

Analyse des facteurs à l'origine des déplacements

Appréhender et comprendre le processus décisionnel à l'origine d'un déplacement revient à poser la question, pour l'individu « faut-il effectuer un déplacement ? ». Il s'agit en fait de comprendre la motivation du déplacement de l'individu. Notre objectif est donc d'étudier les méthodologies d'analyse des liens entre le processus de choix à l'origine de la mobilité et les variables démographiques ou économiques de chaque zone.

Nous établirons dans un premier temps l'ensemble des définitions nécessaires à la compréhension de la mobilité et plus particulièrement concernant la décision ou non d'effectuer un déplacement. Cette étape préalable nous permettra par la suite de dresser un tableau des méthodologies actuelles concernant l'analyse des facteurs à l'origine des déplacements. Pour finir, nous étudierons les possibilités d'application d'une approche spécifique, l'approche désagrégée, à une telle analyse.

1. Principes et définitions

Selon les modèles courants, les déplacements relatifs à une zone géographique donnée sont répartis en deux grandes catégories : les déplacements qu'elle émet, et ceux qu'elle attire [GTMT, 2001]. Les émissions sont définies par l'ensemble des déplacements dont l'origine est située dans la zone. Les attractions correspondent quant à elle à l'ensemble des déplacements reçus par la zone et dont la destination se situe dans la zone (figure 17). Ces définitions, qui peuvent paraître triviales, sont nécessaires et amènent une interrogation : qu'est-ce qu'une destination ou une origine et comment définir un déplacement ? La personne se rendant à son travail mais s'arrêtant en route pour acheter du pain connaît-elle une ou deux destinations / origine et effectue-t-elle un ou deux déplacements ?

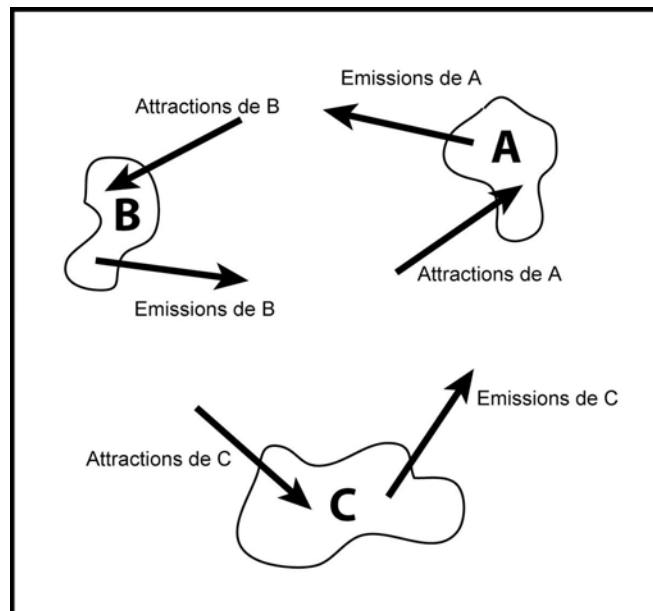


Figure 17 : Concepts d'émissions et attractions
Source : d'après [LET, MVA, IMTrans, 2000]

1.1. Déplacements / activités

La première question à se poser concerne tout d'abord l'identification même d'un déplacement. Quelle durée, quel but ou quelle distance peut justifier d'un déplacement ? Est-ce qu'un individu traversant la rue pour aller acheter du pain effectue un déplacement ? Si l'on accepte le fait qu'il s'agisse d'un

déplacement, est-ce que ce même trajet doit être pris en compte pour un autre motif tel que poster une lettre ou pour un tri sélectif de déchets ?

Il va de soi que ces questions doivent s'adapter au contexte et au but que l'on veut accorder aux données. De même le choix effectué pendant la production des données conditionne fortement les définitions que nous retenons.

1.2. Sortie / déplacement

Reprenons l'exemple d'une personne partant de son domicile (zone A) se rendant à son travail (zone C) mais effectuant un arrêt pour un achat en route (zone B) puis retournant à son domicile une fois sa journée finie. Combien cette personne accomplit-elle de déplacements ? Différentes réponses peuvent alors être proposées :

un déplacement dont le motif est le travail

deux déplacements pour les motifs successifs de travail et de domicile

trois déplacements pour les motifs achats, travail, domicile

Dans le cas où l'on retient trois déplacements, quelle zone émet un déplacement ? La zone A d'où est partie la personne, ou la zone A et la zone B, toutes deux à l'origine de déplacements pour les motifs respectifs d'achat et de travail ? (figure 18)

On différencie habituellement les notions de sortie, de chaîne de déplacements, et de déplacement [Zhang et al, 2001]. La sortie correspond à un ensemble de déplacements et de motifs pour lesquels la destination et l'origine sont confondues. La notion de chaîne correspond à la succession de déplacements pour des motifs différents entre une zone de départ et une zone d'arrivée attachée au motif principal. Il devient alors nécessaire de discerner un motif principal de motifs secondaires. Enfin, le déplacement est défini par le CERTU comme « le mouvement d'une personne, effectué pour un certain motif, sur une voie publique, entre une origine et une destination, selon une heure de départ et une heure d'arrivée, à l'aide d'un ou plusieurs modes de transport » [CERTU, 1998a].

