Présentation générale du modèle

J.P. Antoni - Janvier 2012
Laboratoire ThéMA - CNRS - Universités de Bourgogne et de Franche-Comté

NOTE - Le présent livret est issu du rapport MobiSim rédigé pour le compte du Ministère de l'écologie en novembre 2011 dans le cadre de la convention 09 MT CV 34 du Predit. Il a pour objectif d'en résumer les grandes lignes, sans entrer dans le détail des aspects techniques du modèle. En cas de question, le lecteur est invité à se référer au rapport original ou au site vitrine du programme qui offre quelques illustrations complémentaires (www.mobisim.org), ou à contacter les auteurs (contact@mobisim.org).

Le projet de simulation des mobilités MobiSim est développé depuis les années 2000 et a fait l'objet d'améliorations constantes, souvent initiées et financées par le Ministère de l'écologie et par l'ADEME, notamment dans le cadre du PREDIT, pour répondre à des problématiques correspondant à leurs préoccupations sur les questions d'urbanisation et de politiques de transport d'une part, et pour fournir un outil d'aide à la décision aux collectivités locales et aux aménageurs d'autre part. Dans ce contexte, le projet MobiSim a toujours visé à explorer le lien entre la forme des villes et les mobilités quotidiennes et résidentielles qui y prennent place. Depuis 2007, sa propriété et son développement ont été transférés de la société ATN [1], qui en assurait le suivi jusqu'alors, au laboratoire ThéMA [2], où il a trouvé une nouvelle équipe de modélisation et de développement. Ce transfert a donné lieu à une refonte importante du programme existant et à des évolutions majeures, dont les raisons ont été explicitées dans un précédent rapport de recherche pour le compte

1. La société ATN (Application des techniques nouvelles) est un bureau d'étude privé dirigé jusqu'en 2007 par Philippe Casanova, spécialisé dans les questions de mobilité urbaine et de modélisation.

2. Le laboratoire de géographie théorique et quantitative ThéMA (Théoriser et Modéliser pour Aménager) est une Unité mixte de recherche (UMR 6049) associant le CNRS, l'Université de Franche-Comté et l'Université de Bourgogne, localisé 32 rue Mégevand à Besançon.

du Ministère de l'écologie [3]. Il a également conduit à rebaptiser le projet, qui est devenu MobiSim-ThéMA dans sa version 0.1 en 2007, mais que nous appellerons ici simplement MobiSim.

1 MobiSim : un modèle LUTI

Les évolutions successives du projet MobiSim permettent aujourd'hui de reconsidérer sa position sur un plan épistémologique, à l'échelle de la recherche internationale, dans le domaine de la modélisation urbanisation/transport. A ce niveau, MobiSim peut en effet aujourd'hui revendiquer sa place au sein des modèles dits LUTI (*Land-use and transport integrated*), dont il apparaît comme un développement particulier et original pour trois raisons [4] :

1. une intégration de la dimension comportementale, au niveau individuel des agents, des stratégies de mobilité quotidienne ainsi que des choix et des décisions en matière de mobilité résidentielle ;
2. une résolution spatiale multiscalaire qui permet de dépasser le niveau agrégé des communes et des quartiers pour prendre en compte des processus qui interviennent à différentes échelles ;
3. une dimension prospective qui ne se fonde pas sur un simple calage du modèle par rapport aux périodes antérieures (postdiction qui reproduit dans le futur ce que l'on sait du passé), mais qui permet d'introduire des scénarios complexes (modification de la structure urbaine, changements comportementaux, etc.) plus crédibles quant au développement des territoires.

1.1 Une modélisation en trois étapes

La modélisation au sein de MobiSim s'organise globalement en trois grandes étapes qui permettent de simuler des scénarios et d'en évaluer les conséquences au regard de critères actuellement considérés comme pertinents par rapport à la question du développement durable. Ces trois grandes étapes peuvent être présentées indépendamment les unes des autres, mais sont en réalité interconnectées, dans la mesure où la modification de l'une d'entre-elles influence nécessairement les deux autres.

