



HAL
open science

Apport d'un formalisme psychologique à la modélisation des préférences individuelles. Application aux choix d'itinéraires pédestres

Arnaud Piombini

► **To cite this version:**

Arnaud Piombini. Apport d'un formalisme psychologique à la modélisation des préférences individuelles. Application aux choix d'itinéraires pédestres. Colloque International de Géomatique et d'Analyse Spatiale (SAGEO), Jun 2007, Clermont-Ferrand, France. 17p. hal-00767295

HAL Id: hal-00767295

<https://hal.science/hal-00767295>

Submitted on 20 Dec 2012

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Apport d'un formalisme psychologique à la modélisation des préférences individuelles

Application aux choix d'itinéraires pédestres
Arnaud Piombini *arnaud.piombini@u-bourgogne.fr*

RÉSUMÉ. Avec la nécessité d'une mobilité plus durable, les travaux sur la marche à pied se sont multipliés ces dernières années. Dans l'optique de mieux connaître les comportements des piétons, nous proposons de modéliser leurs choix d'itinéraires. A une première approche relativement simple et héritée des modèles issus de l'économie, les modèles de choix discrets, nous joignons un modèle psychologique permettant une simulation plus fine des comportements des piétons. Les résultats prouvent que les formalismes issus des sciences psychologiques sont utiles pour la modélisation des choix individuels. A ce titre ils pourraient être utilisés de manière plus systématique dans le cadre de la mobilité urbaine.

ABSTRACT. With the increasing need for a sustainable mobility, pedestrian movement analysis lately increased. In an attempt to get a more detailed knowledge of urban pedestrian movement, we intend to model the pedestrian's route choices. Our first approach is based on simple economic models, the discrete choice models. A psychological theory is added in the process in order to improve the pedestrian behaviour simulation. Results show that psychological formalisms are useful for individual choices' modelling. For this reason they could be used more systematically in the framework of urban mobility.

MOTS-CLÉS : Choix d'itinéraires, paysages urbains, modèles de choix discrets, théories psychologiques.

KEYWORDS: Route choice, urban landscape, discrete choice models, psychological theory.

1. Introduction

Travailler sur la modélisation des comportements implique d'être confronté au débat, riche et fécond, qui existe entre économistes et psychologues notamment. Les termes de ce débat traduisent, à eux seul, toute l'ambiguïté des travaux visant à décrypter les comportements des individus en situation de choix. L'intérêt principal de l'approche économique réside dans son pouvoir prédictif. A partir d'attributs donnés, on peut prédire les comportements des individus. Mais cette qualité apparente cache un biais important puisqu'elle est en partie réductrice. L'approche psychologique, attitudinale, présente l'avantage de mettre en évidence la richesse et la complexité des processus de décision. Selon l'effet inverse, les restrictions de l'*homo economicus*, basé sur une rationalité très forte, sont gommées mais la prédiction est moins aisée, les résultats sont moins facilement interprétables.

Nous proposons, dans le cadre de cet article, d'utiliser un formalisme psychologique applicable à un modèle issu de l'économie. Pour rendre la démonstration plus compréhensible et parce que c'est cette thématique qui nous a inspiré cette modélisation hybride, nous utiliserons l'exemple de la marche à pied en ville. Notre approche de la mobilité pédestre est très spécifique puisque nous proposons d'étudier le rôle des paysages sur les choix d'itinéraires pédestres en milieu urbain. C'est donc la relation que les individus entretiennent avec leur environnement qui est au cœur de nos questionnements sur les préférences individuelles.

2. Les spécificités d'une étude sur la marche à pied

La marche à pied implique un rapport à l'espace très particulier qu'il semble nécessaire d'étudier. Selon V. Kaufmann (2000), il faut distinguer "*la mobilité comme moyen nécessaire au déploiement d'activités*" de "*la mobilité comme finalité*" qui est celle de la promenade et qui implique un rapport particulier à l'espace. Entre ces deux extrêmes, certains comportements engendrent un détour et peuvent donc être assimilés à une consommation de l'espace. Si pour ses déplacements utilitaires le piéton privilégie le plus court chemin, il peut toutefois, pour améliorer sa sécurité, son confort ou les agréments de son trajet, consentir à l'allonger quelque peu (Héran, 2002). On peut rejoindre, avec ce concept, d'autres questionnements dans le domaine des transports comme le choix entre minimisation d'une distance et minimisation du coût financier (Haggett, 1973). Pour chaque piéton, le déplacement est donc un arbitrage entre l'optimisation de son temps et la volonté d'agrémenter son trajet, ce qui fait référence à la notion d'aménités. Ambivalent, le terme aménité recouvre les équipements collectifs urbains en général mais aussi les agréments d'une ville au sens qualitatif du terme. Il correspond donc à tous les éléments susceptibles d'améliorer la perception du déplacement, y compris les paysages urbains.

