

## Evaluation des actions pour l'amélioration de la mobilité urbaine

Cătălin Popescu<sup>\*</sup>, Augustin Mitu<sup>\*</sup>, Cornel Lazăr<sup>\*</sup>, Daniela Vlad<sup>\*</sup>,  
Hichem Omrani<sup>\*\*</sup>,<sup>\*\*\*</sup>, Phillippe Trigano<sup>\*\*</sup>,  
Jean-Marie Boussier<sup>\*\*\*</sup>,<sup>\*\*\*\*</sup>, Luminița Ion-Boussier<sup>\*\*\*</sup>

<sup>\*</sup> Universitatea Petrol-Gaze din Ploiești, Bd. București 39, Ploiești, Roumanie  
e-mail: cpopescu @upg-ploiesti.ro

<sup>\*\*</sup> Université de Technologie de Compiègne (UTC), Heudyasic, BP 20529 60205, Compiègne, France  
e-mail: hichem.omrani@eigis.fr

<sup>\*\*\*</sup> Ecole d'Ingénieurs en Génie des Systèmes Industriels, 26 rue de Vaux de Foletier, 17041 La Rochelle Cedex 1, France  
e-mail: jean-marie.boussier@univ-lr.fr

<sup>\*\*\*\*</sup> L3I University, 23 Avenue Albert Einstein, 17071 La Rochelle Cedex 9, France

### Résumé

*Ces travaux se déroulent dans le cadre d'un projet européen SUCCESS (Smaller Urban Communities in CIVITAS for Environmentally Sustainable Solutions) appartenant au programme CIVITAS et ils sont le résultat d'une collaboration entre quatre équipes de recherche (partenaires: la Faculté de Sciences Economiques, (FSE, UPG, Ploiești), ATMO Poitou Charentes, CdA La Rochelle, La Mairie du Municipale de Ploiești, Ecole des Mines Paris, Université La Rochelle, TTR (Preston, UK)). Nous appellerons mesure transport toute innovation faite en matière de transport qui est censée d'améliorer la mobilité urbaine et le bien être des usagers. Chaque mesure est accompagnée d'impacts potentiels qui peuvent être associés à cinq catégories: économie, énergie, environnement, société et transport. Pour estimer l'efficacité d'une mesure en matière de transport, nous allons tester deux méthodologies différentes : une basée sur l'analyse multi-critères, l'autre sur l'analyse coûts-bénéfices. La finalité de ces travaux est le développement d'un outil informatique qui fera office d'outil d'aide à la décision.*

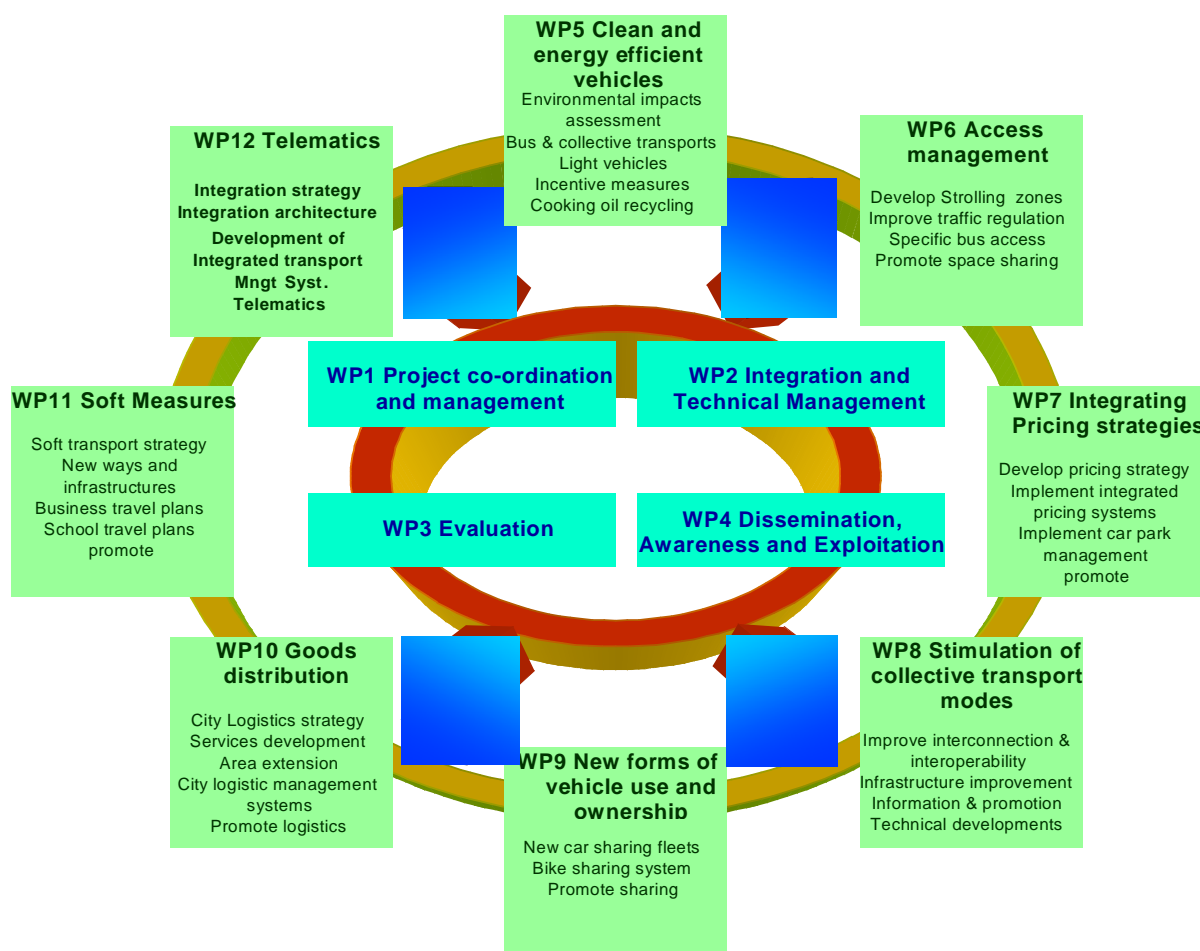
**Mots-clefs:** transport, analyse multi-critères, analyse coûts-bénéfices