(i) Construire un cadre "agents/espace" synthétique.
Cette étape consiste à générer une population d'agents réaliste sur le territoire étudié, ainsi qu'un environnement dans lequel ils peuvent évoluer et prendre des décisions. Ces agents, dont les caractéristiques individuelles sont déduites des données fournies par les recensements de l'INSEE, sont regroupés en ménages ; ces ménages, dont le nombre et la taille sont calés sur les données de L'INSEE, récupèrent des caractéristiques complémentaires, qui émergent du niveau individuel des agents (c'est le

3. Ce rapport, intitulé "Appropriation et développement par ThéMA : vers une modélisation multiscalaire du développement urbain par système multi-agent", clôturant la convention 07 MT S 032 avec la Direction de la recherche et de l'innovation (DRI), est disponible sur le site du PREDIT : http ://www.predit.prd.fr/.

4. Notons que l'originalité de MobiSim ne relève d'une de ces trois raisons considérées séparément (on trouverait plusieurs modèles équivalents dans la littérature publiée sur les modèles LUTI), mais de leur combinaison, du moins à notre connaissance.

cas notamment pour les revenus). La population d'agents est dynamique : elle évolue chaque année et peut se recomposer en fonction des évènements qui affectent le cycle de vie des ménages. L'environnement est quant à lui composé de bâtiments (résidentiels, commerciaux, industriels, administratifs) qui contiennent la population résidente, les emplois et les activités, ainsi que de réseaux de transport (routes et transport public) et d'aménités urbaines et périurbaines diverses.

(ii) Modéliser les mobilités quotidiennes.
Cette étape consiste à modéliser la mobilité quotidiennes des agents dans leur environnement. Cette modélisation se base sur plusieurs étapes qui se réfèrent en premier lieu aux activités des agents et des ménages. A partir de ces activités, un "programme d'activités" peut être construit pour chaque agent. Les déplacements associés à ce programme d'activité sont alors simulés avec un modèle qui se rapproche des modèles à quatre étapes [5], classiques pour ce genre d'opérations. Cette modélisation permet d'introduire dans MobiSim la question de la génération et de la distribution des déplacements, du choix modal et de l'affectation du trafic sur les différents réseaux.

(iii) Modéliser les mobilités résidentielles.
Cette étape consiste à modéliser les déménagements des ménages, en lien avec leur satisfaction et leurs préférences résidentielles. Cette modélisation fait évidemment intervenir les caractéristiques de l'environnement en termes d'offre en logements, d'aménités et d'accessibilité, mais également la propension des ménages à déménager, qui dépend en grande partie de leur composition, de leur caractéristiques et de leur cycle de vie. Le parc de logements y est également intégré de manière dynamique dans la mesure où des constructions nouvelles peuvent répondre à une demande de logement croissante, en lien avec les préférences de ménages. Ces nouvelles constructions impactent alors la forme de la ville selon différentes modalités : urbanisation compacte, étalée, diffuse, etc.

1.2 Des simulations à 10, 20 ou 30 ans

Les trois étapes présentées plus haut sont connectées et dépendantes les unes des autres : l'accessibilité et les nuisances associées à la mobilité quotidienne, par exemple, modifient la qualité de vie et l'environnement résidentiel ; les migrations résidentielles modifient la répartition des flux et du trafic sur les routes et dans les réseaux de transport en commun, en même temps qu'elles changent la structure résidentielle de l'aire urbaine étudiée, etc. Pour être prise en compte dans MobiSim, cette connexion nécessite d'utiliser successivement les modules du programme (cf. Point 2), selon un ordre qui permet de distinguer les phases d'initialisation du terrain d'étude (phases 1, 2 et 3) des phases de simulation de scénarios (phases 4, 5 et 6) et d'itération à plus ou moins long terme (phase(s) 7) :

1. Génération de la population synthétique (module D1) afin d'initialiser le modèle au temps t en fixant le cadre agent/espace (agents, ménages et logements) ;
2. Génération des réseaux de transport (module D2) et des aménités urbaines et périurbaines (module D3) ;

5. Rappelons qu'un modèle à quatre étapes classique implique successivement et indépendamment les unes des autres les quatre étapes suivantes : (i) génération des déplacement, (ii) distribution des déplacements ; (iii) choix modal ; (iv) affectation du trafic sur les réseaux.