Notre objectif est de mettre en évidence les préférences paysagères en analysant les choix d'itinéraires, fruit de l'expérience de l'individu à l'environnement urbain. Certains géographes ont démontré que l'espace réel, qui est le même pour tous avant l'intervention des filtres individuels, est très différent de l'espace que chacun d'entre nous se représente (Cauvin, 1999 ; Frémont, 1976 ; Lynch, 1969). Pour comprendre l'action de la personnalité, il est possible de l'observer indirectement à partir des comportements. C'est ce que nous nous proposons d'appliquer à la mobilité pédestre : l'une des façons de révéler le lien qu'entretiennent les citoyens avec les paysages urbains passe par un décryptage de leurs choix d'itinéraires. Cette démarche permet d'analyser la pratique de la ville par les citoyens en détectant les espaces fonctionnels sélectionnés au sein de l'espace réel (Cauvin, 1999). Nous considérerons donc le choix du piéton comme un arbitrage entre minimisation du temps de parcours et agrémentation paysagère du trajet. Cet arbitrage recouvre la notion essentielle de prise de décision qu'il est nécessaire de décrire.

Le processus de choix intéresse de nombreuses disciplines mais les formalismes les plus usités sont dus aux économistes et aux psychologues. En économie, on modélise les choix d'un individu rationnel en fonction de ses préférences alors qu'en psychologie on travaille davantage sur la manière dont les préférences apparaissent ; on parle alors de comportements, d'attitudes, de contextes de choix. Cette opposition a inspiré à D. Kahneman (1998, cité par McFadden, 2000) ce célèbre constat : "*les économistes ont les préférences ; les psychologues ont les attitudes*". D. McFadden (2000) a fourni une description du processus de choix des individus tel qu'il est utilisé par les économistes et les psychologues. Pour les économistes, l'individu est complètement objectif et les éléments subjectifs pouvant intervenir dans le processus de choix ne sont pas pris en compte ; l'individu maximise son utilité en fonction des informations dont il dispose sur chaque alternative. L'apport des psychologues repose sur l'ajout des notions de motivations et d'attitudes qui influencent l'établissement des préférences et le processus de choix. Les comportements sont ainsi considérés comme plus adaptables et dépendants du contexte de choix. Par ailleurs, la manière de considérer l'ensemble de choix change et les contraintes ne s'appliquent plus uniquement sur la base des variables temporelles et monétaires. Beaucoup moins linéaires, les règles de décisions gagnent en cohérence et en crédibilité ce qu'elles perdent en simplicité.

Par conséquent, la différence entre économistes et psychologues repose en partie sur la manière d'appréhender les individus. Les premiers considèrent que les individus sont déterministes et qu'ils recensent et classent toutes les alternatives potentielles pour choisir celle qui présente l'utilité maximum ; l'utilité est alors complètement déterminée par les variables du modèle. Dans ce cas, les choix peuvent être entièrement expliqués et toute incohérence relevée ne témoigne que des insuffisances du modélisateur qui n'a pas spécifié une fonction d'utilité suffisamment performante et complète. Mais ces modèles déterministes ont montré certaines limites, même en intégrant de très nombreuses variables dans les fonctions d'utilité, démarche qui est de toute façon inappropriée (de Palma et Thisse, 1987).

Jugeant les modèles économétriques trop réducteurs, les psychologues ont proposé des prolongements méthodologiques très pertinents. Les modèles créés en psychologie semblent davantage satisfaisants car ils reproduisent plus finement les comportements. En effet, les psychologues étudient les réponses et donc les préférences des individus dans un ensemble de choix à partir des attributs des options potentielles. Ce faisant, ils cherchent à expliquer les agissements des individus. Pour notre part, nous proposons d'intégrer un formalisme proposé par deux psychologues, A. Tversky et I. Simonson (1993) à un modèle économique de choix discret.

3. Matériel et méthodes

Pour mettre en œuvre notre modélisation, deux enquêtes ont été conduites : l'une a porté sur les itinéraires des trajets en marche à pied et l'autre a permis de recenser les paysages urbains.

3.1. L'enquête "Marche à pied"

La première enquête a permis de recenser de manière très précise des itinéraires en marche à pied effectués régulièrement dans les villes de Besançon et de Lille. Les itinéraires recueillis ont été géoréférencés et implémentés au sein d'un système d'information géographique (figure 1).

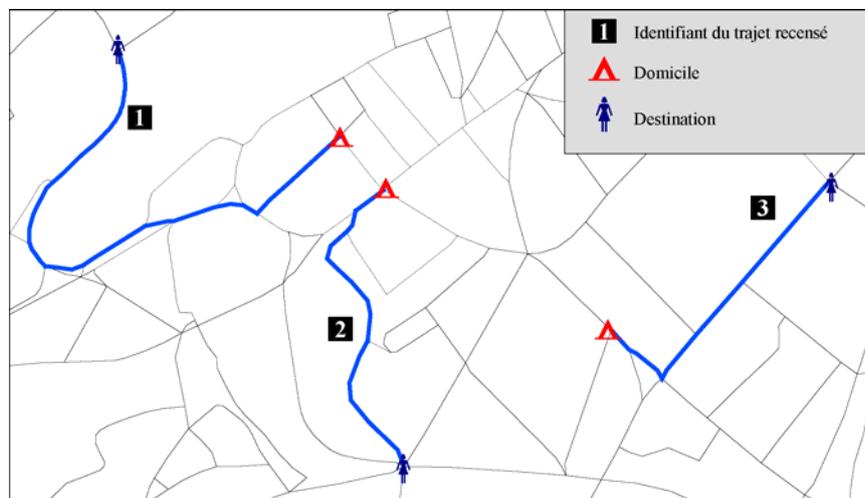


Figure 1. Trajets enregistrés pendant l'enquête marche à pied

Cette enquête a permis de recenser 371 trajets pédestres dans la ville de Besançon et 257 à Lille sur lesquels vont être appliqués une analyse paysagère.

