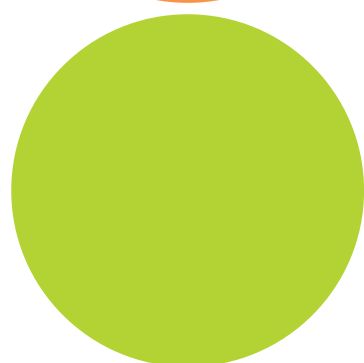
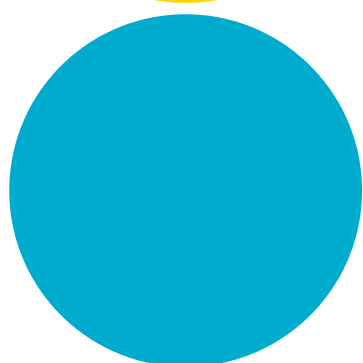
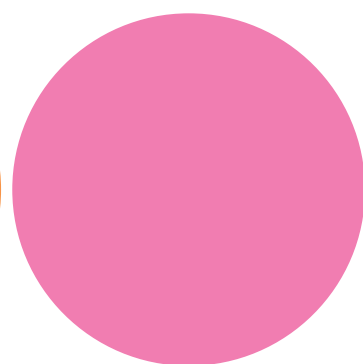
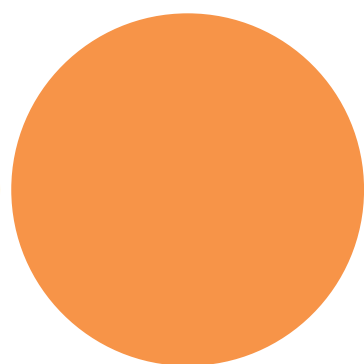
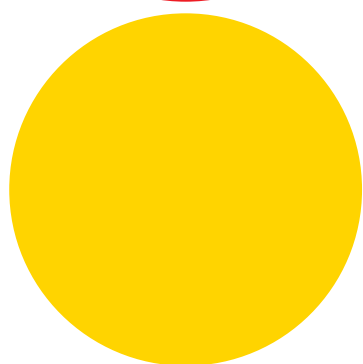


Le livre des projets



Le livre des projets



**MAI 2011
Bordeaux**

« En application de la loi du 11 mars 1957 (art. 41) et du Code de la propriété intellectuelle du 1er juillet 1992, complétés par la loi du 3 janvier 1995, toute reproduction partielle ou totale à usage collectif de la présente publication est strictement interdite sans autorisation expresse de l'éditeur.

Il est rappelé à cet égard que l'usage abusif et collectif de la photocopie met en danger l'équilibre économique des circuits du livre »

Dépôt légal avril 2011

N° ISBN 978-2-11-128603-0

→ AVANT PROPOS

Le Livre des projets, à mi-parcours et au final de chaque édition de ce programme pluriannuel, est devenu une tradition pour le Predit. Nous y tenons, malgré l'importance du travail que cet ouvrage suppose. Cette revue de projets donne en effet une vision bien concrète des thèmes prioritaires et des résultats obtenus, alors que les bilans sont parfois un peu généraux au vu de l'ampleur thématique du programme. Par ailleurs, son utilité est toujours saluée par les chercheurs qui s'y trouvent mis en valeur mais aussi par les ministères et agences qui portent le Predit et par tous les acteurs de la recherche dans le domaine des transports terrestres.

La sélection des recherches ne tient pas compte de leur poids financier et ne rend pas compte des implications budgétaires des ministères et agences qui coordonnent leurs actions au sein du Predit. Avec cette sélection, nous avons plutôt voulu couvrir un spectre thématique qui correspond au programme de travail du Predit 4 et à son organisation autour de six thématiques prioritaires. Les recherches ont été choisies pour leur qualité scientifique et pour leurs impacts sur les politiques de transport et les technologies qu'elles appellent. Au plan de la méthode, une précision supplémentaire importante : les projets issus du Fonds de soutien aux démonstrateurs de recherche pour les énergies décarbonées ne sont pas inclus dans le corpus. Ce choix pourrait être reconsidéré, comme pour les projets issus des programmes d'investissements d'avenir, d'ici le Carrefour final du Predit 4.