On peut essayer de différencier une sortie multi-motifs d'une succession de motifs séparés pour écarter ce problème. On prend alors pour principe que pour être qualifié de motif unique, le déplacement qui le concerne doit être séparé par une certaine durée des autres déplacements. Cette définition peut toutefois dénaturer les caractéristiques du déplacement : un individu se rendant à la gare

en voiture pour prendre le train, achète un journal, attend son train un quart d'heure et se rend à sa destination finale. Soit l'on considère que ces deux déplacements sont séparés dans le temps et que chacun est attaché à un motif précis ; soit il s'agit d'un déplacement unique, multi-motifs avec une caractéristique spécifique d'inter modalité, caractéristique que l'on ne retrouve pas dans le premier cas de figure. De plus, dans le cas de la quantification des déplacements qui nous intéresse ici, on passe de deux émissions et deux attractions à comptabiliser à une émission et une attraction.

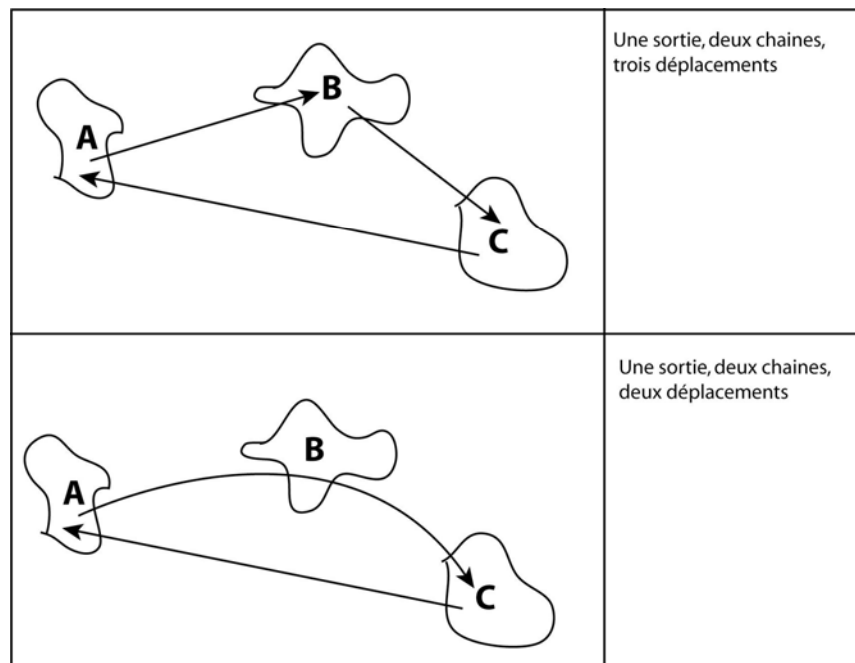


Figure 18 : Déplacement, chaîne de déplacements et sortie
Source : d'après [LET, MVA, IMTrans, 2000]

Si l'on privilégie, lors de l'analyse des facteurs à l'origine des déplacements, les sorties ou les chaînes plutôt que les déplacements, on se trouve confronté à une nouvelle difficulté. L'analyse des facteurs caractérisant le déplacement à travers la répartition modale et l'affectation d'itinéraire nécessite un comptage des déplacements et non des sorties ou chaînes [Hivert et al, 1988]. La génération de déplacements n'a alors plus de sens que pour elle-même et ne peut pas servir de base à la modélisation des déplacements dans leur ensemble.

Enfin réside un des problèmes principaux lié directement à la production même des données à savoir la perception du déplacement par la personne enquêtée. Car si une définition pour le déplacement est arrêtée, l'individu enquêté ne va

sans doute pas retenir la même interprétation, que l'enquête se fasse avec intervention d'un enquêteur ou de manière auto administrée.

Les techniques d'enquêtes spécifiques au transport ont évolué ces dernières années pour tenter de pallier à ces problèmes. Nous nous référons à différents ouvrages sur cette question⁵. Une des évolutions principales consiste à ne plus interroger l'individu sur son déplacement mais sur les activités successives qu'il a réalisées durant une période donnée. L'activité « se surimpose aux classiques modes de transport, trajet ou intention de déplacement » [Chardonnel et al, 2004]. Une fois l'activité énoncée, on situe géographiquement cette activité par une question complémentaire. Un écart important est alors constaté sur le nombre de déplacements déclarés entre une enquête déplacement et une enquête liée aux activités avec changement de lieu [Courgeau, 1988]. Cette méthode permet une meilleure compréhension de l'organisation de la journée. L'enquêté jouit d'une mémorisation plus aisée de ses activités que de ses déplacements et fournit ainsi une meilleure retranscription de sa journée. « Ainsi, l'unité de mesure n'est plus la sortie du domicile composée de déplacements auxquels sont associés des motifs de déplacement, mais davantage la boucle d'activités à laquelle est associée des déplacements lors des changements de localisation des activités. » [LET, MVA, IMTrans, 2000].

1.3. Méthode de calcul des déplacements prédéfinis

Comme nous venons de le voir, la définition choisie pour le déplacement influence directement le nombre d'émissions et attractions retenu. Mais, même avec une définition arrêtée, plusieurs méthodes de calcul des émissions et attractions sont possibles. Il faut donc établir au préalable une méthode de calcul de cette mobilité.