3.2. L'enquête "Paysages urbains"

Un repérage paysager sur le terrain a été effectué par des enquêteurs, car cette méthode semblait la plus susceptible de restituer fidèlement la dimension visuelle des piétons. Les catégories paysagères ont été renseignées sous la forme de pourcentages, en fonction de leur prégnance, elle-même dépendante du temps de soumission et de la position des objets paysagers dans le champ visuel. Pour cela, nous nous sommes inspirés de certains travaux référence qui ont proposé des méthodes de quantification permettant d'évaluer le poids de chaque élément paysager (Rougerie et Beroutchachvili, 1991 ; Brossard et Wieber, 1980). Pour cela, une grille de recensement des paysages relativement complète doit être au préalable constituée ; elle sert de support au repérage paysager sur le terrain (tableau 1).

Niveau 1	Niveau 2	Niveau 3
Bâti	Maisons individuelles Niveau intermédiaire Grands immeubles	Résidentiel Commercial Industriel Public Monument
Obstacles visuels	Murs Haies végétales Portails	
Végétation	Pelouses Fleurs Arbustes Arbres Parcs	
Espaces vides	Places Parkings Cours d'eau Terrain industriel Terrain de sport Chemin de fer Chantier Carrefour routier	
Arrière-plan (uniquement à Besançon)	Relief Citadelle	
Nombre de voies Largeur des trottoirs Nombre de files de stationnement		

Tableau 1. Classes paysagères retenues pour l'enquête

Cette grille comporte trois niveaux de lecture du paysage. Le premier distingue les principales catégories paysagères que sont le bâti, la végétation, les obstacles visuels, les espaces vides et les éléments visibles en arrière-plan. Des données plus techniques concernant la largeur des tronçons et le partage de la voirie sont également présentes. Le second niveau permet de préciser le premier ; la végétation

regroupe par exemple les catégories parcs, arbres, arbustes, haies et fleurs. Quant au dernier niveau, il s'applique uniquement à la différenciation du bâti selon ses fonctions.

3.3. Première étape : constitution d'un modèle de choix discrets paysager

À partir des deux bases de données recueillies, Il est possible d'utiliser les modèles de choix discrets car ils permettent d'étudier les choix effectués par les individus parmi un ensemble de choix potentiels. A ce titre, ils sont parfaitement adaptés aux choix d'itinéraires et permettent de mesurer précisément le rôle de chaque catégorie paysagère recensée lors de l'enquête. Le processus de choix peut être décrit comme suit :

- génération des alternatives qui constituent l'ensemble de choix considéré par l'individu. Pour cela, un algorithme de calcul des plus courts chemins est utilisé permet de retenir les itinéraires dits raisonnables c'est-à-dire qui n'occasionnent pas un allongement supérieur à 20 % par rapport à la longueur du plus court chemin optimal ;
- évaluation des attributs paysagers pertinents permettant de reproduire le choix réellement effectué. Les modèles de choix discrets permettent, pour chaque individu, le calcul désagrégé de probabilités de choix en fonction des caractéristiques associées à chaque option disponible (figure 2). Dans ces modèles, le rôle d'un attribut paysager est calculé de manière désagrégée pour chaque trajet étudié.

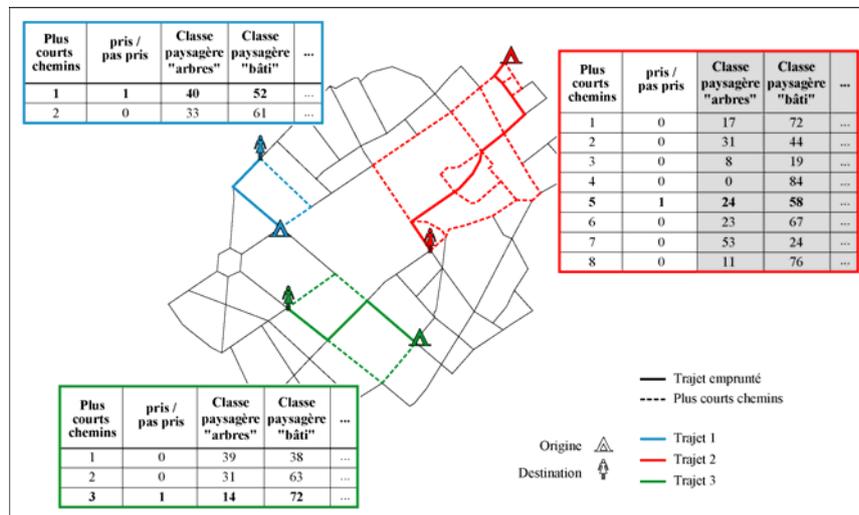


Figure 2. Application du modèle logit pour chaque trajet recensé

Le modèle logit multinomial développé par D. McFadden permet ainsi de modéliser un choix parmi un ensemble d'options potentielles. Initialement utilisé

pour modéliser les choix du mode de transport (Rodriguez et Joo, 2004 ; Zhang et al., 2004), il peut être utilisé comme modèle de choix d'itinéraire en marche à pied.