L'introduction de ce Livre des projets propose une synthèse du bilan à mi-parcours, qui s'inscrit dans la continuité du bilan d'étape que j'ai remis aux ministres en janvier 2010. La compétitivité de l'industrie des transports et la réduction des émissions de gaz à effet de serre restent deux enjeux majeurs qui guident notre activité, mais nous veillons à ne pas sous-estimer d'autres enjeux comme l'accessibilité pour tous ou les évolutions démographiques.

Dans tous ces domaines, le Predit doit continuer à servir les technologies et les services mais aussi les connaissances et outils d'aide à la décision pour les politiques de transport.

Jean-Louis Léonard
Député de Charente-Maritime
Président du Predit

Cet ouvrage a été réalisé par le secrétariat permanent du Predit. La coordination a été assurée par Bertrand Theys ; les fiches sont dues aux coordinateurs des projets qui en assument la responsabilité.

Secrétariat permanent du Predit
Ministère de l'Ecologie du Développement Durable, des Transports et du
Logement
Commissariat Général au Développement Durable
Direction de la Recherche et de l'Innovation
Tour Voltaire
92 055 Paris La Défense
00 33 1 40 81 14 17
www.predit.prd.fr

→ SOMMAIRE

Introduction : bilan à mi-parcours	8
Liste des projets primés	19
Liste des projets nommés	23
Energie et environnement	
Technologies	29
Impacts	63
Qualité et sécurité des systèmes de transport	
Technologies et services	87
Connaissances	117
Mobilités dans les régions urbaines	
Services	135
Connaissances	151
Logistique et transport de marchandises	
Technologies et services	169
Connaissances	191
Compétitivité de l'industrie des transports	205
Politiques de transport	231
Coopération internationale	251
Petites et moyennes entreprises	269
Thèses	289
Recherche francophone	315
Annexe : gouvernance du Predit 4	330

→ INTRODUCTION, BILAN À MI-PARCOURS

Le Predit est le programme national de recherche et d'innovation dans les transports terrestres. Initié et conduit par les ministères chargés du développement durable (MEDDTL), de l'industrie (MinEFI) et de la recherche (MESR), l'ADEME, l'ANR et OSÉO, ce programme permet la coordination des soutiens à la recherche et à l'innovation dans ce domaine. La présidence du programme 2008-2012 a été confiée à Jean-Louis Léonard, député de Charente-Maritime.

Décidé en réunion interministérielle le 18 avril 2008 et lancé officiellement au Carrefour final du Predit 3 (2002-2007), ce programme a fait l'objet d'un protocole d'accord signé en août 2008 par les ministres et présidents ou directeurs généraux des agences impliqués. Un premier rapport d'étape a été remis aux ministres le 18 février 2010. Conformément à la lettre de mission du président, ce rapport donnait une place particulière aux deux enjeux majeurs du lancement du Predit 4 : la compétitivité de l'industrie des transports et le changement climatique. Le bilan à mi-parcours s'appuie sur ce rapport d'étape et l'actualise à fin 2010.

• I. Point de vue budgétaire

D'un point de vue strictement budgétaire, ce protocole d'accord est globalement respecté (250 M€ sur 3 ans pour un objectif de 80 M€ par an, hors Fonds démonstrateurs de recherche et Investissements d'avenir dans ce secteur, gérés par l'ADEME), ce qui représente un quasi doublement de l'effort public comparé à la situation de 2005. Du fait de la création de l'ANR et de la mise en place des pôles de compétitivité et de leur accompagnement par le Fonds Unique Interministériel, le montant moyen des financements attribués a augmenté fortement (près de 300 k€ par projet contre 225 k€ sur 2002-2007, projets OSÉO inclus).

Sur le plan des répartitions thématiques, il faut noter quelques distorsions significatives.

Deux domaines prioritaires sont en pointe :

- énergie et environnement
- compétitivité de l'industrie des transports

Trois domaines ont des bilans légèrement supérieurs aux prévisions :

- qualité et sécurité des systèmes de transport
- transports de marchandises
- politiques de transport

Le domaine des services de mobilité est sensiblement moins doté que prévu mais les appels à manifestation d'intérêt des programmes d'« Investissements d'avenir » devraient compenser ce retard à partir de 2011.