### Cadre des travaux

Dans le contexte de l'évolution de la mobilité urbaine, le respect du bien être des usagers et des contraintes environnementales (réduction des émissions locales de polluants atmosphériques ou du bruit de la circulation), implique que soit envisagé un usage restreint de la voiture particulière; cela est lié au développement massif des transports publics ou de services partagés, à leur tour conditionnés par les ressources financières des agglomérations. Dans ce cadre complexe et souvent contrasté, il apparaît clairement que les impacts de toute mesure de transport visant l'amélioration de la mobilité urbaine doivent être évalués avant sa mise en œuvre et l'efficacité

prouvée après son implantation. Ces travaux se déroulent dans le cadre d'un projet européen SUCCESS (Smaller Urban Communities in CIVITAS for Environmentally Sustainable Solutions (<http://www.civitas-initiative.org/civitas/home.cfm>) appartenant au programme CIVITAS.

Trois villes (Ploiesti-Roumanie, Preston-UK et La Rochelle-France) font office de villes «pilots». Une soixantaine de mesures en matière de transport seront implémentées, testées et évaluées pendant quatre ans (2005-2009). Les villes européennes qui voudraient implémenter à l'avenir une de ces mesures disposeraient ainsi d'une expérience antérieure. Les mesures sont très variées (introduction de voitures hybrides, car-sharing, park&ride, zones d'accès contrôlés, systèmes d'information en temps réel, réseau de bus GPL etc.) et visent à améliorer la mobilité urbaine, à réduire les impacts environnementaux du trafic urbain, à satisfaire au mieux les exigences des usagers du réseau routier. Ces mesures sont organisées en Work Packages (WP) et sont réunies dans la figure 1.



**Fig. 1.** Work Packages dans le projet SUCCESS

Nos travaux s'inscrivent dans le WP3 qui a comme objectif l'évaluation de l'efficacité d'une mesure implémentée. Pour ce faire, une liste non-exhaustive d'indicateurs groupés en cinq catégories a été pré-établie (tableau 1). Un choix préliminaire des indicateurs pertinents est effectué par le responsable de projet et des méthodes d'évaluation sont identifiées (modèles, enquêtes, mesures expérimentales, avis de spécialistes,..).L'idée de base est de faire une estimation globale de l'état de la ville (ou de la zone urbaine concernée par la mesure) avant et après l'implantation de la mesure. Cela passera donc par l'estimation de chaque indicateur pour ces deux mêmes phases.