Ce modèle est dérivé de la théorie du consommateur selon laquelle chaque individu est supposé agir de manière à maximiser son utilité, en fonction des options de choix dont il dispose. Il prend donc en compte l'alternative choisie mais aussi toutes celles refusées par chaque individu, ce qui permet d'analyser le choix en fonction du contexte et donne ainsi accès à une exploitation efficace des données à l'échelle désagrégée. Le modèle logit multinomial permet de mesurer le rôle des variables testées et est dans ce cas utilisé dans un but explicatif (Durand-Dastès, 2001) pour expliquer les comportements des piétons. Connaissant le coût de chaque option, le logit multinomial permet de modéliser les comportements des individus en affectant, pour chaque déplacement, une probabilité à chaque itinéraire potentiel (Piombini et Foltête, 2007 ; Rodriguez et Joo, 2004 ; Zhang et al., 2004). Il distribue les probabilités d'usage des alternatives en fonction de l'utilité qu'elles représentent pour chaque individu (Ben-Akiva et Bierlaire, 1999). Selon ce modèle, l'utilité V_i est définie par [1] :

$$V_i = \sum_k \beta_k x_{ik}$$

où x_{ik} représente la longueur et le vecteur d'attributs paysagers de l'alternative et β_k un ensemble de paramètres correspondant. Le piéton est supposé choisir l'itinéraire dont l'utilité est la plus forte en fonction de la longueur du trajet et des variables paysagères sélectionnées. On en déduit ensuite que la probabilité P_i qu'un piéton choisisse l'itinéraire i s'exprime comme suit [2]:

$$P_i = \frac{e^{V_i}}{\sum_k e^{V_j}}$$

L'expression finale de la probabilité P_i est simplement fonction de l'utilité de l'itinéraire considérée V_i et de l'utilité des itinéraires composant le contexte de choix V_j . La fonction de vraisemblance $\ln(L(\beta))$ est utilisée pour évaluer la capacité du modèle à reproduire la situation observée ; elle est toujours négative et varie entre $-\infty$ et 0. En mode pas à pas, elle permet d'intégrer les variables paysagères unes à unes, par ordre d'importance et seulement si elles se révèlent significatives, selon un test du χ^2 .

3.4. Seconde étape : l'introduction d'un formalisme psychologique

Toutefois, dans le logit multinomial l'attrait théorique de chaque itinéraire est déterminé selon des méthodes de comparaison globale des alternatives. Ainsi, la probabilité de choix d'un itinéraire est fonction de son utilité, rapportée à celle de tous les itinéraires potentiels considérés pour le trajet étudié. Cette manière de procéder est très pratique mais forcément réductrice. A partir de nombreuses observations empiriques, les psychologues proposent de raffiner cette méthode par le biais de nouveaux formalismes. L'objectif des modèles que ces derniers ont mis au point consiste à améliorer la définition de l'utilité déterministe afin de donner plus de consistance aux travaux portant sur les choix. Cela doit permettre, dans l'idéal, d'obtenir une définition de l'utilité plus en adéquation avec les attitudes et donc les comportements des individus.

Les ramifications des modèles des psychologues sont nombreuses. Nous utilisons ici le cadre théorique formalisé par A. Tversky et I. Simonson (1993) pour intégrer un type de comportement jusqu'alors peu pris en compte dans la modélisation des choix individuels : l'influence du contexte local de choix (local context) dans l'évaluation des alternatives et le processus de décision qui en résulte. Cette composante, intégrée dans le modèle logit permettra d'appréhender de manière plus réaliste le contexte de choix des individus. Le contexte local découle directement de la "théorie des perspectives" mise au point par D. Kahneman et A. Tversky à la fin des années 70. Cette théorie a impulsé un courant de recherche fondamental en psychologie tout en remettant en cause de nombreux acquis en économie. Elle est basée sur l'hypothèse que les individus évaluent les options de choix de manière relative et non absolue comme c'est le cas avec la théorie économique classique. Dans le même ordre d'idée, H. Oppewal et H. Timmermans (1991) ont introduit la notion de contexte de composition de l'ensemble de choix et R. Kivetz et al. (2004) ont proposé un modèle davantage relatif qui intègre le contexte local de choix. Finalement, le composant déterministe de l'utilité d'une alternative prendra la forme suivante [3] :

$$V(x, S) = v(x) + \theta g(x, S) \text{ avec } \theta \geq 0$$

où $v(x)$ représente la valeur de chaque alternative x indépendamment du contexte local. $v(x)$ correspond à l'utilité telle qu'elle est utilisée dans le modèle logit multinomial ; nous la nommerons utilité "classique" dans la suite de la démonstration. $g(x, S)$ résume le rôle du contexte local de choix. Le coefficient θ contrôle la contribution additive du contexte local. Si $\theta = 0$, alors les préférences sont indépendantes du contexte local qui n'a aucun impact sur le choix des piétons. En revanche, s'il est positif, cela indique que le choix est plus incertain et dépendant du contexte. On notera que malgré cet ajout, l'utilité est utilisée de la

même manière que dans le logit multinomial. Ainsi, s'il n'y a que deux alternatives x et y , $C(S) = x$ c'est-à-dire que l'alternative x est sélectionnée dans l'ensemble de choix S si $V(x, S) > V(y, S)$ avec $y \in S$.