Enfin, la répartition technologie-services/connaissances est suivie avec attention car l'augmentation des budgets depuis 2005 a bénéficié principalement aux recherches technologiques, et le bilan du Predit 3 avait souligné la sensibilité de cette question (11% des crédits attribués à des projets concernant les connaissances contre 19% prévu dans le protocole d'accord). Sur les années 2008-2010 cette part « connaissances » se maintient (10%) grâce aux projets ANR (sept projets) et FUI (un projet avec un budget très conséquent).

Comme déjà indiqué, l'importance budgétaire des programmes d'Investissement d'avenir pourrait modifier sensiblement ces équilibres thématiques à partir de 2011.

• II. Impact de la crise économique

Les grands éléments d'orientation du Predit 4 ont été élaborés avant la crise financière et économique qui a éclaté en 2008. Il était donc indispensable de se demander si la crise devait conduire à des modifications du programme de travail, du moins pour la partie des projets impliquant les industriels.

A la fin de l'année 2009, on pouvait dire que l'impact de la crise n'avait pas été visible sur les participations des industriels (sauf peut-être sur les plannings des projets) et que les orientations du Predit 4 étaient toujours valables aux yeux des acteurs (industriels, opérateurs, laboratoires...).

Cette crise semble désormais en passe d'être surmontée et les conditions sont aujourd'hui très différentes. Les industriels qui, malgré la crise, ont maintenu voire augmenté, leur potentiel de recherche et développement en récoltent aujourd'hui les fruits. La stratégie de « sortie par le haut » en intégrant les enjeux du développement durable semble ainsi tout à fait pertinente. Et pour la recherche et développement, les Investissements d'Avenir devraient apporter une stimulation nouvelle et de grande ampleur.

• III. Le Predit et les véhicules décarbonés

La politique gouvernementale en faveur du véhicule décarboné qui a fait suite au Grenelle de l'environnement a constitué une réelle rupture. Jusque-là, en effet, les industriels et beaucoup de chercheurs étaient plutôt partisans de pousser le moteur thermique à son efficacité énergétique maximale et de développer une hybridation progressive susceptible de concerner une large gamme de véhicules, tout en consacrant un effort toujours significatif à la réduction des pollutions locales (oxydes d'azote et particules fines notamment). Le bilan du Predit 3 (2002-2007) était clair à cet égard puisque les budgets attribués l'ont été pour 2/3 aux véhicules thermiques et pour 1/3 aux technologies électriques et hybrides, tous degrés d'hybridation confondus.

L'impulsion gouvernementale en faveur du véhicule décarboné s'est traduite, à partir de 2009 et pour la R&D, par l'annonce d'un effort public de 400 M€ sur quatre ans (Mondial de l'automobile, octobre 2008), effort concrétisé principalement par la mise en place du Fonds de soutien aux démonstrateurs de recherche pour les énergies décarbonées, et par les budgets coordonnés au sein du Predit (ANR, FUI, OSÉO, ADEME).

Au regard de la « décarbonation » des transports, le bilan 2008-2010 du Predit fait apparaître les conclusions suivantes :

- une augmentation de l'effort budgétaire sur le véhicule propre et économe (VPE) : 30 M€ par an contre 24 pour le Predit 3 (mais ce bilan intégrait le Plan VPE 2003-2004), augmentation qui vient s'ajouter à un Fonds démonstrateur pourtant déjà plus important que prévu ;
- toujours par rapport au Predit 3, une augmentation marquée, en proportion, de la part consacrée aux véhicules électriques et hybrides (on passe de 35% à 50% du total VPE) ;
- une orientation des recherches sur la mobilité, pour les marchandises comme pour les voyageurs, fortement marquée par les enjeux climatiques.

En lien avec la partie du Fonds démonstrateurs de recherche dédiée aux véhicules décarbonés, le Predit a ainsi permis aux industriels et aux laboratoires de continuer à travailler l'ensemble des filières technologiques pour les véhicules propres et économes, y compris l'efficacité et la dépollution des moteurs thermiques, ainsi que la réduction des nuisances sonores. Les programmes d'investissements d'avenir vont venir amplifier ces efforts. Ils devraient aussi permettre de compenser la relative lacune repérée à fin 2009 concernant les véhicules lourds non urbains.