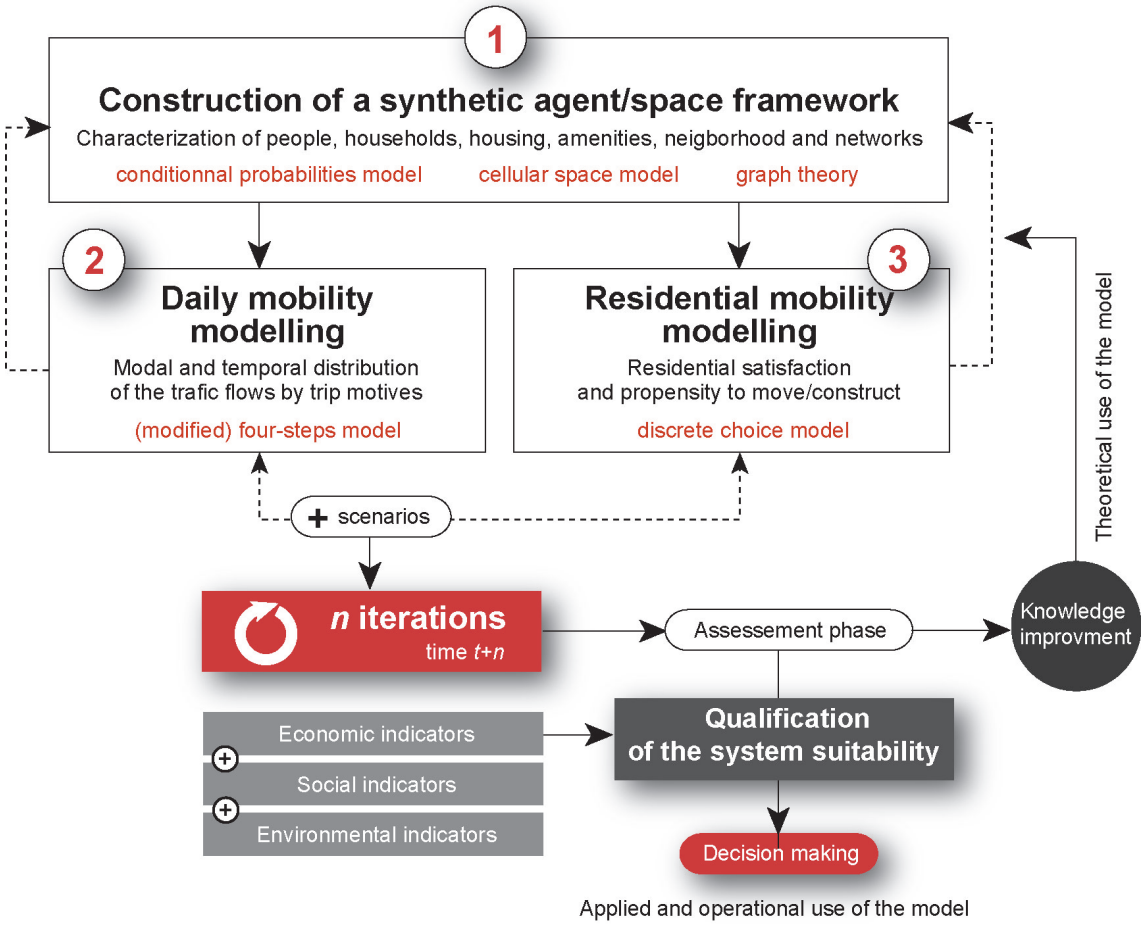

FIGURE 1 – Principales étapes d'une simulation MobiSim

3. Modélisation des mobilités quotidiennes (module P2) afin d'initialiser le modèle au temps t en identifiant les caractéristiques des réseaux de transport (temps d'accès, congestion, etc.) ;
4. Évolution démographique (module P1) afin de simuler les modifications de la population synthétique au temps $t+1$;
5. Modélisation des mobilités résidentielles (module P4) afin de simuler les déménagements des ménages et les modifications du parc de logements associées au temps $t+1$;
6. Modélisation des mobilités quotidiennes (module P2) afin de simuler les modifications sur les réseaux de transport au temps $t+1$;
7. Réitération (n fois) des étapes 4, 5 et 6 pour la simulation des évolutions à $t+n$.

Au cours de chacune de ces étapes (initialisation, modélisation, itération), il est possible de tenir compte d'inflexions ou de ruptures dans les scénarios simulés par le modèle, les paramètres utilisés pour modéliser le comportement ou la répartition des agents pouvant être modifiés presque à tout moment. Ces modifications permettent d'introduire une logique de questionnement de type *What-if ?* (que se passerait-il si l'on faisait cela ?). Par exemple, à n'importe quelle étape de la modélisation, il est possible de modifier :

– le cadre agent/espace déterminé à la première étape en modifiant les caractéristiques de la population synthétique ou en introduisant de nouvelles infrastructures (rocade autoroutière, ligne de tramway, centre commercial, etc.) ;
– les mobilités quotidiennes en introduisant de nouveaux comportements de mobilité (désynchronisation des agendas, report modal, sensibilité à la rupture de charge ou à la problématique du stationnement, etc.) ou en changeant les caractéristiques fonctionnelles (coût, confort, etc.) des réseaux de transport ;
– les mobilités résidentielles en modifiant le parc de logements existant ou les caractéristiques de l'environnement résidentiel, ou encore en simulant de nouveaux comportements liés par exemple à la recherche de nouvelles aménités ou à une volonté d'optimisation des conditions de déplacement.