La première méthode consiste à ne dénombrer que les allers sans les retours. Dans le cas d'un déplacement domicile – étude, on ne comptabilise que le déplacement orienté du domicile vers le lieu d'étude ; le retour du lieu d'étude au domicile n'est pas pris en compte. On ne considère donc que la zone émettrice. Les attractions quant à elles sont estimées sur le même principe, en ne faisant cas que de la zone réceptrice. Cette méthode paraît être la méthode

⁵ Javeau C (1985) *L'enquête par questionnaire - manuel à l'usage des praticiens*, Editions de l'Université de Bruxelles, Bruxelles, 138p ; A. Blanchet et al, 2005, *Les techniques d'enquête en sciences sociales [Texte imprimé] : observer, interviewer, questionner*, ed Dunod, 197 pp]

de décompte la plus simple mais pose cependant un problème lorsque la zone d'émission n'est plus le domicile. Reprenons le cas de la figure 18. L'achat effectué en zone B engendre bien une attraction de la zone B. Il est pourtant contestable que la zone B émette un déplacement, l'individu n'effectuant dans les faits qu'un « passage » dans cette zone. Si on suit strictement la méthode de calcul expliquée ici, deux émissions et deux attractions doivent être comptabilisées.

La deuxième méthode tente de pallier à ce problème en différenciant les déplacements dont l'origine est basée dans la zone du domicile, des autres. Le choix est donc fait ici de dénaturer en partie la définition du déplacement pour ne prendre en compte que les déplacements basés au domicile ; les déplacements non basés au domicile sont donc considérés comme des déplacements secondaires et non comptabilisés. Avec cette méthode de calcul, l'individu dont la chaîne de déplacements est décrite à la figure 18 n'émet qu'une émission et ne génère qu'une attraction. La zone B n'a donc engendré aucune attraction.

On pourrait imaginer une troisième méthode comptabilisant l'ensemble des déplacements en émissions et attractions, qu'il s'agisse d'allers ou retours. Cette méthode, dans les faits, ne trouve sa justification que dans le cas précis d'une asymétrie constatée entre les émissions et attractions (plus d'émissions que d'attractions ont été constatées sur une même zone), la somme des émissions devant être égale à la somme des attractions.. Dans ce cas, on fait appel à une méthode de calcul permettant un réajustement (figure 19).

On somme les flux 1 et 2 avant de les diviser par deux pour obtenir une estimation des flux émis. On procède de même avec les flux 3 et 4 pour les flux reçus.

Ce genre d'ajustement est souvent réalisé dans le cas d'échantillon d'enquête peu important. En utilisant la deuxième méthode de comptage, la symétrie est beaucoup plus probable que dans la première méthode.

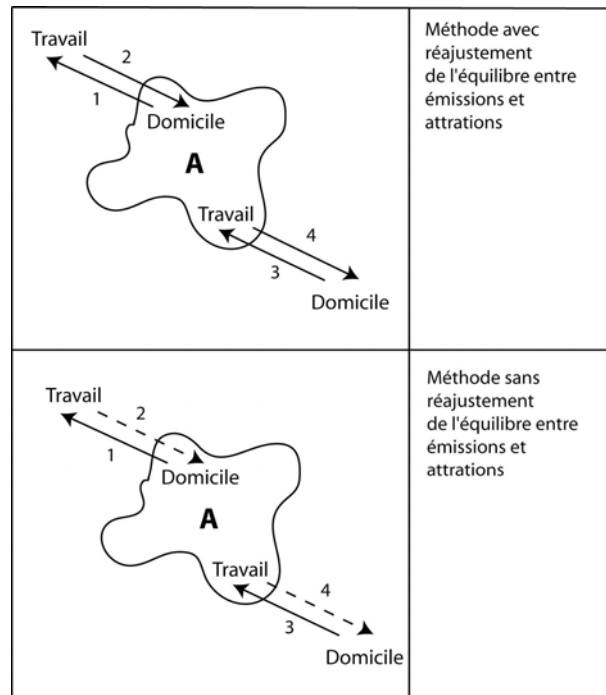


Figure 19 : Les méthodes de calcul des déplacements

1.4. Mobilité individuelle, mobilité du ménage

Très liée à ces questions d'activités, la question de l'unité de mesure des migrants doit également être posée et dépend du but de la modélisation. A l'exception de certaines études réalisées à un niveau très agrégé, la plupart des analyses sont construites autour du ménage ou de l'individu. Chacune de ces unités de mesure présente certains avantages ou inconvénients qu'il convient d'apparier au mieux aux problématiques concernées.

L'immense majorité des études actuelles, portant sur l'origine des déplacements ou la mobilité en général, traite l'information liée au migrant à l'échelle de l'individu. L'évolution actuelle de la mobilité vue en première partie, dans le cadre social et comportemental récent, pousse en effet à se concentrer sur la personne seule, extraite de son cadre familial. Les logiques individuelles grandissantes et la multiplication des moyens de locomotion personnels poussent en effet à ne plus restreindre l'analyse au seul ménage, dont la pertinence se trouve amoindrie.