Concrètement, pour déterminer l'utilité "classique" de l'alternative x notée $v(x)$, nous utiliserons les résultats obtenus dans le cadre du logit multinomial appliqué au choix global (tableaux 2 et 3).

Paysages	Coefficients	Stat $\ln(L(\beta))$	Stat χ^2
Variable neutre	-	-243,56	-
Longueur	-23,91	-200,03	0,001
Parkings	-2,84	-190,97	0,001
Niv. Int. Industriel	-3,22	-185,03	0,001
Citadelle	0,54	-182,17	0,05
Mais. Ind. Résidentiel	-2,21	-179,43	0,05
Cours d'eau	0,75	-177,33	0,05

Tableau 2. *Modèle logit multinomial simple (Besançon)*

Paysages	Coefficients	Stat $\ln(L(\beta))$	Stat χ^2
Variable neutre	-	-305,96	-
Longueur	-32,78	-229,87	0,001
Niv Int. Commercial	1,93	-202,42	0,001
Nbre de voies	1,38	-194,22	0,001
Largeur des trottoirs	-1,05	-189,77	0,01
Portails	-5,02	-185,24	0,01
Places	0,97	-182,48	0,05
Imm. Monuments	3,34	-179,18	0,05

Tableau 3. *Modèle logit multinomial simple (Lille)*

Ainsi, dans l'exemple qui suit, l'utilité du trajet est déterminée à partir des utilités partielles $v_i(x_i)$ issues de chaque classe prise en compte dans le logit et des coefficients obtenus (tableau 4). Pour obtenir l'utilité "classique", il suffit de sommer ces utilités partielles comme suit [4] :

$$v(x) = \sum_{i=1}^n v_i(x_i)$$

Trajet n° 342	Longueurs en km	Parkings	Niv. Int. Industriel	Citadelle	Mais. Ind. Résidentiel	Cours d'eau
Valeurs	1,025	12	17	0	58	5
Coefficients issus du logit	-23,91	-2,84	-3,22	0,54	-2,21	0,75
$v_i(x_i)$	-24,51	-34,08	-54,74	0	-128,18	3,75

Tableau 4. Utilités partielles calculées à Besançon à partir des résultats du modèle logit

Ayant défini l'utilité classique, il reste à détailler le fonctionnement du contexte local dans la formule d'utilité donnée ci-dessus. Le contexte local est calculé sur la base de comparaison des différentes alternatives potentielles, prises deux à deux, pour un contexte de choix donné. Ce calcul est effectué pour chaque classe paysagère retenue dans le modèle ; pour cela, il faut employer les utilités partielles $v_i(x_i)$ telles que définies dans le tableau 4. L'objectif est de calculer les avantages et désavantages relatifs des différentes options de choix en fonction du poids et du signe du coefficient de chaque variable paysagère. Ainsi, pour deux options x et y, l'avantage de x par rapport à y en fonction de l'attribut i , prendra la forme :

$$A_i(x, y) = \begin{cases} v_i(x_i) - v_i(y_i) & \text{si } v_i(x_i) \geq v_i(y_i) \\ 0 & \text{sinon} \end{cases}$$

s'il s'agit d'une variable qui agit positivement [5], et

$$A_i(x, y) = \begin{cases} |v_i(y_i)| - |v_i(x_i)| & \text{si } v_i(x_i) \geq v_i(y_i) \\ 0 & \text{sinon} \end{cases}$$

s'il s'agit d'une variable qui agit négativement [6] ; ce cas est particulier puisque l'avantage est calculé pour l'itinéraire dont la valeur obtenue pour la classe étudiée est la moins négative.

Logiquement, l'avantage global de l'itinéraire x sur l'itinéraire y sera donné par [7] :

$$A(x, y) = \sum_{i=1}^n A_i(x, y)$$

où $A(x, y)$ est égal à la somme des valeurs des attributs i favorables à x . Parallèlement, on déterminera $D_i(x, y)$ le désavantage de x par rapport y selon chaque attribut i . C'est une fonction croissante convexe de l'avantage $A_i(y, x)$ de y sur x correspondant, tel que $D_i(x, y) > A_i(y, x)$. A. Tversky et I. Simonson (1993) postulent ainsi, sans toutefois spécifier de fonction particulière, qu'un désavantage a au moins autant d'impact que l'avantage qui lui correspond et que ce même désavantage croît proportionnellement plus vite. Concrètement, en prenant l'exemple de la classe places dont l'influence est positive, le jugement négatif occasionné par la perte d'une certaine "quantité" de paysages places sera toujours plus fort que le jugement positif généré par le gain d'une même "quantité" (figure 3). Cela signifie que les individus effectuent leurs choix de manière à minimiser leurs pertes plutôt que de maximiser leurs gains. Cette fonction prend en compte la théorie de "l'aversion de la perte" (loss aversion) développée par D. Kahneman et A. Tversky (2000) dans des travaux précédents.