2 Une architecture modulaire

L'un des apports de la reprise du programme MobiSim par ThéMA a été de le réorganiser en modules permettant à la fois un développement "en parallèle" (plusieurs modules peuvent être modifiés simultanément) et une meilleure visibilité pédagogique du programme et de ses composants, donc de ses champs d'investigation et de ses capacités à répondre à une problématique donnée. Ainsi, l'architecture actuelle de MobiSim associe quatre grandes familles de modules, portant chacune sur une problématique, un état de l'art et un type de modélisation différent.

(i) Les modules de données (D)
Ils sont consacrés à la modélisation des données. A partir de l'ontologie définie dans MobiSim, ils permettent de créer une base de données incluant les caractéristiques géographiques et socio-démographiques du territoire étudié, considéré selon une approche multiscalaire.

(ii) Les modules de processus (P)
Ils sont consacrés à la modélisation des processus. Ils permettent de simuler les mobilités quotidiennes (distribution des déplacements sur les réseaux de transport et calcul des itinéraires) et résidentielles (déménagements et évolution de la forme de la ville) en tenant compte de la dynamique de la population à court, moyen et long terme.

(iii) Les modules d'impact (I)
Ils sont consacrés à la modélisation des impacts et proposent un ensemble d'indicateurs, souvent fondés sur une modélisation, permettant d'évaluer les conséquences des simulations sur les trois sphères du développement durable (économique, sociale et environnementale).

(iv) Les modules de visualisation (V)
Ils sont consacrés à la modélisation graphique. Encore en cours de développement pour certains, ils permettent de visualiser les résultats sous la forme de cartes et de graphiques (ils intègrent notamment des éléments de géovisualisation) et de les exporter dans différents formats.

Au sein de ces quatre familles, les modules de modélisation des processus (P) constituent réellement le coeur du programme ; ils permettent de considérer, de formaliser

et de simuler la dynamique du transport et de l'urbanisation : évolution de la population, mobilités quotidiennes et mobilités résidentielles. Ils ne peuvent toutefois fonctionner sans les modules D qui les alimentent en données. Pour synthétiser le plus possible, nous ne présentons ici que les modules D et P, dans l'état actuel d'avancement du modèle.

2.1 Module D1 - Population synthétique et logements

L'objectif du module D1 consiste à fournir une base de données démographiques pour la simulation des comportements de mobilité quotidienne et résidentielle au sein d'une aire urbaine (ou plus généralement d'une zone géographique) quelconque [6]. Cette base démographique est avant tout composée d'un ensemble d'agents (condition *sine qua non* d'une approche individus-centrée). Ces agents sont ensuite groupés en ménages et localisés dans des logements eux-mêmes localisés dans les bâtiments de la BD Topo de l'IGN. Pour les agents comme pour les logements, les caractéristiques fondamentales agrégées par l'INSEE sont ventilées au niveau individuel.

De ce fait, pour n'importe quel territoire métropolitain, le module génère trois fichiers de données : un sur les agents, un sur les ménages, et un troisième sur les logements. Par l'intermédiaire d'un Système de gestion de bases de données relationnelles (SGBDR), ces trois fichiers peuvent être liés par une affectation des individus dans les ménages, puis une affectation des ménages dans les logements dont le statut d'occupation correspond à une "résidence principale". Ainsi, l'ensemble de la population synthétique peut être visualisée à l'échelle fine des bâtiments contenant les logements. Cette localisation sert alors de base pour tous les autres modules de MobiSim, qui utilisent les caractéristiques associées aux individus et aux logements pour modéliser les mobilités quotidiennes et résidentielles.