De plus, le choix de l'individu comme centre de l'analyse de la mobilité quotidienne trouve son explication dans les inconvénients liés au choix du ménage. Le premier est une fois de plus liée aux buts attribués à la

modélisation de trafic : l'une des fonctions principales des modèles liés à la mobilité et la prévision. Or les données liées aux ménages sont plus difficilement prévisibles. Tout d'abord par l'évolution constante de la composition des ménages étudiée en première partie qui produit une difficulté supplémentaire à prévoir le nombre de ménages ; ensuite parce que certains changements démographiques sont plus difficiles à modéliser au niveau du ménage (l'allongement de la durée de la vie par exemple) ; enfin par la complexité même de l'information liée à la composition des ménages qui nécessite des classifications souvent difficiles à gérer [Courgeau, 1988].

Choisir le ménage trouve tout de même sa justification dans certaines études, plus fréquentes en sociologie qu'en géographie. Ces études se focalisent plus sur les fonctions de l'individu au sein du ménage et la répartition des déplacements en fonction des ressources du ménage en terme de mobilité. [LaSUR, 2003].

1.5. Quelle durée, quelle période ?

L'étude des facteurs à l'origine des déplacements n'est évidemment pas la même selon qu'elle porte sur quelques heures, une journée, une semaine, voire des durées plus longues. Le choix concernant la période d'étude de la mobilité a évolué au fil des années. Cette évolution correspond aux transformations des modèles de modélisation de trafic, évoquées en début de cette partie, concernant la finalité des simulations de la mobilité. Les analyses concernant la prévision de trafic ont été mises en place et conçues au départ en vue de dimensionner au mieux les grandes infrastructures de transport. En conséquence, le choix de la période présentant le flux le plus important était souvent retenu.

L'évolution de la mobilité quotidienne ainsi que le changement de mentalité concernant les politiques de transport poussent actuellement les modélisateurs à élargir la fenêtre temporelle de leurs analyses. L'analyse de la journée dans son ensemble s'est peu à peu imposée comme nécessaire à la compréhension des besoins et possibilités en terme de déplacements quotidiens. La durée s'est même élargie à la semaine avec les nouvelles données temporelles liées à la réduction du temps de travail et à certains emplois du temps plus complexes.

Il ne faut toutefois pas oublier que si, concernant l'analyse des facteurs à l'origine des déplacements, l'étude spécifique de la période de pointe ne s'impose pas, elle reste nécessaire pour la modélisation inhérente à la caractérisation du déplacement même, cette modélisation étant la plupart du

temps basée sur des temps de parcours. Or, ces temps varient fortement entre une période de pointe et une période creuse.

1.6. Catégories de déplacements

Très vite, les modèles visant à expliquer les processus de choix d'effectuer ou non un déplacement se sont vu segmentés afin de renforcer leur caractère explicatif ; la segmentation permettant de relier le plus clairement des groupes de populations et les caractéristiques des zones à un comportement de mobilité est la segmentation par motif [GESMAD, 2000].

Cette répartition par motif se fait le plus souvent en trois grandes catégories :

- les déplacements domicile – travail
- les déplacements domicile – autres motifs
- les déplacements secondaires

Cette segmentation peut être opérée avec un plus grand niveau de détail, les autres motifs étant répartis selon la finesse des données disponibles entre les motifs d'études (parfois détaillés selon le niveau d'étude), achats et déplacements à but commercial, loisirs, santé, services administratifs, services de santé, recherche d'emplois, journée d'appel à la défense, etc...

L'estimation des émissions et attractions par motif se construit classiquement à partir des caractéristiques démographiques, économiques, ou urbaines de chaque zone. Ces caractéristiques sont résumées dans le tableau 5 [GESMAD, 2000].

Les générateurs et attracteurs particuliers de mobilité peuvent être spécifiques à un territoire en particulier.

	Emission	Attraction
Domicile ↔ travail	Population totale Nombre d'actifs Taux de motorisation des ménages	Emploi total
Domicile ↔ autres motifs	Population totale Scolaire et étudiants Structure de la population (âges, revenus...) Taux de motorisation des ménages Générateurs particuliers	Population totale Emplois tertiaires Surfaces commerciales Type d'habitat Attracteurs particuliers
Déplacements secondaires	Population totale Scolaires et étudiants Structure de la population (âges, revenus...) Taux de motorisation des ménages Générateurs particuliers	Population totale Emplois tertiaires Surfaces commerciales Type d'habitat Attracteurs particuliers

*Tableau 5 : Variables explicatives de la génération des déplacements
[GESMAD 2000]*

2. Les modèles explicatifs et descriptifs de la génération de déplacement

Après avoir brossé le tableau des différentes manières d'appréhender la génération de déplacements dans la définition de ses termes, nous allons maintenant présenter les méthodes existantes pour sa modélisation ainsi que leurs limites et contraintes.

L'évolution qu'ont connue les différentes méthodologies employées dans ce domaine correspond aux différents types de modèles utilisés. Nous avons donc pris le parti de présenter les modèles de génération de trafic par ordre d'apparition.

2.1. Les modèles normatifs

Premiers modèles mis en place pour l'analyse des facteurs à l'origine des déplacements, les modèles normatifs, apparus dans les années 50 aux Etats-Unis d'Amérique, ont permis de solutionner une certaine carence en données sur l'aire d'étude.