**Tableau 1.** Indicateurs économiques, énergétiques, sociaux, écologiques et du trafic

Catégorie d'évaluation	Sous-catégorie	Impact	Indicateur
Economie	Avantages	Revenus de l'opération	Revenus de l'opération
	coûts	Coûts de l'opération	Coûts de l'opération
Energie	Consommation d'énergie	Consommation de carburant	Efficacité du véhicule selon le carburant
			Mixage de carburant
Environnement	Pollution atmosphérique et sonore	Qualité de l'air	Niveaux de CO Niveaux de NOx Niveaux particules en suspension (PM10)
		Emissions	Emissions CO2 Emissions CO Emissions NOx Emissions petites particules en suspension
		Bruit	Perception du bruit
Société	Accord, acceptation	Conscience	Niveau de conscience
		Accord	Niveau d'acceptation
	Accessibilité	Accessibilité spatiale	Perception de l'accessibilité
		Accessibilité économique	Coût de service relatif au transport public
Sécurité	Sécurité	Sécurité liée au transport public	
Transport	Qualité de service	Efficacité de service	Efficacité en terme du gain de temps
		Qualité de service	Qualité de service de transport
	Sûreté, sécurité	Sécurité en transport	Nombre des blessés et des décès causés par les accidents de la route
		Niveaux de trafic	Vkm par type de véhicule, pic Vkm par type de véhicule, sauf pic
	Système de transport	Niveaux de congestion	Vitesse moyenne du véhicule, pic Vitesse moyenne, autres que le pic
		Déplacement poids lourds	Nombre total des véhicules lourds se déplaçant dans la zone d'étude
	Modèle « split »		
		Occupation de véhicule	Occupation moyenne

## Problématique

Le problème qui se pose c'est comment exprimer globalement l'effet bénéfique ou néfaste d'une mesure avec ses impacts dans plusieurs catégories? Le procédé peut être très simple: le chef de projet dispose d'une source d'information unique pour chaque indicateur et la source est

la même pour les deux phases d'évaluation. Mais, d'une façon beaucoup plus réaliste, et quand on connaît le temps d'implantation d'une mesure, les choses sont beaucoup plus complexes; pour un projet d'envergure (réseau de bus GPL à Ploiesti or park&ride à La Rochelle, par exemple), plusieurs experts interviennent (spécialistes transport, urbanisme, environnement, etc), chacun avec son degré d'expertise. A cela on peut ajouter que chaque expert dispose de plusieurs sources d'informations de fiabilités différentes (mesures expérimentales, modèles, enquêtes, rapports, avis personnels) et qui ne sont pas forcément les mêmes entre les phases avant et après implantation de la mesure transport (le NOx peut être évalué par mesure aussi bien que par modèle). De plus, certains indicateurs peuvent être évalués numériquement (par exemple la vitesse moyenne des véhicules), alors que d'autres ne disposeront que d'évaluations linguistiques (le degré de satisfaction des gens, par exemple).

Il existe dans la littérature de spécialité des approches développées ces dernières décennies afin de répondre à cette problématique: *Analyse du Cycle de Vie (LCA)*, *Analyse coût-bénéfice et coût-efficacité*, *Analyse multicritères* (voir [1] pour une analyse approfondie). Ces méthodes d'évaluation abordent souvent des aspects liés à un domaine comme l'économie, le transport, l'environnement ou la société et font rarement un bilan complet. Toute tentative de rendre opérationnel un outil d'aide à la décision est timide et surtout inefficace dans la volonté de l'utiliser pour une ville autre que celle pour laquelle a été calibré.

## Méthodologies proposées

Dans le cadre du projet SUCCESS nous nous proposons de tester deux approches différentes:

**1. Méthodologie basée sur l'analyse multicritères:** Afin de prendre en compte l'avis de tous les experts et les informations issues de toutes les sources, nous envisageons d'effectuer une fusion d'informations multi-experts et multi-sources. Par exemples, si pour des indicateurs quantitatifs les mesures expérimentales sont rapidement désignées comme la méthode la plus fiable, pour la catégorie sociale nous nous proposons d'intégrer une méthode dite «enquêtes de préférences déclarées» (l'idée à la base est de développer des enquêtes lors desquelles les personnes interrogées seront placées dans une situation hypothétique et confrontées à une série d'options imaginaires [2]).

Compte tenu du fait que certains indicateurs se voient attribuées des valeurs numériques, d'autres des évaluations linguistiques et que les données peuvent être incertaines ou incomplètes, nous allons utiliser les concepts de la fusion basée sur théorie de Dempster-Schaffer [3] couplée avec le formalisme de la logique floue [4]. En tenant compte du degré d'expertise de chaque expert, il est possible de calculer «l'utilité» associée à chaque indicateur. Les principales étapes d'évaluation de l'efficacité d'une mesure et les méthodes employées sont schématiquement présentées dans la figure 2.

