



OPTIDENS : Optimiser la répartition des densités de population pour des villes plus durables

Responsables scientifiques : Cyrille Genre-Grandpierre, Philippe Michelon

Participants : Alena Melnikava, Sophia Bouchet, Zied Habtoul

PREDIT 4 GO 6 Politiques de transport

« Crise, Évolution des modes de vie, Mobilité et Politiques de Transport »

Subvention 13-MT-GO6-3-CVS-003

Mots-clés : forme urbaine, optimisation, densité, accessibilité, durabilité, simulation

OBJECTIF

Pour répondre aux problèmes posés par la dépendance à l'automobile des territoires « e-s-p-a-c-é-s », le mot d'ordre des aménageurs se « résume » souvent à vouloir (re)densifier. Or, si des formes denses et compactes permettent effectivement de répondre à certaines exigences dans une perspective de durabilité (limitation de la consommation foncière, de la longueur des déplacements et des réseaux techniques, etc.), elles ne vont pas elles-mêmes sans poser problème (existence d'îlots de chaleur, pression sur l'environnement) et surtout elles ne correspondent pas, au moins sous leurs formes simples, aux attentes des citoyens (bas prix fonciers, refus de la densité et de la compacité, etc.). Ils leur préfèrent par conséquent les périphéries moins denses, mais qui offrent néanmoins de bons niveaux d'accessibilités grâce au recours à la vitesse automobile.

Dans ce contexte, l'objectif du projet Optidens est de proposer un outil informatique de simulation permettant d'explorer la possibilité de formes urbaines durables répondant à des exigences multiples et parfois contradictoires.

Le constat de départ est celui du dynamisme de la forme urbaine, à la fois en termes d'extension (forme la plus visible), mais aussi de reformatage (reconstruction de la ville sur la ville). C'est ce dynamisme qui donne potentiellement de la marge de manœuvre aux aménageurs pour orienter les tissus urbains vers des formes – fonctionnement plus durables. La question est de savoir comment orienter ce dynamisme pour, qu'à un horizon temporel donné (celui d'un SCOT par exemple), la forme urbaine présente des caractéristiques propres à assurer la durabilité et permette de répondre aux exigences des différents acteurs. Avec comme point de départ les tissus urbains actuels, caractérisés par la localisation de la population, des emplois et des autres aménités urbaines (commerces, services), il s'agit de savoir quelles localisations ou relocalisations des aménités actuelles, ou à venir, peuvent permettre à la forme urbaine tout à la fois :

- d'assurer de bons niveaux d'accessibilité à la population, aux emplois et aux autres aménités. Ces hauts niveaux d'accessibilité constituant la quintessence même de la ville,
- mais aussi de ne pas dépasser certains seuils de densité locale et de compacité,
- de respecter les règles actuelles d'urbanisme, eu égard à la constructibilité des terrains notamment,

tout en trouvant la vitesse minimum des déplacements automobiles permettant de satisfaire toutes les contraintes, dans une logique de lutte contre la dépendance automobile.

Il s'agit donc d'explorer la possibilité d'une ville, lente, accessible, répondant à des exigences multiples.

RESULTATS

La recherche a permis de mettre au point un logiciel, intitulé Optidens, reposant sur un couplage original entre un Système d'Information Géographique et des méthodes d'optimisation issues de la Recherche Opérationnelle. Ce logiciel s'appuie exclusivement sur des solutions libres afin de pouvoir en assurer une diffusion plus aisée.

Il permet à l'utilisateur de formuler des contraintes que la forme urbaine doit vérifier (niveaux d'accessibilité, de densité, etc.) et d'indiquer la marge de manœuvre qu'il se donne pour transformer les territoires (pourcentage possible de relocalisation des aménités, limitations plus ou moins fortes des (re)localisations). Optidens trouve alors, si elle existe, la forme urbaine vérifiant les contraintes et la vitesse minimum conséquente (ou pourcentage d'évolution à la hausse ou à la baisse des vitesses actuelles). Dans Optidens les données fournies sur le territoire et les solutions trouvées le sont à l'échelle de cellules carrées. La taille de la cellule est fixée par l'utilisateur en fonction du niveau de précision des données dont il dispose et de la résolution souhaitée pour les résultats. Plus la taille de la cellule sera petite, plus les relocalisations seront précises, mais plus les temps de calcul seront longs.