Comme leur nom l'indique, ces modèles se basent sur une norme de génération souvent attachée à un milieu urbain, et différente selon les tailles d'agglomérations. Ces normes sont issues d'enquêtes réalisées sur un territoire de référence et permettant d'extrapoler sur le territoire d'étude. On peut citer en exemple les normes calculées par Horowitz [Horowitz, 1993] qui s'appliquent aux agglomérations de taille moyenne (de 50 000 à 100 000 habitants) (tableaux 6 et 7).

Si l'utilisation d'un tel modèle pose des problèmes d'adaptabilité en milieu urbain (deux villes étant rarement comparables par leur forme et leur fonctionnalité), il paraît réellement problématique d'adapter une norme quelle qu'elle soit dans notre contexte. En effet, la taille, la densité, la structure (unipolaire, multipolaire...) d'une région implique de très fortes contraintes sur la mobilité et l'adaptation d'un milieu à un autre risque fort de produire des résultats erronés.

Nombre de déplacements attirés par...	Emploi commercial	Emploi non commercial	Ménage
Domicile – travail	1,7	1,7	0
Domicile – autre motif	10	0,5	1
Secondaire	2	2,5	0,5

*Tableau 6 : Nombre de déplacements attirés selon les caractéristiques de la zone
[Horowitz, 1993]*

Revenu en milliers de \$	Nombre de voitures par ménage	Nombre de déplacements par ménage	% domicile – travail	% domicile – autre motif	% de déplacements secondaires
6	0,56	4,5	21	57	22
8	0,81	6,8	21	57	22
10	0,88	8,4	21	57	22
12	0,99	10,2	18	59	23
14	1,07	11,9	18	59	23
16	1,17	13,2	16	61	23
18	1,25	14,4	16	61	23
20	1,31	15,1	16	61	23
25	1,47	16,4	15	62	23
30	1,69	17,7	14	62	24
35	1,85	18,0	13	62	25
40	2,03	19,0	13	62	25
50	2,07	19,2	13	62	25

Tableau 7 : Nombre de déplacements émis selon le revenu ou la motorisation de la zone
[Horowitz, 1993]

2.2. Les modèles de régression linéaire

Le modèle de régression, contrairement au modèle normatif, nécessite des données propres au territoire d'étude, en situation de référence, c'est-à-dire à un instant t donné. Il est donc nécessaire de pouvoir quantifier les émissions et attractions sur des zones prédéfinies, et déterminer les caractéristiques en terme de population, d'activités et d'équipement de ces zones.

Le principe de fonctionnement du modèle de régression linéaire est assez simple dans sa formulation, beaucoup moins dans sa mise en œuvre. Il s'agit de déterminer le plus finement possible les variables explicatives de la mobilité, leur importance et leur comportement vis-à-vis des émissions et attractions par zone.

Plusieurs problèmes se posent pour sa mise en application :

- Tout d'abord l'identification des variables explicatives. Il va de soi que le nombre d'actifs d'une zone explique en grande partie son attraction pour les déplacements domicile – travail. Toutefois, toutes les variables expliquant tout ou partie de la mobilité quotidienne ne sont pas aussi facilement identifiables à partir d'un seul raisonnement inductif. Que

pourrait-on par exemple identifier comme variables explicatives d'une émission de déplacements pour l'ensemble des motifs liés à la santé ? Le raisonnement inductif nous pousse à considérer la structure par âge de la population, partant du principe qu'une population fortement représentée aux extrémités de la répartition par âge est plus encline à se déplacer pour de tels motifs. Pourtant, comme nous le verrons de manière plus détaillée par la suite, l'offre –ou plutôt ici l'opportunité– paraît être une variable explicative forte de la mobilité inhérente à la santé. Le fait de disposer (ou de ne pas disposer) à proximité d'un service de santé pousse l'individu à consulter plus (ou moins l'utiliser si le service n'est pas présent) ce service. L'identification des variables explicatives nécessite donc une démarche rigoureuse d'identification, qui ne doit pas occulter une réflexion nécessaire sur la pertinence de la variable choisie.

- Vient ensuite le problème de la multi colinéarité, dans le cas où plusieurs variables seraient identifiées comme étant explicatives de la mobilité quotidienne pour un motif particulier. En clair, une des variables explicatives se pose potentiellement comme une fonction corrélée à une ou plusieurs autres variables explicatives. On se trouve dans ce cas confronté à une redondance forte d'information. Prendre par exemple sans la pondérer l'information liée aux revenus d'un ménage et son degré de motorisation (données que l'on sait fortement corrélées) amène à donner trop d'importance à l'information commune contenue dans ces deux jeux de données par rapport aux autres variables.
- Une régression linéaire est soumise à certaines contraintes dues aux hypothèses à la base de tels types de modèles. La première de ces hypothèses est la linéarité du modèle : le modèle de régression linéaire pose comme postulat de départ que chaque variable identifiée comme explicative exerce sur le phénomène étudié (ici la mobilité quotidienne) une influence linéaire. Ce n'est, dans les faits, pas toujours le cas, plus particulièrement concernant les variables socio-économiques. Plusieurs solutions se posent alors à nous :
 - La première solution consiste à définir des classes d'individus et à déterminer pour chaque classe un modèle de régression linéaire (figure 20).