2.2 Module D2 - Graphes et réseaux

L'objectif du module est d'intégrer dans MobiSim l'ensemble des réseaux de transport (routes et transports publics) selon un format adapté à la modélisation et à la simulation des mobilités. Il s'agit donc essentiellement d'un module technique, qui peut s'apparenter à un *modus operandi* pour l'intégration des réseaux. En ce qui concerne le réseau de routes empruntable par les véhicules individuels motorisés et les modes doux, le module construit automatiquement l'ensemble des informations nécessaires à la génération du trafic (pente, sinuosité, vitesse, capacité, stationnement) à partir de paramètres relativement simples, intégrés dans le programme mais modifiables manuellement par l'utilisateur. Les données nécessaires à cette construction sont celles de la BD Topo de l'IGN. En ce qui concerne le réseau de transport en commun et les voies piétonnières, le module fournit un protocole de numérisation transposable à n'importe quel terrain d'étude, utilisable à partir des données (plans et fiches horaires) obtenues par l'utilisateur de MobiSim auprès des collectivités territoriales, des Autorités organisatrices de transport (AOT) et/ou des exploitants des réseaux. Le module gère alors automatiquement les connexions entre les arrêts, ainsi que les plateformes de transfert modal (type Parking-relais) entre le système de routes et le système de transport en commun.

6. Le modèle est calé sur des statistiques disponibles à l'échelle locale ou à l'échelle nationale, et la méthodologie est reproductible sur l'ensemble du territoire métropolitain.

2.3 Module D3 - Aménités urbaines et périurbaines

L'objectif du module D3 est de structurer une base de données spatiales sur les aménités présentes sur un territoire. Toutefois, compte tenu du caractère très individuel de la perception des aménités par les agents, cette base est construite de la manière la plus neutre et la plus exhaustive possible, laissant le choix aux utilisateurs du modèle de mobiliser ou non les éléments qui y sont recensés et d'évaluer par la suite l'importance et l'attractivité de chacun d'entre eux, en lien avec les scénarios testés. Concrètement, à partir de données fournies par l'INSEE (fichier Sirene), l'IGN et les DREAL, généralement disponibles sur l'ensemble du territoire français, le module construit quatre cartes carroyées représentant :

- la structure des emplois ;
- la structure des commerces et des services ;
- la structure de l'offre éducative et de l'offre en formation ;
- la structure des aménités de loisirs.

Pour chacune de ces cartes, qui serviront par la suite à la modélisation des mobilités quotidiennes comme des mobilités résidentielles, l'importance des éléments pris en compte peut être pondérée par l'utilisateur, de manière à les valuer les uns par rapport aux autres et à paramétrer leur poids dans le cadre de la mise en place de scénarios. Notons cependant que, pour les commerces et les services, le module associe automatiquement chaque établissement à un niveau de recours (quotidien, hebdomadaire, mensuel, etc.) qui témoigne de sa fréquentation par la population.

2.4 Module P1 - Evolutions démographiques

L'objectif de ce module est de rendre la population synthétique (cf. Module D1) dynamique au cours du temps, c'est à dire de la faire évoluer à chaque itération du modèle afin de reproduire au mieux les cycles de vie des agents et des ménages. Pour y parvenir, le module P1 s'inspire largement du modèle de micro-simulation Destinie, développé par l'INSEE pour simuler le "vieillissement et le renouvellement" de la population, et qui a pour objectif de départ d'évaluer les situations des retraités. Destinie est principalement basé sur trois types d'éléments dont nous reprenons ici le principe général :

- des probabilités agrégées mesurées par les recensements de la population ;
- des tirages aléatoires permettant de distribuer ces probabilités à l'échelle des individus ;
- des modèles de comportements relevés par des enquêtes, qui permettent d'affiner la dynamique des ménages.

Par rapport à Destinie, seuls les éléments strictement dédiés aux évolutions démographiques intéressent le modèle MobiSim dans le cadre de l'évolution de la population synthétique. Le module P1 propose ainsi de faire évoluer la population dans le temps, par une implémentation très simplifiée de Destinie, par ailleurs déjà présente dans les versions développées par ATN, et désormais complétée par l'apport d'une population synthétique localisée.

2.5 Module P21 - Distribution des mobilités

D'un point de vue technique, la distribution des flux de déplacement dans MobiSim se fait en deux grandes étapes :

- la génération du programme d'activités des agents pour une journée, sachant que chacune de ces activités est soumise à un certain nombre de contraintes horaires ;
- la distribution des déplacements reliant le lieu de départ des agents (par exemple leur domicile) à leur lieu d'arrivée (par exemple leur lieu de travail) dans le cadre de ce programme, dont le calcul se fonde sur un modèle d'interaction spatiale.