On notera enfin que l'enjeu national et européen de la recherche sur les véhicules électriques et hybrides rechargeables a conduit le Predit à jouer un rôle déterminant dans un programme de recherche transnational (13 pays engagés), dont l'appel à projets a été lancé le 14 décembre 2010. Ce programme va vraisemblablement bénéficier d'une contribution significative du Programme cadre européen (projet Era-net + Electromobilité).

• IV. Autres progrès thématiques

En dehors de ce domaine environnemental, huit thématiques méritent d'être mises en relief au vu de l'activité 2008-2010,

- soit parce que la recherche commence à porter ses fruits sur des sujets qui restent décisifs (évolution des services de mobilité) et qui demandent parfois un renouvellement des approches (cohérences urbanisme-transport, outils d'aide à la décision pour les politiques de transport) ;
- soit parce qu'elle doit accentuer ses efforts sur des sujets bien « défrichés » mais dont l'importance augmente chaque jour (fiabilité, logistique collaborative) ;
- soit parce qu'elle engage un chantier important (vieillesse).

1. L'innovation dans les services et les pratiques de mobilité

Sous l'effet des enjeux climatiques et de la maturité des systèmes d'information et de communication, les services de mobilité font l'objet d'une vraie dynamique d'innovation. La recherche doit accompagner cette dynamique, aider à discerner les potentiels les plus sérieux et surtout construire des outils et méthodes pour inscrire ces innovations dans des politiques de déplacement. L'enjeu du péri-urbain à cet égard est majeur. Dans ce domaine, les défis environnementaux ne doivent pas faire oublier les évolutions sociales et la problématique du vieillissement (16% de plus de 60 ans en 2007, 30% en 2050) et de l'accessibilité pour tous.

2. Le renouvellement de la recherche sur les cohérences entre urbanisme et transport

Aujourd'hui, la nécessité de canaliser l'urbanisation pour réduire les impacts énergétiques et environnementaux fait à peu près consensus. Mais les lignes d'action et les méthodes pour ce faire ne sont ni affirmées, ni connues, ni partagées. La recherche doit renouveler les approches en intégrant les enjeux énergétiques et climatiques et proposer des éléments opérationnels.

3. L'intégration des enjeux de sécurité routière et de gestion du trafic et des déplacements

La sécurité routière a été un des grands domaines d'activité du Predit 3, à la fois sur le plan des connaissances pour les politiques publiques (exemple les travaux sur le « Continuum éducatif ») et pour les technologies (assistances à la conduite notamment). La mise en lumière des enjeux concernant les usagers vulnérables et ceux de santé publique (blessés, médicaments, sommeil...) résulte aussi de ces efforts. Le nouveau défi consiste à construire des politiques publiques, de gestion des déplacements notamment, qui n'isolent pas des catégories d'usagers (jeunes, personnes âgées, handicapés, véhicules de livraison, deux roues motorisés) mais concilient leur présence simultanée dans les réseaux et l'espace public.

4. L'émergence nécessaire de la logistique collaborative

Parmi les acquis à mi-parcours dans le domaine du transport de marchandises (renouvellement des connaissances sur les flux urbains, suivi des marchandises, automatisation des ruptures de charge), il faut souligner l'émergence de la logistique collaborative. Appuyée sur des systèmes d'information et de communication élaborés, elle constitue une source de progrès majeure pour une meilleure organisation des échanges : groupage-dégroupage des envois, réduction des retours à vide, optimisation des tournées...

5. L'importance croissante de la fiabilité des systèmes techniques

Que ce soit à travers les systèmes embarqués (logiciels et électronique) ou la mécatronique (intégration de la mécanique et de l'électronique), les véhicules de transports, ferroviaires comme routiers, ont atteint des niveaux de complexité qui mettent la fiabilité au premier plan, pour la compétitivité des entreprises comme pour la gestion de la mobilité (confiance des clients).

La recherche est donc active sur ces questions pour construire des méthodes et outils de diagnostic en temps réel, à la fois pour réduire les risques de défaillance et faciliter les mesures de réparation. L'enjeu de la fiabilité rejoint ainsi celui de la sécurité.