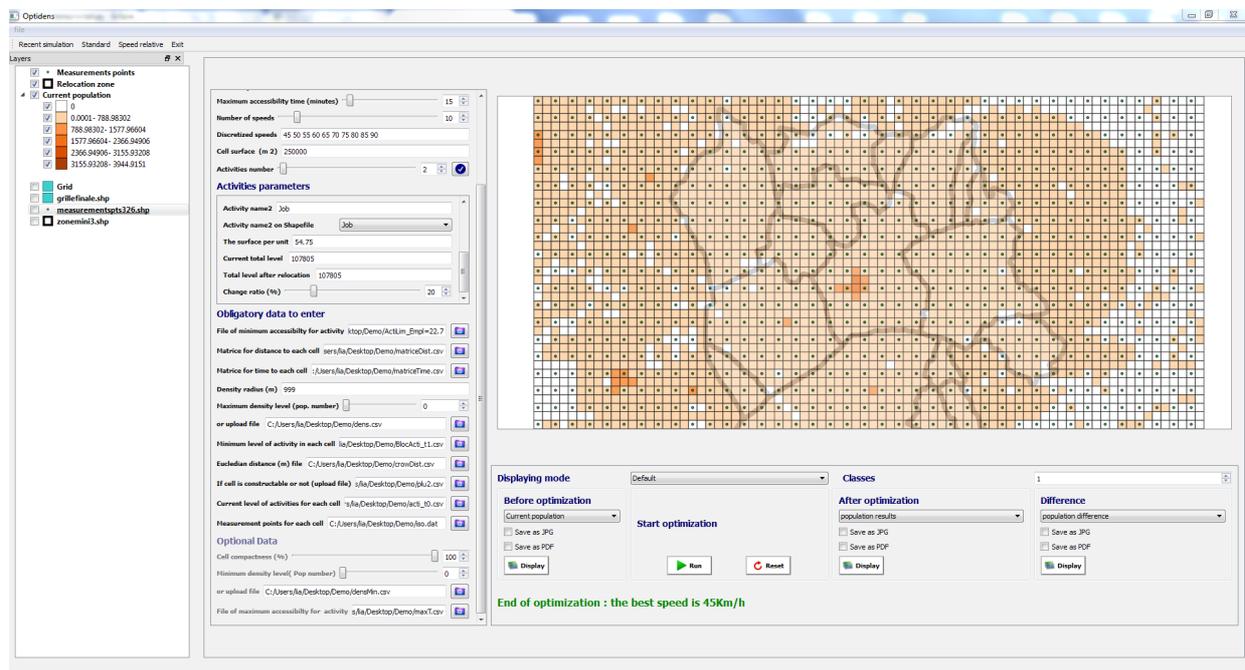


Figure 1 : l'interface du logiciel Optidens

La logique d'Optidens est donc exploratoire. Il permet d'explorer les possibles et leurs conditions de faisabilité, et non de proposer LA forme urbaine optimale. Il est un outil opérationnel, en phase de test en milieu professionnel, qui permet d'explorer de façon originale la relation urbanisme – transport, et plus spécifiquement les liens entre système de localisations et accessibilité. On ne cherche pas à voir, comme habituellement, comment les politiques de transport peuvent influencer sur les localisations, mais à étudier le processus de co-construction urbanisme – transport. C'est cette possibilité d'envisager simultanément politiques de transport et politiques d'urbanisme qui constitue une des innovations majeures de cette recherche.

La capacité d'Optidens à trouver des solutions d'aménagement conciliant des exigences multiples et souvent contradictoires, car émanant d'acteurs aux intérêts divergents, offre de larges perspectives pour l'usage de cet outil dans la perspective d'un aménagement plus participatif. Chacun peut ainsi formuler ces exigences et en voir les tenants et aboutissants sur la forme et le fonctionnement des territoires.