Ces deux étapes ne sont pas indépendantes du temps : elles sont calculées pour un jour ouvré standard et se succèdent au cours de cette journée selon une logique qui permet aux agents d'optimiser leurs activités et leurs déplacements en termes d'origine et de destination. Cinq motifs de déplacements principaux sont aujourd'hui intégrés dans le modèle :

- le travail, motif qui concerne essentiellement la population d'actifs dans le cadre de migrations domicile-travail régulières ;
- les études, motif qui concerne essentiellement les étudiants et les lycéens les jours de semaine ;
- les achats, motif qui concerne l'ensemble de la population, quotidiennement ou hebdomadairement, selon le type de commerces ou de services fréquentés ;
- les loisirs, dont la fréquentation, plus aléatoire, concerne également l'ensemble de la population ;
- la fréquentation du réseau social, qui permet à chaque agent de visiter sa famille ou ses amis, dans le cadre d'activités qui peuvent s'assimiler aux loisirs, mais n'ont pas nécessairement des commerces ou des services comme lieux de destination.

Parallèlement, à ces motifs de déplacement principaux, le programme intègre les déplacements liés à l'accompagnement des enfants par les parents pour leurs activités scolaires ou de loisirs, ainsi que les pérégrination et les chaînes de déplacement (typiques des achats effectués lors d'un déplacement conduisant vers un lieu de travail ou au retour vers le domicile),

2.6 Module P22 - Choix modal

L'objectif du module P22 s'inscrit dans la démarche générale d'une modélisation à quatre étapes agrégée des mobilités, classique dans les travaux en économie. Une des spécificités de MobiSim réside dans son caractère individu-centré permettant de tenir compte du comportement individuel désagrégé des agents. Ces derniers privilégient en effet leurs choix en fonction du coût que représente pour eux chaque mode de déplacement compte tenu des trajets qu'ils doivent effectuer, de leur contexte socio-familial (pérégrinations liées aux achats, aux loisirs et/ou à l'accompagnements d'enfants), du niveau de confort qu'ils souhaitent et de leur sensibilité aux problématiques environnementales et écologiques. Six facteurs sont pris en compte pour déterminer la probabilité de chaque agent de choisir un mode de transport ou un autre [7].

7. Neuf modes de déplacement peuvent actuellement être différenciés dans MobiSim : la marche à pied, les cycles non-motorisés, les autobus, les bus à haut niveau de service (BHNS), le tramway, le métro, les cyclomoteurs, les motos et les voitures particulières.

– le coût monétaire de chaque trajet pour chaque mode ;
– la valeur du temps de chaque agent ;
– le coût éventuel de stationnement des véhicules ;
– le taux de motorisation des agents, dont découle la captivité de certains agents ;
– leur sensibilité au confort associé à chaque mode ;
– leur sensibilité écologique.

Concrètement, ce module offre à l'utilisateur de MobiSim un modèle standard, mais paramétrable pour implémenter différents scénarios. En entrée, l'utilisateur fournit un nombre limité de paramètres simples concernant les comportements de mobilité des agents (en fonction de leurs objectifs, de leur niveau de vie, de leur localisation, etc). En sortie, le programme indique le mode de déplacement "choisi" par chaque agent, dont l'ensemble peut être visualisé de différentes manières.

2.7 Module P23 - Calcul d'itinéraires

L'étape de calcul d'itinéraires consiste à déterminer le nombre de véhicules sur chaque tronçon de route ainsi que la charge en usagers du système de transport en commun. Il n'est utilisable qu'après que les plannings et les mobilités des agents ont été générés (module P21), et que leur choix modal est connu (module P22). Pour les utilisateurs des modes de transport individuels, la calcul de l'itinéraire entre le point de départ et le point d'arrivée de chaque agent utilise l'algorithme de Dijkstra (algorithme du plus court chemin). Le module complète ensuite leur trajet initial par une chaîne de déplacements, spécifique aux agents qui profitent de leur trajet domicile-travail ou domicile-étude pour satisfaire d'autres motifs (achats, loisirs, fréquentation du réseau social). Pour les usagers des transports collectifs, le calcul d'itinéraire est contraint par la structure du réseau de transport public, tel qu'il a été intégré dans le module D2. Pour les deux systèmes de transports, les résultats obtenus (nombre de véhicule ou de personnes sur les tronçons) permettent de déterminer le niveau de congestion des réseaux (embouteillage sur les routes ou surcharge des transports en commun), et peuvent influencer l'itinéraire que choisiront les agents pour réduire leur temps de trajet ou le mode de transport qu'ils utiliseront pour se déplacer (rétroaction avec le module P22).