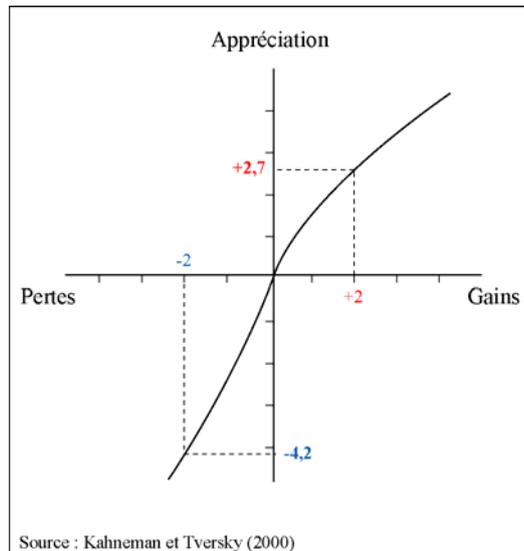


Figure 3. Une fonction d'appréciation théorique

Pour notre part, nous reprendrons la formule de la fonction développée par R. Kivetz et al. (2004). Elle est définie comme suit [8] :

$$D_i(x, y) = A_i(y, x) + L_i \times A_i(y, x)^{\psi_i}$$

où L_i est le paramètre d'aversion de la perte (s'il est égal à 0, alors les désavantages ont la même valeur que les avantages) et ψ_i un paramètre de

puissance qui, lorsqu'il est supérieur à 1, satisfait l'hypothèse de convexité de la fonction des désavantages.

Ensuite, à l'image de l'avantage global $A_i(y, x)$, le désavantage global est égal à la somme des désavantages partiels [9] :

$$D(x, y) = \sum_{i=1}^n D_i(x, y)$$

A partir des paramètres d'avantage et de désavantage, on peut définir l'avantage relatif de x par rapport à y , noté [10] :

$$R(x, y) = \frac{A(x, y)}{A(x, y) + D(x, y)}$$

Selon cette formule, si x n'a pas d'avantages sur y , alors $R(x, y) = 0$; en revanche, si x a un avantage sur y et que y n'a pas d'avantage sur x , alors $R(x, y) = 1$. Ainsi, $R(x, y)$ peut être vu comme un indice de préférence de x par rapport à y . Pour déterminer ensuite l'avantage de x sur toutes les autres alternatives de l'ensemble de choix S , il suffit de sommer $R(x, y)$ tel que [11] :

$$g(x, S) = \begin{cases} \sum_{y \in S} R(x, y) & \text{si } S > 2 \\ 0 & \text{si } S \leq 2 \end{cases}$$

avec pour seule contrainte la nécessité de travailler sur un ensemble de choix comportant au moins 3 options car les choix binaires ne présentent pas d'intérêt dans l'analyse du contexte local. En rappelant que $\theta g(x, S)$ s'intègre à la formule de l'utilité déterministe de chaque alternative présentée au début de cette présentation, tel que $V(x, S) = v(x) + \theta g(x, S)$, on peut dès lors mettre en œuvre un calcul de la probabilité qu'un individu choisisse x dans un ensemble de choix S comportant x' alternatives. Ce calcul prend la forme habituelle d'un logit multinomial simple [12] :

$$P(x, S) = \frac{\exp V(x, s)}{\sum_{x'} \exp V(x', s)}$$

On obtient au final un modèle d'avantage relatif (Kivetz et al., 2004) où chaque itinéraire est évalué selon ses caractéristiques intrinsèques mais aussi en fonction des avantages et désavantages comparatifs qu'il possède par rapport aux autres itinéraires du contexte de choix. Les trois coefficients à observer dans les tests qui seront menés sont donc :

- le paramètre Li d'aversion de la perte qui est déterminé pour la longueur et chaque variable paysagère testée ; ils est supérieur ou égal à 0. Lorsqu'il est égal à 0, cela signifie que pour la classe paysagère étudiée, il n'y a pas de différence entre avantages et désavantages.
- le paramètre ψ_i de convexité de la fonction des désavantages qui sera le même pour toutes les variables considérées, dans le but de simplifier les calculs (Kivetz et al., 2004). Plus sa valeur est élevée, plus la différence entre avantages et désavantages est exacerbée, comme on peut le voir sur la figure 4, pour un Li égal à 1 ;
- le paramètre θ mesurant le rôle du contexte de choix dans le processus de décision. Plus ce paramètre est élevé, plus le rôle du contexte local est fort.