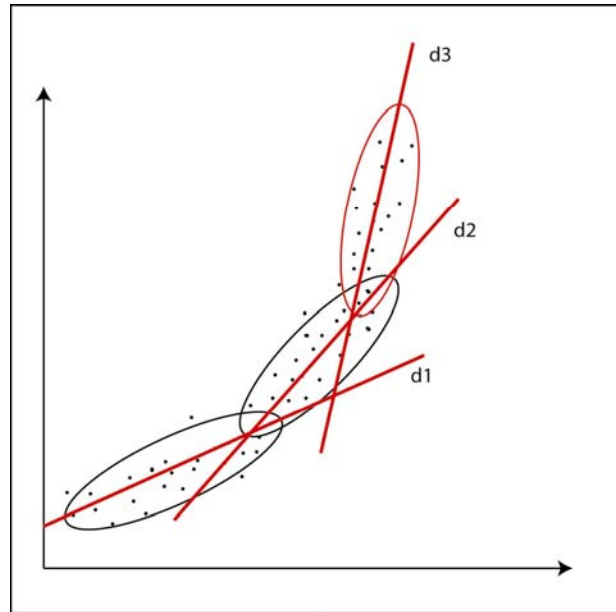


Figure 20 : Principe de régression du modèle catégoriel

Il est nécessaire, dans ce genre de méthode, de disposer de suffisamment de données. On peut ainsi évaluer avec plus de précision et en respectant les hypothèses de départ une droite de régression pour chacune des classes. Cette méthode propose certains avantages et est à privilégier dans certains cas bien précis :

- Si comme dans la figure ci-dessus les coefficients de la variable explicatives sont radicalement différents selon les classes.
- Si le nombre de classes pour obtenir des régressions significatives reste raisonnable
- Si, comme cela arrive parfois, les variables explicatives sont différentes pour chacune des classes. Il va de soi par exemple que les variables explicatives d'un choix de mode ne seront pas les mêmes pour une catégorie de population disposant d'un véhicule personnel et une autre n'en disposant pas.

Cette méthode, souvent appelée modèle catégoriel, pose néanmoins quelques problèmes, principalement concernant son utilisation comme modèle de prévision : la variabilité dans le temps de certaines données peut amener à modifier en profondeur la pertinence des classes et donc à mettre en péril la qualité de la régression. Pour certaines données, il est même possible de ne pas pouvoir prévoir l'évolution intra-classe. Dans ce cas, le choix des variables explicatives est contraint à des données prévisibles en fonction de la catégorisation effectuée.

- La linéarisation des variables constitue la deuxième solution. On transforme donc la variable afin de la rendre linéaire. On se base la plupart du temps sur une constatation théorique pour orienter le choix de la transformation. Quand celle-ci ne paraît pas satisfaisante, l'analyse de résidus permet d'orienter ce choix. Les résidus doivent d'ailleurs suivre une loi de distribution normale pour permettre ce genre de transformations. Toutes les variables, selon la fonction à laquelle elles se rapportent, ne sont toutefois pas linéarisables. La figure 21 présente les fonctions linéarisables.

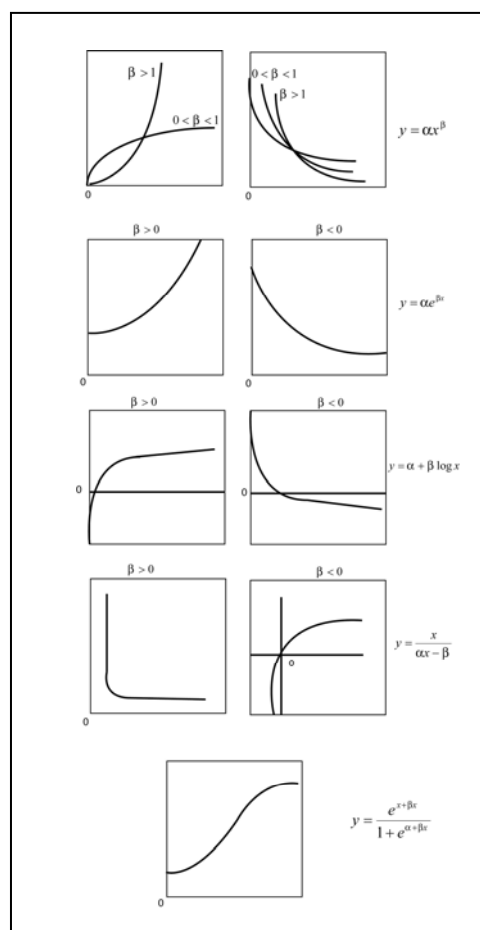


Figure 21 : Fonctions linéarisables
Source : d'après [Tomassone, 1984]

Le tableau 8 présente les transformations à appliquer pour linéariser ces différentes fonctions :

Fonctions	Transformations	Forme linéaire
$y = \alpha x^\beta$	$y' = \log y$ $x' = \log x$	$y' = \log \alpha + \beta x'$
$y = \alpha e^{\beta x}$	$y' = \log y$	$y' = \log \alpha + \beta x$
$y = \alpha + \beta \log x$	$x' = \log x$	$y = \alpha + \beta x'$
$y = \frac{x}{\alpha x - \beta}$	$y' = 1/y$ $x' = 1/x$	$y' = \alpha - \beta x'$
$y = \frac{e^{\alpha + \beta x}}{1 + e^{\alpha + \beta x}}$	$y' = \log(y/(1 - y))$	$y' = \alpha + \beta x$