6. Des systèmes de systèmes aux matériaux et aux procédés : la compétitivité se joue sur un spectre élargi

Le Predit 3 avait concentré ses priorités sur les enjeux de politique des transports. L'acuité des défis industriels et le lancement des pôles de compétitivité a amené à inscrire l'enjeu de compétitivité dans le programme du Predit 4. Un des enseignements des années 2008-2010 est la dynamique de recherche et d'innovation autour des matériaux et des procédés de production. Il faut noter que cette dynamique repose sur de nombreux pôles de compétitivité pour lesquels le transport est un secteur d'application parmi d'autres. Mais dans le même temps, l'adéquation des produits aux attentes de la société et au fonctionnement du système de transport est un facteur d'importance croissante. Le spectre des déterminants de la compétitivité s'étend aujourd'hui entre ces deux pôles, respectivement externe et interne à l'industrie, en passant par les systèmes enfouis, la mécatronique et les outils de conception et process de fabrication.

7. Un besoin persistant de connaissances et d'outils pour éclairer les politiques de transport

2050 et le facteur 4 dessinent aujourd'hui notre horizon, mais les incertitudes sont nombreuses quant à la façon de construire ce long chemin. Les exercices de prospective, les outils de simulation des effets de telle ou telle mesure de régulation, la mesure des risques d'inéquité ou d'exclusion, la modélisation, l'interaction entre politiques de transport et urbanisme... les besoins de recherche ne manquent pas.

L'intérêt suscité par certains résultats du Predit 3 (le Facteur 4 ne paraît atteignable par le domaine des transports qu'à hauteur de 50% par la technologie ; une optimisation de la conception réseaux de transports collectifs est incontournable ; les fractales peuvent donner des voies d'aménagement pour les espaces péri-urbains...) incite à poursuivre et intensifier ces efforts.

8. Un rôle toujours déterminant des systèmes d'information et de communication

Comme déjà abordé à travers la fiabilité ou les enjeux de compétitivité, les systèmes d'information et de communication sont aujourd'hui omniprésents dans les systèmes techniques. Information multimodale, suivi des marchandises, assistances à la conduite, gestion de l'énergie dans les véhicules, accessibilité pour les personnes à mobilité réduite... les applications sont multiples. L'offre technologique évolue rapidement (capteurs, analyse d'image, fusion de données, logiciels, positionnement...) et la recherche consacre beaucoup de ses efforts à intégrer cette offre dans des systèmes fonctionnels adaptés, à l'échelle des véhicules comme de la gestion des transports.

• V. Gouvernance

Au plan de la gouvernance, l'activité 2008-2010 permet de mettre en relief les points suivant :

Une forte implication des pôles de compétitivité

Huit pôles transport sont impliqués dans les instances du Predit (conseil d'orientation stratégique et groupes opérationnels) : Mov'éo, I-Trans, LUTB, Novalog, Advancity, Véhicule du futur, iDforCAR, Systematic. De ce fait les interactions sont fortes entre les réflexions thématiques du Predit et celle des pôles. Et l'activité transport dans les projets FUI est très significative au regard des priorités du Predit.

Des relations dynamiques avec les collectivités territoriales

Le groupe opérationnel « Mobilités dans les régions urbaines » constitue une porte d'entrée privilégiée et les relations de ce groupe avec le Gart (groupement des autorités responsables de transport) sont régulières. Le résultat le plus intéressant de ces premières années est la progression significative du nombre de projets Predit dans lesquels les collectivités territoriales sont impliquées (12% des projets hors OSÉO contre 7% dans le programme 2002-21007).

Une contribution importante à l'Espace européen de la recherche

La forte implication du Predit au niveau européen se traduit, via le Groupe Thématique National transport, dans les contributions françaises aux orientations du programme cadre européen, par une activité significative au sein de l'Era-net transport, et par le rôle majeur joué dans la construction du premier Era-net Plus transport dédié à l'électromobilité (appel transnational cofinancé par la Commission européenne).

Au niveau des relations bi-nationales, la coopération franco-allemande reste l'axe majeur. La qualité des relations entre les deux programmes nationaux joue d'ailleurs un rôle important et même parfois déterminant dans la construction de coopérations multilatérales comme au sein de l'Era-net transport.