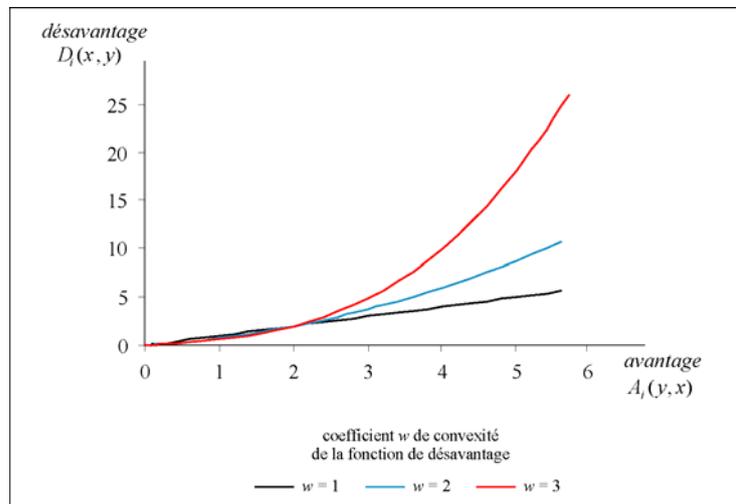


Figure 4. Rôle du paramètre ψ_i de la fonction de désavantage

Nous avons donc balayé cet espace à trois dimensions (Li , ψ_i , θ) pour trouver la combinaison maximisant la probabilité de reproduire les comportements observés lors de notre enquête.

4. Résultats

Les résultats obtenus confirment les hypothèses selon lesquelles les choix se font également de manière relative (tableaux 5 et 6). Symbolisée par un coefficient θ supérieur à 0 pour les deux villes, cette nouvelle règle marque un progrès dans la connaissance des pratiques pédestres. Par ailleurs, les coefficients L_i attribués aux variables paysagères permettent de mieux cerner l'influence de chaque classe. A Lille, de nombreuses variables ont une valeur de 0, ce qui indique qu'avantages et désavantages agissent de façon identique. Pour finir, le coefficient ψ_i reste peu élevé, ce qui montre que la convexité de la fonction des désavantages est peu marquée.

Paysages	L_i	ψ_i	θ	Stat $\ln(L(\beta))$
Longueur	0,13	1,36	0,23	-166,22
Parkings	0,037			
Niv. Int. Industriel	0,14			
Citadelle	0,07			
Mais. Ind. Résidentiel	1,25			
Cours d'eau	0,21			

Tableau 5. Résultats des comparaisons relatives des itinéraires à Besançon

Paysages	L_i	ψ_i	θ	Stat $\ln(L(\beta))$
Longueur	0	1,16	0,2	-161,96
Niv Int. Commercial	0,21			
Nbre de voies	0,09			
Largeur des trottoirs	0			
Portails	0,17			
Places	0			
Imm. Monuments	0			

Tableau 6. Résultats des comparaisons relatives des itinéraires à Lille

Surtout, on remarquera que les logarithmes de la fonction de vraisemblance $\ln(L(\beta))$, que nous utilisons pour évaluer les modèles, ont nettement progressé par rapport aux modèles qui ne prenaient pas en compte le contexte local de choix des psychologues. Par rapport à un modèle neutre, la longueur puis les paysages permettent d'améliorer l'ajustement du modèle. Mais progressivement, l'ajout de variables paysagères ne fait plus progresser la fonction de vraisemblance alors que l'introduction d'un formalisme psychologique censé retranscrire plus finement la réalité fait de nouveau augmenter significativement la qualité d'ajustement du modèle (figure 5). Cela semble indiquer que la méthode proposée permet de reproduire plus fidèlement les comportements relevés lors de l'enquête marche à pied et que des investigations dans cette voie semblent souhaitables. Certes, les piétons évaluent globalement les paysages disponibles pour chaque trajet, mais ils

comparent également les alternatives entre elles, afin de déterminer l'itinéraire qui leur procurera une satisfaction maximale.

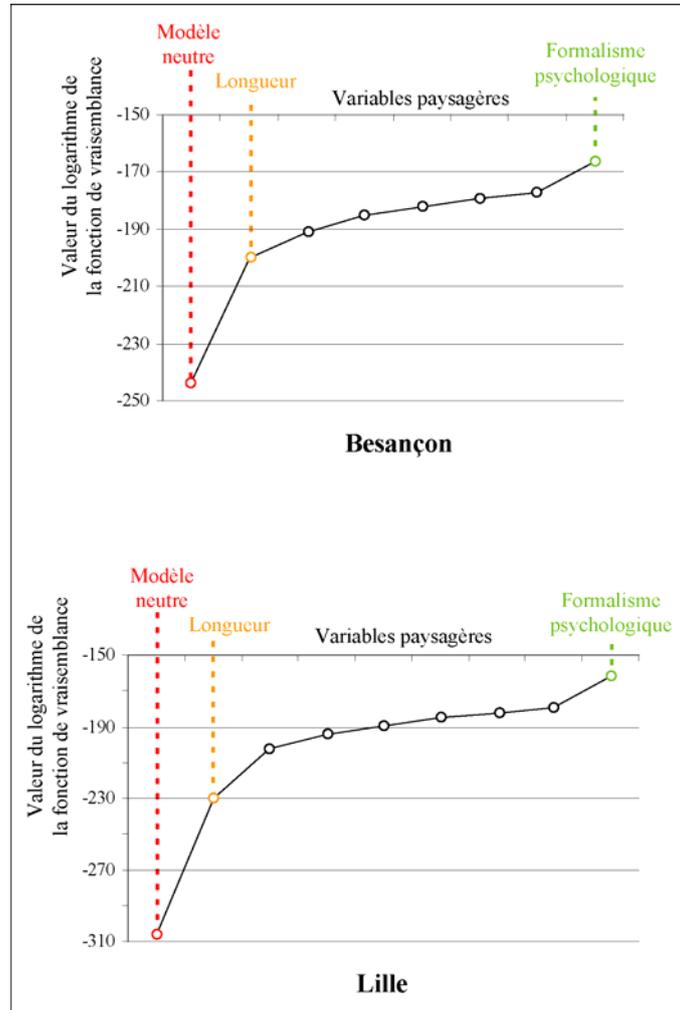


Figure 5. Qualité d'ajustement des modèles : l'apport du formalisme psychologique