2.8 Module P4 - Mobilités résidentielles

Le module de simulation des mobilités résidentielles permet de déterminer, pour chaque année de simulation, les ménages qui déménagent et leur nouvelle localisation résidentielle (i.e. un logement localisé dans un environnement résidentiel). Il fonctionne en interaction avec le module de simulation des mobilités quotidiennes. Ainsi, quand un ménage change de localisation résidentielle, ses déplacements quotidiens sont modifiés. De plus, deux données nécessaires au fonctionnement du module de simulation des mobilités résidentielles proviennent du module de simulation des mobilités quotidiennes :

– le mode de transport préférentiel de chaque ménage : la simulation des mobilités quotidiennes permet de connaître le mode de transport utilisé par chaque ménage pour chacun des trajets qu'il réalise au cours d'une journée de simulation ;
– le calcul de distances-temps pour différents trajets, tenant compte du ou des modes de transport utilisés et de la congestion sur le réseau.

Ceci permet de mesurer des accessibilités aux emplois et aux aménités qui entrent en jeu dans la simulation des mobilités résidentielles.

3 Perspectives

Les précédents points ont tenté de présenter le développement actuel du programme MobiSim par la description des principaux modules qui en composent la structure. Mis bout à bout, l'ensemble offre une possibilité de simulation itérative qui conduit à une visualisation prospective à plus ou moins long terme des scénarios qui peuvent être implémentés dans le programme. Cette implémentation se fait par la modification des différents paramètres dans chaque module. Ces paramètres portent dans la plupart des cas sur le comportement des agents dont MobiSim simule les possibilités de mobilités quotidiennes et résidentielles. Elle s'appuie sur la génération nécessaire d'une population synthétique d'agents, opération laborieuse qui peut paraître éloignée *a priori* de la thématique urbanisation/transport, mais qui prend finalement son sens par l'approche fine qu'elle autorise.

3.1 Vers un modèle SMA ?

MobiSim apparaît aujourd'hui, au sein de la famille des modèles LUTI, comme un modèle individus-centré comportemental à échelle fine, ce qui constitue sa principale originalité par rapport aux modèles du même type, développés dans d'autres laboratoires français, ou ailleurs en Europe et dans le monde. Pour autant, peut-on dire qu'il s'agit d'un Système multi-agents (SMA) ? Il y a probablement deux réponses antagoniques à cette question :

- oui, dans le sens où c'est bien le comportement modélisé d'une population d'agents qui fait émerger la forme urbaine et les grandes structures de la mobilité, en fonction de la perception qu'ont les agents de leur environnement ;
- non, dans le sens où les interactions entre les agents sont un peu faibles par rapport à ce que l'on attend généralement d'un SMA [8].

Entre oui et non, la réponse relève en fait du domaine théorique de la modélisation et de l'intelligence artificielle ; elle apparaît sans intérêt réel par rapport à l'objectif du modèle, et nous laisserons le lecteur/utilisateur évaluer par lui-même l'endroit où il situe MobiSim. On notera toutefois que les développements à venir devraient contribuer à faire pencher la balance du côté du "oui", en intégrant, entre autres, la question des négociations entre les agents dans la simulation. Plus particulièrement, il s'agit ici d'introduire une simulation des négociations qui se font entre les agents d'un même ménage, pour le choix d'un mode de transport (qui prend la voiture quand le ménage n'en a qu'une ?) ou d'une localisation résidentielle (quel est par exemple le poids des enfants dans le choix final ?), simulation pour laquelle le projet

8. En fait, la seule interaction entre agents prise en compte dans MobiSim concerne la gestion de la congestion routière lors du calcul des intinéraires (Module P23) : les agents qui visualisent un itinéraire surchargé par d'autres agents peuvent décider de changer d'itinéraire.

ANR Ecdesup [9] livre désormais des informations précieuses. Ces développements ne sont toutefois pas immédiatement à l'ordre du jour, puisqu'avant de proposer une version plus fine de MobiSim, il convient d'explorer les possibilités offertes par celle-ci, possibilités qui semblent désormais pouvoir permettre de répondre à toute une série de questions très actuelles en ce qui concerne les mobilités urbaines. Cette exploration prend aujourd'hui tous son sens dans le cadre du projet Vilmodes.