Un effort persévérant pour la diffusion des résultats de la recherche

Cet effort s'est traduit notamment, en 2009 et 2010, par une série sans précédent d'actions en direction de la presse : présentation du programme de travail puis du bilan d'étape, sept petits déjeuners de presse pour présenter les résultats de projets (Bruit, Véhicules propres et économes, Mobilité et handicap, Sécurité routière, Fiabilité des systèmes de transport, Pollution locale), une présentation de l'ouvrage « Etalement urbain et mobilité » et un petit déjeuner pour le lancement du programme transnational Electromobilité+.

Du côté des publications, il faut mentionner la diffusion semestrielle du journal « Predit-Info » et la mise en ligne régulière de la lettre bimestrielle « la lettre du Predit ». On notera enfin la participation à des salons, sur un stand propre (Transports Publics) ou partagé (Mondial de l'Automobile).

Les usagers-citoyens consultés sur certaines orientations de recherche

Dans la suite de l'expérience positive menée dans le Predit 3, une série de consultations-forum a été programmée dans le Predit 4 pour mettre en débat, au delà des cercles d'experts, les problématiques de recherche les plus sensibles pour les usagers et les citoyens. Les deux premières consultations ont été réalisées en 2010, respectivement sur les thèmes « Accessibilité pour tous et performance de systèmes de transport » et « Desservir le péri-urbain, canaliser l'urbanisation : un enjeu pour les ménages et pour les collectivités ». Elles seront suivies en 2011 par les thèmes « Véhicules électriques et nouvelles pratiques de mobilité » et « Acceptabilité du suivi des voyageurs ».

Des ajustements en 2011 pour intégrer les programmes d'investissements d'avenir

Dernier élément à souligner au plan de la gouvernance, on notera que le protocole d'accord du Predit 4 a été construit avant la mise en place du « Fonds démonstrateurs » et a fortiori des programmes d'Investissement d'Avenir. L'organisation du Predit continuera à s'adapter en 2011 pour faire en sorte que le rôle de plate-forme française dévolu à celui-ci pour les transports terrestres intègre ces programmes d'envergure dont la gouvernance est néanmoins spécifique.

Annexe 1 : Rappel des étapes de décision et de mise en place du Predit 4

Le Predit 4 a été décidé en réunion interministérielle le 16 avril 2008. Cette réunion a validé la note préparée par le comité de pilotage du Predit 3, a décidé d'annoncer un objectif budgétaire de 400 M€ sur les années 2008-2012, hors suite du Grenelle de l'environnement tout en précisant que celles-ci devront être intégrées ultérieurement dans la cohérence du programme, et de confier la présidence du programme à Jean-Louis Léonard, député de Charente-Maritime.

Cette décision a permis l'annonce officielle du lancement du Predit 4 par la Ministre de la recherche et par le Secrétaire d'Etat aux transports lors du Carrefour final du Predit 3, les 5, 6 et 7 mai 2008.

Suite à cette annonce, un comité de pilotage restreint du Predit 4 (présidents, représentants des ministères et agences, secrétaire permanent) a construit les éléments principaux de gouvernance :

- le protocole d'accord, signé en août 2008 par Jean-Louis Borloo, Christine Lagarde, Valérie Pécresse, Christian Estrosi et Dominique Busseureau, ainsi que par François Drouin, président d'OSÉO, Michèle Pappalardo, présidente de l'ADEME, et Jacqueline Lecourtier, directrice générale de l'ANR ;
- le comité de pilotage (présidents, représentants des signataires du protocole, secrétaire permanent et 5 personnalités qualifiées) ;
- les six groupes opérationnels, sur les thématiques prioritaires définies dans le protocole d'accord :
 - Energie et environnement (GO1)
 - Qualité et sécurité des systèmes de transport (GO2)
 - Mobilités dans les régions urbaines (GO3)
 - Logistique et transport de marchandises (GO4)
 - Compétitivité de l'industrie des transports (GO5)
 - Politiques de transport (GO6)
- le conseil d'orientation stratégique, composé d'un cinquantaine d'experts représentant les producteurs et utilisateurs de la recherche.

Ces éléments de gouvernance ont permis, sur la base du protocole d'accord, d'élaborer un programme de travail détaillé qui a été approuvé par les instances en janvier 2009 puis présenté à la presse le 5 février 2009 (depuis cette date ce programme a été imprimé et traduit en anglais et en allemand).