5. Conclusion

Si les modèles de choix discrets permettent de prendre en partie en compte le contexte de choix des individus, les psychologues ont rapidement pointé du doigt les limites inhérentes à ces modèles. Les résultats obtenus dans cet article semblent étayer cette prise de position. Par ailleurs, ils démontrent que les piétons ont une

réelle connaissance de leur environnement de marche et des différents itinéraires potentiels ; la pertinence du contexte de choix démontre que l'environnement est précisément évalué par les individus en fonction des informations accumulées sur les alternatives existantes. Il semble que ces derniers se livrent à une comparaison précise des itinéraires un à un. Pour la mise en évidence du rôle des attributs paysagers recensés, l'application de modèles de choix discrets issus de l'économie est donc utilement complétée par un formalisme psychologique.

Bien sûr, il ne s'agit que d'un exemple sélectionné parmi les travaux portant sur la décision en psychologie. Mais ce modèle, conçu et utilisé dans le cadre des études sur les comportements de consommation (dans le sens commercial du terme), s'adapte parfaitement aux réflexions sur les choix d'itinéraires et démontre l'intérêt d'une intégration des travaux des psychologues. Les économistes, après quelques réticences, ont fini par reconnaître l'apport essentiel que représentent les modèles des psychologues. Gageons que les géographes, qui travaillent souvent sur les choix des individus et utilisent parfois, à cette fin, des modèles de choix, intégreront à leur tour les apports théoriques des psychologues.

6. Remerciements

Les données sur la marche à pied ont été acquises dans le cadre du programme de recherche "Structures urbaines, offre de transport et comportement de mobilité" de l'ACI Ville du ministère de l'Éducation, de la Recherche et de la Technologie. Les auteurs remercient également l'agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie (ADEME) et le conseil régional de Franche-Comté.

7. Bibliographie

- Ben-Akiva M., Bierlaire M., "Discrete choice methods and their applications to short term travel decisions", in *Handbook of transportation science* (ed. by Hall R.), Boston, Kluwer, 1999, p. 5-34.
- Brossard T., Wieber J. C., "Essai de formulation systématique d'un mode d'approche du paysage", *Bulletin de géographie française*, n° 468, 1980, p. 103-111.
- Cauvin C., "Propositions pour une approche de la cognition spatiale intra-urbaine", *Cybergéo*, n° 72, 1999.
- Durand-Dastès F., "Les concepts de la modélisation en analyse spatiale", in *Modèles en analyse spatiale* (dir. par Sanders L.), Paris, Lavoisier, 2001, p. 31-59.
- Héran F., Indicateurs pour des aménagements favorables aux piétons et aux cyclistes, Rapport ADEME-IFRESI-CNRS, 2002.
- Haggett P., *L'analyse spatiale en géographie humaine*, Paris, Ed. A. Colin, 1973.
- Frémont A., *La région, espace vécu*, PUF, Paris, 1976.

- Kaufmann V., *Mobilités quotidiennes et dynamiques urbaines*, Lausanne , Presses polytechniques et universitaires romandes, 2000.
- Kivetz R., Netzer O., Srinivasan V., "Alternative models for capturing the compromise effects", *Journal of marketing research*, vol. 41. 2004, p. 237-257.
- Lynch K., *L'image de la cité*, Paris, Dunod, 1969.
- McFadden D., "Disaggregate behavioural travel demand's RUM side: a 30-year retrospective", in *Travel behaviour research, the leading edge* (dir. Hensher D. A.), Amsterdam , Pergamon, 2000, p. 17-63.
- Oppewal H., Timmermans H., "Context effects and decompositionnal choice modelling", *Papers in Regional Science*, vol. 70, n° 2, 1991, p. 113-131.
- Palma (de) A., Thisse J. F., "Les modèles de choix discret", *Annales d'économie et de statistiques*, vol. 9, 1987, p. 151-190.
- Piombini A., Foltête J. C., "Evaluer les choix d'itinéraires pédestres en milieu urbain", *Revue Internationale de Géomatique*, sous presse.
- Rodriguez D. A., Joo J., "The relationship between non-motorized mode choice and the local physical environment", *Transportation Research Part D*, vol. 9, n° 2, 2004, p 151-173.
- Rougerie G., Beroutchachvili N., *Géosystèmes et paysages : bilan et méthodes*, Paris, A. Colin, 1991.
- Tversky A., Simonson I., "Context-dependent preferences", in *Management Science*, vol. 39, n° 10, 1993, p. 1179-1189.
- Zhang J., Timmermans H., Borgers A., Wang D., "Modeling traveler choice behavior using the concepts of relative utility and relative interest", *Transportation Research Part B*, vol. 38, n° 3, 2004, p. 215-234.