3.2 Le projet Vilmodes

L'objectif du projet Vilmodes ("Villes et mobilités durables - Evaluation par la simulation") consiste en effet à comparer, par la simulation, des scénarios d'aménagement urbains (espaces résidentiels, activités, infrastructures de transport, etc.) et à évaluer leurs conséquences sur les trois sphères du développement durable : économique, sociale, environnementale. Il s'agit notamment de faire émerger des solutions réduisant les nuisances d'une croissance urbaine non-contrôlée et de l'utilisation massive de l'automobile, en favorisant un fonctionnement (mobilités et activités) plus local. Pour ce faire, le projet propose une approche transversale et transdisciplinaire, alliant la conception de scénarios d'aménagement à leur évaluation, en passant par la modélisation des processus associés à l'urbanisation et aux mobilités urbaines. *In fine*, il s'agit de se donner les moyens de mieux répondre à la question suivante : quelles stratégies d'aménagement, de localisation et/ou de relocalisation correspondent le mieux aux demandes sociales, d'une part, et aux exigences économiques et écologiques, d'autre part ?

MobiSim devrait évidemment trouver une place de premier ordre dans ce projet, qui l'associera également à d'autres modèles, souvent plus spécifiques, permettant notamment d'intégrer la question du fret urbain, qui n'est actuellement pas encore implémentée, mais dont le développement est prévu dans le cadre du Module P3 du programme. Parallèlement, le projet Vilmodes sera aussi l'occasion de confronter les modèles proposés dans MobiSim à l'avis d'experts dans différentes thématiques (économie, géographie sociale, environnement) et de développer des indicateurs croisés pertinents pour mieux saisir les enjeux actuels et futurs de la production urbaine et des politiques de transports, dans le cadre d'une aide à la décision politique réaliste et crédible.

4 Références bibliographiques

Batty M., Torrens P-M., 2001, Modeling Complexity : The Limits to Prediction, *Cybergeo : European Journal of Geography*, 201.

Ben-Akiva M., Lerman S-R., 1991, *Discrete Choice Analysis : Theory and Application to Travel Demand*, The MIT Press, 390 p.

Bonnel P., 1995, An application of activity-based travel analysis to simulation of change in behaviour, *Transportation*, 22, 1-2, pp. 73 - 93.

9. Le projet ANR Ecdesup "Evaluation, choix et décision dans l'usage des espaces urbains et périurbains", porté par le laboratoire ThéMA et dirigé par P. Frankhauser, associe une étude empirique des mobilités résidentielles et quotidiennes à une réflexion conceptuelle et méthodologique sur la modélisation du choix résidentiel ; cf. www.ecdesup.org/.

Ferber J., 1995, 2007, *Les systèmes multi-agents : vers une intelligence collective*, Dunod, 522 p.

Gilbert N., Troitszch K.G., 1999, 2005, *Simulation for the social scientist,* Open University Press, 295 p.

Lee S.W., Ellis C.D., Kweon B.-S., Hong S.-K., 2008, Relationship between landscape structure and neighborhood satisfaction in urbanized areas, *Landscape and Urban Planning*, 85, pp. 60-70.

Ligtenberg A., Bregt A.K., Lammeren (van) R., 2001, Multi-actor based land use modelling : spatial planning using agents, *Lanscape and Urban Planning*, 56, pp. 21-33.

Pumain, D., Sanders, L., Mathian, H., Guerin-Pace, F., Bura, S., 1995, *Simpop, a multi-agent model for urban transition.* In : Fisher, M.M., Sikos, T.T., Bassa, L. (ed.), Geomarket Co., pp. 71-85.

Schwanen T., Dieleman F., Dijst M., 2004, The impact of metropolitan structure on commune behavior in the Netherlands : a multilevel approach, *Growth and Change*, 35, pp. 304-333.

Small K.A., 1982, The scheduling of consumer activities : work trips, *American Economic Review*, 3, pp. 467 - 479.

Swait J., 2001, Choice set generation within the generalized extreme value family of discrete choice models, *Transportation Research B*, 35, pp. 643-666.

Wegener M., 2004, Overview of land-use transport models. In : Hensher D.A., Button K., (ed.), 2004, *Transport Geography and Spatial Systems*, Handbook in Transport, 5, Pergamon/Elsevier Science, pp. 127-146.