Si l'utilisation d'Optidens permet de savoir, pour un terrain d'étude donné, quelles sont les conséquences sur la forme urbaine et la vitesse de déplacement requise de telle(s) ou telle(s) exigence(s), qu'elle(s) émane(nt) des planificateurs ou des citoyens, les études empiriques réalisées ne permettent en revanche pas de « généralisations » qui viseraient par exemple à hiérarchiser les critères en fonction de leur impact sur la forme urbaine et les vitesses requises. Certes, on a pu voir que des critères comme l'accessibilité à l'emploi et la limitation de la constructibilité

des terrains avaient des impacts importants, mais il reste néanmoins impossible de généraliser. Ce n'est d'ailleurs pas l'objectif d'Optidens qui ne prétend pas donner une solution, mais au contraire être un outil exploratoire permettant d'aboutir par un jeu d'essais à des solutions acceptables par tous les acteurs. Chaque terrain d'étude ayant ses caractéristiques propres, le poids des critères et les vitesses obtenues ne peut inmanquablement que varier.

Globalement, on a toutefois pu voir que renoncer à la vitesse automobile ne signifie pas nécessairement renoncer à l'accessibilité. Voir aussi qu'il est parfois difficile de tout concilier (exigence d'accessibilité versus exigence de faible densité et compacité) et que de ce fait des compromis ou renoncements sont nécessaires si on veut tendre vers une ville plus durable.

Un dernier point important caractérisant Optidens et qu'il permet de ne pas se situer systématiquement dans une logique de croissance. Dans la planification, une des questions posées est « où localiser la population ou les emplois supplémentaires qui vont arriver à une échéance donnée ? ». On se situe donc assez systématiquement dans une logique de croissance. Or, avec le vieillissement démographique, et localement la décroissance de la population (cf les *shrinking cities*), avec un marché du travail incertain, de nombreux territoires se situent (ou vont se situer) davantage dans une logique d'optimisation de l'existant que de croissance. Ici Optidens apparaît particulièrement pertinent et original, puisque la logique de relocalisation plus que d'ajouts, fussent-ils optimaux, d'aménités correspond bien à cette logique de croissance atone, voire de décroissance.

Si Optidens peut d'ores et déjà être mobilisé pour l'aide à la décision, il demeure néanmoins un outil en phase de test et plusieurs améliorations sont planifiées :

- coder la possibilité d'intégrer des contraintes liées aux contiguïtés, souhaitées ou pas, entre différents types d'utilisation du sol, à la fois à l'échelle de la cellule et entre les cellules,
- trouver un moyen de phaser de façon optimale pour une échéance temporelle donnée le reformatage du territoire,

et enfin avoir les moyens d'analyser les effets des optimisations réalisées sur le fonctionnement urbain, en particulier en termes de transport, grâce au couplage d'Optidens avec des modèles de simulation type multi-agents (Albatross par exemple).

Ces grandes perspectives de développement et d'amélioration de l'outil feront l'objet de dépôt de projets de recherche au cours de l'année 2017.

VALORISATION

Publication et communications

Articles dans un livre

Balac M., Ciari F., Genre-Grandpierre C., Voituret F., Gueye S., Michelon P. (à paraître). « Decoupling accessibility and automobile mobility in urban areas », in Fremont A., Vancluysen K. (dir), *Urban Mobility and Public Transports*, Wiley/ISTE

Articles dans des revues à comité de lecture

Melnikava H., Bouchet S., Michelon P., Genre-Grandpierre C. 2016 (en révision) : Sustainable urban planning model with accessibility constraints, *European Journal of Operational Research*

Genre-Grandpierre C. Melnikava H., Michelon P., 2016. « *Optidens* : un modèle de simulation pour explorer les conditions de possibilité d'une ville lente, mais accessible », *Transports*, n° 495, janvier-février 2016, pp. 36-43

Actes de colloques avec comité de lecture

Genre-Grandpierre C. Melnikava H., Michelon P., 2016. "OPTIDENS : a simulation model to explore the sustainable forms of accessibility for the urban territories", Conference AGILE, Helsinki 15-17 juin 2016

Participation à des colloques

Melnikava A., Genre-Grandpierre C., Michelon P., 2016. “Urban-Planning MIP Model With Connectivity Constraints”, [28th European Conference on Operational Research, 3-6 juillet, Poznan, Pologne](#)