L'étape finale dans le processus d'évaluation d'une mesure consiste à affecter une «utilité» globale pour tous les indicateurs en prenant en considération leurs poids évalués par la méthode AHP [5] (méthode très performante dans le domaine de l'analyse multi-critères qui classe des grandeurs quantitatives aussi bien que qualitatives).

Pour illustrer l'efficacité de la mesure, il faudra faire le rapport relatif entre les utilités correspondant respectivement à la phase « a priori » et « a posteriori ».

**2. Méthodologie basée sur l'analyse coûts-bénéfices:** Cette méthode est basée sur la conversion de tous les impacts en termes monétaires. La différence entre coûts et bénéfices permettra d'évaluer l'efficacité de la mesure. L'intérêt de cette approche c'est qu'elle est globale, avec un caractère prévisionnel à long terme et qu'elle est plus facilement abordable par les instances décisionnelles qui sont très sensibles à l'aspect financier.

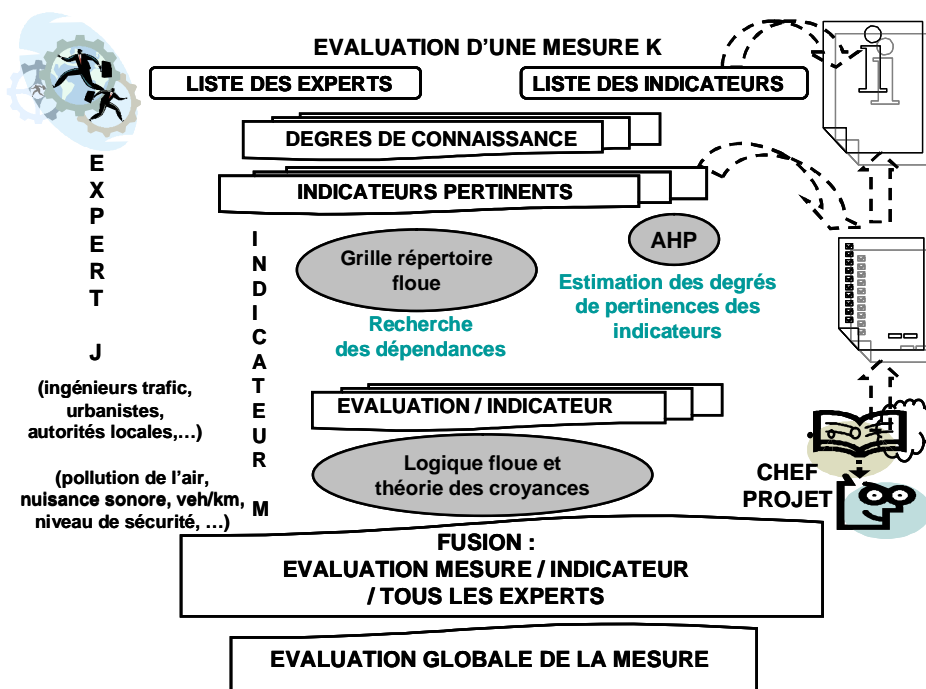


Fig. 2. Procédé d'évaluation globale d'une mesure

Pour les mesures à implémenter lors du projet SUCCESS, quelques exemples sont présentés ci-dessous par catégorie :

1. *catégorie énergie* : les coûts du carburant qui s'obtiennent par la différence entre le coût payé à la pompe pour un carburant « classique » et le coût payé pour un carburant (ou une alternative) renouvelable.
2. *catégorie société* : les coûts des accidents (moyens engagés pour le déplacement des victimes, administration, hospitalisation etc.). Rappelons également les coûts de l'infrastructure qui se traduira par une augmentation des impôts des usagers (mise en œuvre, maintenance, réparation etc.).
3. *catégorie environnement* : les coûts de la pollution atmosphérique se retrouvent à travers les impacts sur la végétation, les bâtiments, aussi bien que dans les frais engagés pour soigner des maladies typiques (SO<sub>2</sub>- bronchites, CO – fertilité, microparticules – maladies cardiovasculaires). Quant aux impacts du bruit, on peut lui associer la baisse des coûts des logements, les conséquences sur les commerces suite à la délocalisation des ménages.
4. *catégorie transport* : l'indicateur le plus suivi est la congestion des routes; on peut lui imputer, en termes monétaires, le coût supplémentaire ressenti par l'utilisateur de la route, les conséquences des émissions polluantes qui en découlent, le coût du carburant supplémentaire.