Enfin, conformément à la lettre de mission qu'il avait reçue des Ministres concernés, le président du Predit a remis le 18 février 2010 un rapport d'étape 2008-2009. Ce rapport a fait l'objet d'une présentation à la presse le 23 février 2010.

Annexe 2 : Bilan 2008-2010, chiffres clés (en K€)

	Protocole annuel x 3	Total des financement s d'Etat 2008-2010	ADEME Fonds démonstrateurs et Investissements d'avenir	OSEO ISI
Energie et environnement (GO1)	29x3=87	101,20	109,50	
Qualité et sécurité des systèmes de transport (GO2)	14x3=42	48,5		
Mobilité dans les régions urbaines (GO3)	13x3=3	6,44		
Logistique et transport de marchandises (GO4)	9x3=27	19,22		
Compétitivité de l'industrie des transports (GO5)	13x3=39	63,57		0,60
Politiques de transport (GO6)	2x3=6	7,27		
Actions communes (SPP)		4,04		
Total	80x3=240	250,33	109,50	0,60

Indicateurs Predit 2008-2010

Ces données sont calculées sans intégrer les projets issus des AMI 2009 de l'ADEME au titre du Fonds de soutien aux démonstrateurs de recherche pour les énergies décarbonées.

- **Répartition connaissances pour les politiques publiques/technologies et services**

en montants 2008-2010 (avec OSÉO) : 10% / 90% (rappel Predit 3 : 11% / 89%)

en nombre de projets (avec OSÉO) : 17% / 83%

- **Ouverture européenne en nombre de projets** (hors OSÉO)
2008-2010 : 31% → dont 7% suite à action volontariste (Deufrako, Eranet) et 24% par développement naturel des coopérations entre équipes de recherche

- **Collectivités territoriales en nombre de projets** (hors OSÉO)
2008-2010 : 32 collectivités différentes dans 34 projets (12% des projets) dont 3 comme pilote et 31 en partenaires
Rappel 2002-2007 : 55 projets sur 800 hors OSÉO (soit 7%)

- **Financement moyen par projet de recherche**

2008-2010 :

- Total : 245,3 M€ / 824 projets = 297,7 K€

- Connaissances pour les politiques publiques :
24,1 M€ / 137 projets = 175,7 K€

- Technologie et services : 220,7 M€ / 687 projets = 321,2 K€

Rappel Predit 3 (2002-2007): 225 K€

Connaissances = 83 k€ ; Technologie = 300 K€

- **Effet de levier** (hors OSÉO) (rapport entre le budget de la recherche et le financement attribué)

2008-2010 : 3,2 (rappel Predit 3 : 2,9). Augmentation due à la part plus importante de projets technologiques et donc des participations des industriels.

→ LISTE DES PROJETS PRIMÉS

• Energie et environnement

Technologies

OSCCAR' NOx : simulation et compréhension de la catalyse de réduction des NOx. Application à la réduction catalytique sélective à base d'urée (Renault)

TOM : (Two mode engine) moteur pour poids lourds aux normes Euro VI avec mode de combustion homogène ou conventionnelle (Renault Trucks)

STEEM : tramway à haute efficacité énergétique (Alstom Transport)

Impacts

Exposition des citoyens aux polluants atmosphériques au cours de leurs déplacements dans l'agglomération parisienne – nouvelle évaluation dix ans après (Laboratoire Central de la Préfecture de Police de Paris)

• Qualité et sécurité des systèmes de transport

Technologies et services

SURTRAIN : surveillance des transports en commun par l'image et le son (Société Eolane)

Prix spécial du président

SARI : surveillance automatisée des routes pour l'information des conducteurs et des gestionnaires (Ifsttar)

Connaissances

CESIR-A : influence de la consommation de médicaments sur la sécurité routière (Inserm)

- **Mobilités dans les régions urbaines**

Services

Développer une infrastructure de co-voiturage ? Opportunité et spécifications d'une organisation fonctionnelle et spatiale en vue d'une expérimentation en Ile-de-France (Setec)

Connaissances

Le concept de ville cohérente : réponse aux débats entre ville étalée et ville compacte (Université Paris 12)

- **Logistique et transport de marchandises**

Technologies et services

R-Shift-R (I / II) : réorganisation du système de transport de fret autour du concept R-Shift-R (TL&A)