Genre-Grandpierre C., Melnikava A., Michelon P., 2015. « *OPTIDENS* : Un modèle de simulation pour explorer les combinaisons souhaitables densité de population - vitesse des déplacements pour des villes plus durables », 52^{ème} colloque de l'ASRDLF, Montpellier 7-9 juillet 2015

Melnikava A., Michelon P., Genre-Grandpierre C., Gueye S., 2014. “Optimizing urban life for a sustainable city”, Proceedings of OPT-i International Conference on Engineering and Applied Sciences Optimization, Kos Island, 4-6 June, Greece

Melnikava A., Michelon P., Genre-Grandpierre C., Gueye S., 2014. « Optimisation de la vie urbaine pour une ville plus durable », 15^{ème} congrès annuel de la Société française de recherche opérationnelle et d'aide à la décision (ROADEF), Bordeaux 26-28 février 2014

La valorisation du logiciel

La valorisation se fait aussi à travers le logiciel *Optidens* qui est encore dans une phase d'évolution, mais qui est d'ores et déjà opérationnel :

Le logiciel est en cours de test :

- à l'Agence d'Urbanisme d'Avignon (pour le PLH Communauté de Communes des Pays de Rhône et Ouvèze)
- dans le bureau d'étude Citadia- Avignon pour l'élaboration de PLU. Il s'agit notamment de mesurer l'apport d'*Optidens* en comparant les résultats obtenus avec ceux obtenus par les pratiques actuelles du cabinet.

Optidens a été présélectionné pour être présenté au salon Innovatives SHS 2017 à Marseille, organisé par le CNRS pour la valorisation et le transfert des recherches en SHS.



OPTIDENS : Optimiser la répartition des densités de population pour des villes plus durables

Responsables scientifiques : Cyrille Genre-Grandpierre, Philippe Michelon

Participants : Alena Melnikava, Sophia Bouchet, Zied Habtoul

PREDIT 4 GO 6 Politiques de transport

« Crise, Évolution des modes de vie, Mobilité et Politiques de Transport »

Subvention 13-MT-GO6-3-CVS-003

Mots-clés : forme urbaine, optimisation, densité, accessibilité, durabilité, simulation

Pour répondre aux problèmes posés par la dépendance à l'automobile des territoires « e-s-p-a-c-é-s », le mot d'ordre des aménageurs se « résume » souvent à vouloir (re)densifier. Or, si des formes denses et compactes permettent effectivement de répondre à certaines exigences dans une perspective de durabilité (limitation de la consommation foncière, de la longueur des déplacements et des réseaux techniques, etc.), elles ne vont pas elles même sans poser problème (existence d'îlots de chaleur, pression sur l'environnement) et surtout elles ne correspondent pas, au moins sous leurs formes simples, aux attentes des citoyens (bas prix fonciers, refus de la densité et de la compacité, etc.). Ils leur préfèrent par conséquent les périphéries moins denses, mais qui offrent néanmoins de bons niveaux d'accessibilités grâce au recours à la vitesse automobile. Dans ce contexte, l'objectif du projet Optidens est de proposer un outil informatique de simulation permettant d'explorer la possibilité de formes urbaines durables répondant à des exigences multiples et parfois contradictoires.

Le constat de départ est celui du dynamisme de la forme urbaine, à la fois en termes d'extension (forme la plus visible), mais aussi de reformatage (reconstruction de la ville sur la ville). C'est ce dynamisme qui donne potentiellement de la marge de manœuvre aux aménageurs pour orienter les tissus urbains vers des formes – fonctionnement plus durables. La question est de savoir comment orienter ce dynamisme, pour qu'à un horizon temporel donné (celui d'un SCOT par exemple), la forme urbaine présente des caractéristiques propres à assurer la durabilité et permette de répondre aux exigences des différents acteurs. Avec comme point de départ les tissus urbains actuels, caractérisés par la localisation de la population, des emplois et des autres aménités urbaines (commerces, services), il s'agit de savoir quelles localisations ou relocalisations des aménités actuelles, ou à venir, peuvent permettre à la forme urbaine tout à la fois :

- d'assurer de bons niveaux d'accessibilité à la population, aux emplois et aux autres aménités, ces hauts niveaux d'accessibilité constituant la quintessence même de la ville,
- mais aussi de ne pas dépasser certains seuils de densité locale et de compacité
- de respecter les règles actuelles d'urbanisme, eu égard à la constructibilité des terrains notamment
- tout en trouvant la vitesse minimum des déplacements automobiles permettant de satisfaire toutes les contraintes, dans une logique de lutte contre la dépendance automobile.

