HAL
open science

Mathématiques et algorithmique pour l'aide à planification territoriale

Emmanuel Prados, Emilie Neveu

To cite this version:

Emmanuel Prados, Emilie Neveu. Mathématiques et algorithmique pour l'aide à planification territoriale. 2014, pp.3. hal-01101254

HAL Id: hal-01101254

https://inria.hal.science/hal-01101254v1

Submitted on 8 Jan 2015

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.

Mathématiques et algorithmique pour l'aide à planification territoriale

Emmanuel Prados, Chargé de Recherche INRIA, responsable de l'Equipe-projet STEEP (Sustainabability Transition, Environment, Economy and local Policy). Propos recueillis par Emilie Neveu.

Quels sont les processus étudiés ? Quelles sont les applications environnementales ?

L'équipe STEEP est une équipe-projet de recherche interdisciplinaire qui s'intéresse à la modélisation et simulation des interactions entre l'environnement, l'économie, et les facteurs sociaux, en ayant comme objectif une transition vers un mode de vie soutenable via la mise en œuvre de politiques territoriales permettant de vivre plus en harmonie avec l'environnement et les écosystèmes, ainsi qu'en adéquation avec les ressources et contraintes des territoires.

Notre objectif est de développer des outils d'aide à la décision destinés aux collectivités territoriales permettant la mise en place de cette transition. Ces outils doivent permettre d'aider à la compréhension des mécanismes systémiques clés qui sont difficiles à appréhender sans l'aide du numérique, puis à l'identification de levier d'actions. Ils peuvent être statistiques, basés sur de la simulation, de l'optimisation, ou des outils de visualisation. Une expertise en mathématiques et algorithmique est nécessaire pour développer ces outils.

Dans ce cadre, il nous pensons qu'il est très important de développer des outils d'analyses sectoriels (qu'est ce qui rentre, sort et est transformé sur un territoire ?) ainsi que des outils permettant de mieux gérer les phénomènes spatiaux des territoires, en particulier pour contrôler l'étalement urbain.

Quels sont les modèles existants ? Et quel lien y-a t'il avec les politiques d'urbanisme ?

Concernant les phénomènes spatiaux, nous nous concentrons, pour l'instant, sur les modèles type LUTI (Land Use Transport Integrated) qui sont utilisés pour représenter le réseau de transport, et l'organisation spatiale d'un territoire.
Dans nos travaux, l'espace pris en compte comprend une ville ainsi que les territoires aux alentours, le bassin d'emploi plus exactement, ainsi que les espaces naturels environnants. Ces outils permettent en particulier de réfléchir et avancer sur la question de l'étalement urbain qui a des conséquences sociales, économiques et environnementales très néfastes. Nous pensons de plus qu'il est pertinent de « coupler » ces modèles avec d'autres, de façon, par exemple, à mieux analyser les impacts des réseaux de transport et de l'organisation spatiale du territoire sur les services des écosystèmes et sur la réduction de la biodiversité.

Ces modèles sont encore destinés au milieu de la recherche, une petite communauté de géographes ou d'urbanistes les utilisent. Cependant, ils gagneraient à être adaptés au milieu professionnel, bureaux d'études, agences de transport et d'urbanisme, services techniques de l'Etat, services de transport et d'urbanisme des villes et des collectivités territoriale, ... , pour aider à la mise en place de plans d'urbanisme et de politiques de transport. Pour les aider à décider de où construire des logements, où favoriser l'installation d'entreprises et savoir tirer profit du réseau de transport existant. Cette adaptation, vers les décideurs, est un des objectifs premiers de notre équipe.

Pourquoi les outils de laboratoire ne peuvent pas être utilisés directement comme outils d'aide à la décision ?

Les contraintes ne sont pas les mêmes. Notamment, le temps de mise en place des modèles sur un territoire donné peut prendre plus de 6 mois. C'est beaucoup trop long pour une étude demandée par les collectivités territoriales.

Pour mieux comprendre, il faut expliquer un peu plus en détails ce qu'est un modèle LUTI. Il existe une dizaine de modèles différents que l'on peut séparer en deux classes :

- les macroéconomiques, avec un maillage grossier en espace sur lequel une famille de population et/ou un secteur économique est réparti. A chaque pas de temps, un équilibre est cherché entre le marché du transport, du logement, et du travail. Après

chaque équilibre, des économistes change le scénario, modifiant certains choix politiques et économiques (par ex, les terrains disponibles à la construction) et un nouvel équilibre doit être trouvé. Ce n'est pas vraiment du dynamique.

- les modèles dynamiques basés sur des modèles multi-agents. Chaque individu est caractérisé par un appartement, un emploi, etc. A chaque possibilité, est associée une loi de distribution. Là aussi, les entrées du modèle sont les scénarios d'utilisation des territoires. Chaque item a son échelle temporelle différente : le métro bouge moins vite que le réseau de bus, les constructions encore moins vite.

Dans les deux classes, mais surtout sur la deuxième, le nombre de paramètres à régler est important. Et le calage d'un modèle se fait toujours en grande partie à la main, en suivant des processus « essai-erreur ».