## Travaux en cours

La finalité de ce projet est de développer un prototype orienté web permettant de faire la collecte de l'expertise, de fournir des résultats intermédiaires de l'analyse et d'aider les décideurs à faire l'évaluation de l'efficacité d'une mesure. La méthodologie à implémenter qui est actuellement à l'étude est basée sur l'analyse multi-critères. Le schéma général de la plateforme est illustré dans la figure 3. Les méthodologies, aussi bien que le prototype informatique dont l'interface sera conçu à l'aide d'utilisateurs « novices » appartenant aux villes de La Rochelle et Ploiesti, seront testés lors de l'implémentation de deux mesures d'amélioration de la mobilité urbaine dans chacune des villes.

- pour Ploiesti: introduction d'un réseau de bus GPL pour 2007-2008;

- pour La Rochelle: implantation d'un Park&Ride pour 2007.

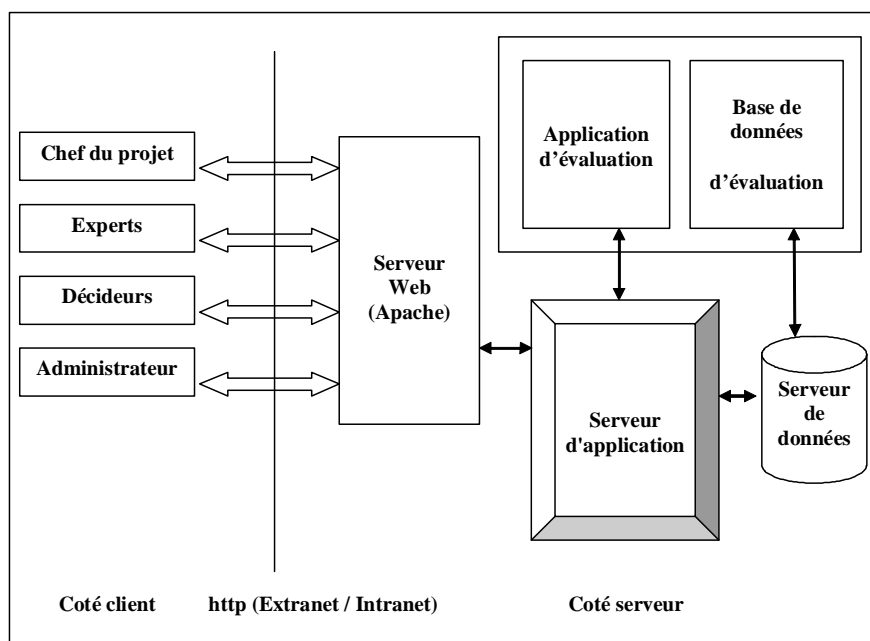


Fig. 3. Schéma général de la plateforme

## Références bibliographiques

1. Bonnafous, A. (1995), Tabourin, E. - *Modèles de simulation stratégique*, Communication à la 7ème TCR, Sydney, pag. 17
2. Boussier, J.M., Estrailier, P., Sarramia, D. and Augerau, M. - *Using agent-based of driver behavior in the context of car park optimization*, IEEE IS'06, 3rd IEEE Conference On Intelligent Systems, 4-6 September 2006, UK
3. Dempster, A.P. - *A generalisation of Bayesian inference*, Journal of the Royal Statistical Society, 1968, pag. 205-247
4. Shafer, G. - *A Mathematical Theory of Evidence*, Princeton University Press, Princeton., 1976
5. Omrani, H., Awasthi, A., Ion, L., Breuil, D., Trigano, P. - «*An AHP/DS based hybrid approach for evaluating environmentally sustainable transport solutions*», MCDM 2006 (MCDM'06), June 19-23 2006, Chania, Greece

## Evaluarea acțiunilor care se referă la îmbunătățirea transportului urban

### Rezumat

Lucrarea prezentată în acest volum de către colectivele de cercetători din Franța și România se înscriu în cadrul proiectului european SUCCESS (*Smaller Urban Communities in CIVITAS for Environmentally Sustainable Solutions*), proiect care face parte din programul CIVITAS. Vom numi măsură de transport orice inovație în materie de transport care vizează ameliorarea mobilității urbane și confortul utilizatorilor rețelei de transport. Fiecare măsură este acompaniată de efecte potențiale care pot fi grupate în cinci categorii: economie, energie, mediu înconjurător, societate, transport. Pentru a estima eficacitatea unei astfel de măsuri, se vor testa două metodologii: una bazată pe teoria multi-criterii și alta pe metoda costuri-beneficii. Finalitatea acestor lucrări va fi reprezentată de dezvoltarea unei aplicații informatice care va putea fi manipulată ca un instrument de asistare a deciziei.