Tableau 8 : Linéarisation des fonctions
[Tomassone, 1984]

- La troisième solution consiste à accepter d'alourdir le modèle et de le complexifier mathématiquement en réalisant des régressions non linéaires. Cela pose toutefois problème dans le cas de régressions multiples si plusieurs variables explicatives sont identifiées. On obtient alors des modèles mathématiquement très complexes et souvent plus difficiles à évaluer.
- Une autre hypothèse liée à la régression linéaire réside dans l'indépendance des individus étudiés. Dans le cas présent, cette hypothèse suppose que les zones géographiques choisies comme entités de base de l'étude sont indépendantes les unes envers les autres. Cette hypothèse, sur un territoire d'étude purement fictif, pourrait être vérifiée. La réalité est tout autre et les zones géographiques de l'aire d'étude, de par leurs interactions, ne remplissent évidemment pas les conditions dictées par cette hypothèse. L'échantillonnage des données constitue une réponse possible à cette difficulté.

3. L'approche désagrégée et les modèles de génération de déplacements

L'évolution majeure des modèles de simulation de trafic est apparue, d'après McFadden, au début des années 70, avec les modèles désagrégés [McFadden, 2002]. On trouve cependant les prémisses de ces modèles dès la fin des années 60 avec les travaux de Warner [Wamer, 1962]

On passe ainsi à des modèles dits de « choix discrets ». Ces modèles trouvent leur origine dans la recherche en psychologie comportementale sur le processus de décision suivi par un individu confronté à plusieurs alternatives. Ces travaux établissent que l'individu évalue les différentes alternatives qui lui sont offertes en fonction de l'utilité qu'il peut en retirer.

3.1. Principes de l'approche désagrégée

L'approche désagrégée est basée sur la théorie micro-économique de maximisation de l'utilité. L'utilité est en général fonction de différentes variables liées à l'individu, à son environnement direct, et à son déplacement. On détermine ainsi la probabilité pour chaque individu de faire ses choix de destination, d'itinéraire et de mode ce qui permet par agrégation, par la suite, d'établir des prévisions de choix collectifs. L'individu maximise sa fonction d'utilité par rapport à un panel de choix limité et inclu dans un ensemble fini. En clair, le nombre d'alternatives disponibles pour un individu correspond à une grandeur fixée au préalable. Nous nous reportons à des ouvrages plus complets sur ce sujet⁶.

Les modèles désagrégés sont donc construits autour de l'approche individuelle du comportement et se basent sur le principe de l'individu rationnel cherchant à maximiser son utilité. Le modèle n'en est pas totalement déterministe pour autant puisqu'il considère, dans la plupart des cas, que l'utilité n'est pas totalement connue du modélisateur. En conséquence, on considère un certain nombre d'éléments ou facteurs comme non identifiés ou non mesurables. On joint donc à l'approche déterministe une approche aléatoire correspondant à cet ensemble d'éléments mal connus ou inconnus.

⁶ Dossiers du CERTU n°81, Comportements de déplacement en milieu urbain : les modèles de choix discrets vers une approche désagrégée et multimodale, 1998, 132 pages ; et Ben-Akiva, M. and S.R. Lerman, 1985, 'Discrete Choice Analysis: Theory and Application to Travel Demand', MIT Press, Cambridge, MA.

Cette approche, par rapport à l'approche agrégée, offre l'avantage de différencier les comportements suivant les profils de l'individu. L'expérience montre en effet que, face à des situations identiques, deux individus offrant un profil dissemblable n'effectuent pas obligatoirement un choix similaire.

3.2. Une difficile mise en œuvre pour les modèles de génération de déplacements

Les premières applications dans le domaine des transports des modèles de choix discrets remontent au début des années soixante pour la détermination du choix modal [Wamer, 1962]. Ces modèles ont par la suite trouvé d'autres applications dans l'ensemble des autres analyses caractérisant les déplacements. A notre connaissance, très peu de travaux ont fait usage de tels modèles dans les modèles de génération de déplacements. Le modèle de transport longue distance, MODEV, a appliqué pour partie une approche désagrégée dans la génération des déplacements. Pour les déplacements basés au domicile, « l'analyse se fait au niveau des individus interrogés dans l'enquête transport (analyse désagrégée) ; [pour les autres déplacements], cette analyse désagrégée n'est plus possible et l'analyse retient comme base les caractéristiques zonales » [Calio, Meteyer, 2001].

Plusieurs points peuvent fournir des éléments d'explications à ces choix :