Il s'agit donc d'explorer la possibilité d'une ville, lente, accessible, répondant à des exigences multiples.

Le logiciel proposé est basé sur le couplage original entre un Système d'Information Géographique et des méthodes d'optimisation issues de la Recherche Opérationnelle. Il permet à l'utilisateur de formuler des contraintes que la forme urbaine doit vérifier (niveaux d'accessibilité, de densité, etc.) et d'indiquer la marge de manœuvre qu'il se donne pour transformer les territoires (pourcentage possible de relocalisation des aménités, limitations plus ou moins fortes des (re)localisations). Optidens trouve alors, si elle existe, la forme urbaine vérifiant les contraintes et la vitesse minimum conséquente (ou pourcentage d'évolution des vitesses actuelles). La logique d'Optidens est donc exploratoire. Il permet d'explorer les possibles et leurs conditions de faisabilité, et non de proposer LA forme optimale. Il est un outil opérationnel, en phase de test en milieu professionnel, qui permet la co-construction des politiques de transport et d'urbanisme et plutôt que d'envisager, comme c'est plus habituellement le cas, l'effet de l'une sur l'autre.



OPTIDENS : Optimize the distribution of population density for more sustainable cities

Authors : Cyrille Genre-Grandpierre, Philippe Michelon

Participants : Alena Melnikava, Sophia Bouchet, Zied Habtoul

PREDIT 4 GO 6 Politiques de transport

« Crise, Évolution des modes de vie, Mobilité et Politiques de Transport »

Subvention 13-MT-GO6-3-CVS-003

Keywords : urban form, optimization, population density, accessibility, sustainability, simulation

In order to face issues caused by car dependency in expanded territories, urban planners usually suggest re-densifying. Yet, if dense and compact forms may effectively answer to some requirements in a sustainable perspective (limitation of land consumption, limitation of travel distance and limitation of length of technical networks, etc.), they also come with their own issues (Heat island effect, environmental pressure), and, above all, they won't satisfy, at least for simple forms, citizens' requests (inexpensive properties, rejection of density and compactness, etc.). They would accordingly prefer less dense peripheries, but still with a good level of accessibility thanks to car speed. In this context, the Optidens project aims to propose a computer simulation tool allowing to explore different possibilities of sustainable urban forms facing several and sometimes inconsistent requests.

The starting point is the dynamic nature of urban form, not only in term of extension (most apparent form), but also in term of re-formatting (reconstruction of the city on the existing city). This dynamism potentially offers to urban planners the flexibility allowing them to guide urban areas to more sustainable forms. The question is to know how to direct this dynamism so that, for a given time horizon, the urban form presents some characteristics that are suitable for sustainability and allow to satisfy the different actors' needs. With existing urban areas as a starting point, characterized by population location, job location and other urban amenities' location (as local businesses and services), the aim is to find which locations or re-locations of current or future amenities will enable, all at once, the urban form to :

- assure good levels of accessibility to population, jobs and other amenities : those high levels of accessibility are the very essence of the city,
- never exceed fixed thresholds for local density and compactness,
- follow the existing urban planning rules, considering in particular the constructibility of the area,
- find the minimum speed for car travel to satisfy each constraint, in a perspective of fighting car dependency.

The goal is finally to explore the possibility of a slow, accessible and answering to numerous needs city.

The tool which is propose is based on a novel combination between a Geographic Information System and optimization methods from Operations Research. It allows the user to formulate some constraints to be satisfied by the urban form (levels of accessibility, levels of density, etc.) and indicate the possible transformations for the territory (percentage of possible relocations for amenities, stronger or weaker restrictions for relocations). Optidens returns, if it exists, the urban form that verify these constraints and the consequent minimum speed (or the percentage of change for actual speeds). Thus, Optidens is an exploratory tool. It allows to explore the possibilities and the feasibility of these possibilities, but not to give THE optimal form. It is an operational tool, being tested in professional environment, which permits the co-construction of transportation and urban policies, instead of, as it is ordinarily the case, the effect of one on another.