Nous travaillons sur l'estimation des paramètres afin d'optimiser le temps de calage, et d'accélérer la mise en œuvre d'un modèle.

Et c'est là que les développements mathématiques interviennent ! Y a-t'il d'autres besoins ?

Les besoins les plus urgents sont en analyse de sensibilité et estimation de paramètres.

L'estimation de paramètres se fait à l'aide de méthodes d'optimisation : méthodes du gradient, de Newton, ... ou méthodes stochastiques. Les difficultés proviennent du grand nombre de paramètres et des fortes corrélations qu'ils ont entre eux.

L'analyse de sensibilité est importante pour pouvoir simplifier les modèles, en réduisant le nombre de paramètres à estimer, aux paramètres les plus sensibles. Mais cela servira également à la validation du modèle. En effet, il n'y a pas assez de données disponibles pour pouvoir valider un modèle. Les données sont déjà utilisées lors de l'estimation de paramètres. La validation se fait donc par un expert, qui sait quel doit être le comportement en principe du modèle. Il peut se rendre compte si l'analyse de sensibilité indique un lien entre entrée et sortie qui n'est pas « valide ».

Si un expert suffit pour valider un modèle, en quoi le modèle est utile ?

Il est important de préciser que ces modèles ne servent pas à faire de la prédiction, mais sont des supports d'aide à la décision. Ce qui est en fait très différent.

Le modèle ne sera jamais parfait, mais il peut permettre de construire plusieurs scénarios de futurs possibles, cohérents, qui ont du sens. Voilà pourquoi nous nous permettons des simulations sur des dizaines d'années. L'intérêt d'un modèle est d'imaginer les futurs possibles, intelligemment et à moindre effort, comprendre le mieux possible les mécanismes, les enjeux et les conséquences d'un projet. Cela permet d'avoir une vision globale et intégrée du système. Cette vision est très précieuse et demandée par les politiques.

Même si, il ne faut pas se leurrer, beaucoup de décisions se font au final sur des critères autres, influencées par les lobbying par exemple.

Et puis, il faut garder à l'esprit que le modèle n'est pas le seul outil. L'analyse socio-économique des sociologues et des géographes reste très importante pour déterminer quelles politiques et quel choix technologique seraient le plus adaptés. Cela permet aussi de comprendre les causes profondes d'éventuels échecs.

Ce domaine d'étude peut-il faire émerger de nouvelles théories mathématiques ?

La modélisation du comportement humain et de ses interactions est un domaine où de nombreux défis sont à relever.

Dans les modèles LUTI, l'aspect bien-être et équilibre social n'est pas bien représenté, mais il est légèrement pris en compte. Par contre, le lien avec l'écosystème naturel et la biodiversité n'est pas du tout fait. C'est une des directions de recherche que nous avons choisi d'explorer.

Et puis, il y a toutes les problématiques liées à la grande dimension, notamment le multi-échelle. De nombreuses questions surviennent qui nécessitent de poser le problème de façon très différente que pour des problèmes de dynamique des fluides. Comment augmenter la taille de maille ? Cela dépend de la structure spatiale de la vile. Comment gérer les interactions entre les différentes échelles ? Toutes ces questions sont des vrais challenges, mais nous ne nous concentrons pas sur ces aspects pour l'instant.

Une dernière question : Quel est le premier de vos besoins ? Qu'aimeriez-vous obtenir de l'ANR et plus généralement de la façon dont est organisée la recherche en France ?

Notre travail se situe à l'interface entre les mathématiques et les applications. Et il est difficile, en France, de travailler sur des questions pluridisciplinaires. Pour la carrière et le recrutement, ce qui est valorisé est une expertise uni-disciplinaire. Nous avons aussi rencontré d'énormes difficultés pour financer des projets profondément pluridisciplinaires, où la vraie contribution scientifique est dans l'intégration. L'intégration pluridisciplinaire n'est malheureusement pas considérée comme une contribution technique, et donc, de facto, n'est pas considérée comme une contribution du tout. Seules les contributions très techniques sont aujourd'hui reconnues par notre système de recherche. C'est une erreur profonde, car il nous parait clair aujourd'hui que la résolution des problèmes auxquels l'humanité doit faire fasse désormais (enchevêtrement de problèmes vitaux tous liées entre eux!) passera plus par une vision intégrée des problèmes que par une vision très technique et sectorialisée.

Nous pensons qu'il est fondamental que les chercheurs en mathématiques et informatique participent très activement dans les projets touchant aux questions soulevées par la soutenabilité, même si les contributions scientifiques du point de vue mathématiques ou informatique ne sont pas au rendez-vous. La question importante n'est pas de savoir si le développement durable peut poser de nouveaux challenges aux mathématiciens ou aux informaticiens, mais de savoir si les mathématiciens ou les informaticiens peuvent aider à la résolution de ces nouveaux problèmes qui sont d'une complexité et d'un entrecroisement extrêmes.

Une modification des critères d'évaluation de la recherche et du recrutement nous semble importante pour permettre ce genre d'évolution.