- Comme nous l'avons déjà précisé, ce type de modélisation requiert des données recelant un très haut niveau de détail. La production de telles données génère un coût très important et reste difficile à mettre en œuvre. Une enquête, pour permettre une modélisation désagrégée, doit fournir un profil d'individu détaillé, en complément de l'ensemble des informations liées à son déplacement. Dans le cadre d'enquêtes ménages effectuées *a posteriori* sur l'ensemble des déplacements d'une journée, un tel recueil d'informations est réalisable. Toutefois, lors d'enquêtes effectuées directement dans les services de transports, et plus encore dans le cas de questionnaires auto administrés, un tel spicilège pose de réels problèmes.
- Si les modèles désagrégés présentent l'avantage certain d'être estimés sur des données désagrégées, ce niveau de désagrégation ne peut que

rarement être utilisé en prévision, but principal des modèles de prévision de trafic. En effet, conjecturer sur l'évolution de groupes de population s'avère être un exercice risqué, mais tenter de prévoir les croisements entre différents groupes et différentes variables oblige à accepter une marge d'erreurs assez large. On perd ainsi tout le bénéfice de l'approche désagrégée. Prévoir l'évolution d'une population selon sa structure par âge, croisée avec l'évolution de sa motorisation, de son niveau de revenu et de sa place au sein d'un ménage, sur un territoire donné, est un exercice particulièrement périlleux. La prévision conduit donc presque systématiquement à un processus d'agrégation de la donnée, ôtant de ce fait l'intérêt même et la spécificité de tels modèles.

- En modélisation de la génération de déplacements, le panel de choix disponible à l'individu est assez conséquent. Un individu se demandant s'il doit ou non effectuer un ou plusieurs déplacements est confronté à plusieurs options : réaliser, un, deux, trois déplacements ou plus par jour, par semaine, ou par mois. On ne peut en effet limiter à la seule échelle temporelle quotidienne le choix du nombre de déplacements effectués, certains de ces déplacements correspondant à un cycle plus long. Il est rare, par exemple, d'effectuer une activité sportive tous les jours, mais plutôt une fois par semaine. De même certaines visites s'effectuent une fois par mois, voire à des fréquences moins élevées encore. On pourrait alors faire le choix unique d'une échelle temporelle large. Mais la répartition de ces déplacements au sein de la semaine ne serait alors pas prise en compte.

Ce nombre élevé de choix n'est pas un problème en soi mais pose des difficultés quant à sa formalisation. Les modèles désagrégés utilisent la plupart du temps des fonctions relativement complexes pour leur formalisation. La multiplication du nombre de choix alourdit sensiblement le modèle et complexifie l'ensemble des calculs. On aboutit, de fait, à des modèles pour lesquels la validation s'avère difficile et peu fiable, et dont la robustesse est grandement amoindrie en prévision, par rapport aux modèles agrégés.

- Les modèles agrégés se réfèrent à un individu moyen, écrasant du même coup une part de l'information intervenant dans le processus de choix. Toutefois, si les modèles désagrégés intègrent ces données, leur lourdeur ne permet pas de prendre en compte, par le biais d'un modèle catégoriel, l'information liée à la perception propre à l'individu. Le

profil de l'individu permet, en fait, de comprendre pour une part l'imbrication des différents attributs dans le processus décisionnel de l'individu. Toutefois, on suppose que tous les individus perçoivent de la même manière l'ensemble de ces attributs. Pourtant, le niveau de revenu d'un individu ou sa place dans le ménage met clairement en évidence la fiction d'une perception moyenne et uniforme. Le coût d'un déplacement va être perçu différemment par une personne appartenant à un foyer de cinq individus avec des revenus faibles que par un célibataire à fort revenu [Cantillo, 2006].

On fait souvent appel à une segmentation de la population pour répondre à ces différences de perception. Certains processus de modélisation, comme les modèles logit multinomiaux mixtes permettent d'établir une répartition différente de la perception au sein de la population [Swait et Bernardino, 2000]. Mais la lourdeur du modèle désagrégé n'autorise que difficilement le croisement de plusieurs modèles et la prise en compte de tels critères conduit souvent à renoncer à une estimation fiable du modèle.

- Enfin, la dernière difficulté présentée par les modèles désagrégés dans le cas de la génération de déplacements concerne à la fois l'accès à des données fiables et leur traitement. Car si l'individu est confronté au choix d'effectuer un, deux, trois déplacements ou plus dans une fenêtre temporelle donnée, il a également l'opportunité de n'effectuer aucun déplacement. Etablir pour un tel choix une fonction d'utilité pose plusieurs problèmes : les données, tout d'abord, permettant de comparer en situation de référence, deux individus soumis au même environnement et effectuant des choix de mobilité différents, l'un n'effectuant aucun déplacement et l'autre décidant de se déplacer. La plupart des enquêtes étant réalisée dans les services ou les lieux de transport, les individus faisant le choix de l'immobilité sont rarement pris en compte et évalués par ces enquêtes. De même, dans les enquêtes ménages-déplacements, les individus ne réalisant aucun déplacement ne sont souvent pas comptabilisés.

Le comportement spécifique de ces individus nécessite donc des enquêtes particulières axées sur leur processus décisionnel et sur leur profil détaillé plus que sur leurs pratiques de mobilité.

Les difficultés que présentent les modèles désagrégés en prévision, associées à la complexité de ces modèles –autant d'un point de vue des calculs que de leur

mise en œuvre— dans le cas de la modélisation de la génération de déplacements, nous incitent donc à écarter une telle solution pour préférer l'utilisation de modèles plus simples et par là même plus facilement évaluables.

CONCLUSION

Ce chapitre présente une première étape dans la compréhension du déplacement. Nous avons identifié ici les principes et les méthodologies nécessaires à l'analyse des facteurs à l'origine des déplacements. Il est maintenant nécessaire, pour appréhender le problème de la mobilité dans son entier, d'analyser le déplacement lui-même et de voir les méthodologies employées dans sa modélisation.