèle gravitaire :  $F(d_{ij}) = e^{-\alpha d_{ij}}$ .

[illegible]

### 6-4-2/ Avantages et inconvénients

Cet indicateur est basé sur un cadre théorique (théorie des choix discrets) permettant d'introduire les choix individuels et l'attractivité des destinations, mais également de produire un résultat convertible en valeur monétaire. Il reste très difficile à interpréter, à vulgariser et à communiquer. Il nécessite des traitements lourds et de nombreuses bases de données pour pouvoir être mesuré.

En résumé, les indicateurs d'accessibilité sont des mesures statiques décrivant la forme (l'état) d'un système à un instant donné mais ne s'intéressent pas directement aux relations effectives qui pourraient se nouer entre population et ressource.

## Bibliographie :

-Pierre MERLIN 1985 LA DOCUMENTATION FRANÇAISE notes et études documentaires.

-LACOUR.C, BARATRA. M et LEYMARIE. D, « Croissance urbaine : mobilité et desserte des zones périphériques par les transports collectifs », op. cit, pp43-44.

-BOCHET. B, GAY. J-B, PINI. G, Observatoire universitaire de la ville et du développement durable, « Formes urbaines et mobilité : quelles stratégies pour un développement urbain durable ? », in « ville durable et mobilité », Vues sur la ville n°4, Octobre 2002, pp3-5.

Hugo Bois Modélisation et Prospective de la Demande de Mobilité, Thèse soutenue le 06/11/2017 Université Paris Nanterre

Hagerstraand T. (1970). « What About People in Regional Science? », *Regional Science*, vol. 24, n° 1, p. 7-24, disponible sur : <http://dx.doi.org/10.1111/j.1435-5597.1970.tb01464.x>.

Lenntorp B. (1976). *Paths in Space-time Environments: a Time-geographic Study of Movement Possibilities of Individuals*, Dept. of Geography, Royal University of Lund.

Shen Q. (1998). « Location Characteristics of Inner-city Neighborhoods and Employment Accessibility of Low-wage Workers », *Environment and Planning B: Planning and Design*, vol. 25, n° 3, p. 345-365.

Koenig G. (1974). « Théorie économique de l'accessibilité urbaine », *Revue économique*, vol. 25, n° 2, p. 275-297, disponible sur : <http://dx.doi.org/10.2307/3500570>.

Ben-Akiva M. E. et Lerman S. R. (1985). *Discrete Choice Analysis: Theory and Application to Travel Demand*, MITPress.