Connaissances

LMD : logistique mutualisée durable (EuroMedTextile)

- **Compétitivité de l'industrie des transports**

AROS : suite logicielle pour la conception et le prototypage rapides d'applications distribuées robustes pour la sécurité et la mobilité dans les transports (Armines)

O2M : outils de modélisation mécatronique (Valeo)

- **Politiques de transport**

Prospective pour un financement durable des transports publics (Laboratoire d'Economie des Transports, Lyon)

- **Coopération internationale**

RAPS : bruit des transports ; influence de la structure temporelle de la gêne, la performance cognitive et le sommeil (SNCF)

- **Petites et moyennes entreprises**

Développement d'un autobus électrique et de chaînes cinématiques électriques (PVI)

- **Thèses**

Optimisation de catalyseurs « trois voies » pour des applications gaz naturel véhicules (Marc Salaun)

- **Recherche francophone**

« Oleyia » (taxi-moto) : acteurs et usagers d'un mode de transport artisanal récent à Lomé, Togo (Assogba Guezere)

→ LISTE DES PROJETS NOMMÉS

• Energie et environnement

Technologies

SIMSTOCK	30
SGEMac	35
OSCCAR'NOx	39
TOM	45
STEEM	49
GEODE	54
PIREP	58

Impacts

La nature au bord de la route	64
Impact de la pollution atmosphérique sur les malformations congénitales	68
Exposition des citadins aux polluants atmosphériques	72
PPTA	75
Les infrastructures routières, les paysages et les écosystèmes	80

• Qualité et sécurité des systèmes de transport

Technologies et services

INFOMOVILLE	88
CIPEBUS	92
DAMOTO	96
VIVRE2	99
SARI	103
SURTRAIN	107
DIAGHIST	111

Connaissances

Disparités des espaces du risque routier	118
ROSARINE	122
CESIR-A	125
La valeur des dommages corporels	129

• Mobilités dans les régions urbaines

Services

Développer une infrastructure de co-voiturage ?	136
La conception des outils de l'accessibilité territoriale	140
SURDyn	146

Connaissances

PARADI	152
La ville cohérente	156
Quartiers commerçants	160
La marche au cœur des mobilités	163

• Logistique et transport de marchandises

Technologies et services

HSCT	170
GOST	175
DECAN ²	179
R-Shift-R	183
STAF	187

Connaissances

Massifier les flux pour intégrer le transport fluvial dans les chaînes logistiques portuaires	192
LMD	196
EVAL	201

• Compétitivité de l'industrie des transports

AROS	206
MasCotTe	210
O2M	214
EXPAMTION	218
GALVAsTRIP	222
Easy grip	226

• Politiques de transport

Etat et secteur privé dans la modélisation des déplacements urbains en France, 1960-2005	232
---	-----

Carbone	235
Prospective pour un financement durable des transports publics	239
Des réseaux lents contre la dépendance automobile ?	243
Les transports et le facteur 4	247

• Coopération internationale

OpenFret	252
PETRIS	256
RAPS	260
EuroTPU	265

• Petites et moyennes entreprises

Développement d'un autobus et de chaînes cinématiques électriques	270
AFS	275
RESO CYCLO	278
SMERA	283

• Thèses

Situation de handicap lors des déplacements	290
Estimation embarquée des efforts verticaux et latéraux d'un véhicule pour le diagnostic du comportement sur route	293
Etude théorique et expérimentale des stratégies de combustion homogène pour les véhicules industriels	297
Environnement et mobilité 2050	300
La qualité de l'air en milieu aéroportuaire	304
Etude des catalyseurs dédiés aux véhicules roulant au gaz naturel	307
Méthodes d'analyse de données GPS dans les enquêtes sur la mobilité des personnes	311

• Recherche francophone

Évaluation économique d'une infrastructure de transport	316
Oleyia (taxi-moto)	319
Vers une nouvelle socio-géographie de la mobilité quotidienne	325

Energie et environnement

Les défis des émissions de gaz à effet de serre et de la qualité de l'environnement constituent un objectif majeur du Predit 4, pour les transports de marchandises comme de voyageurs.

Au plan des technologies, la recherche conduit les progrès encore possibles sur le moteur à combustion interne et impulse vigoureusement le développement des motorisations hybrides et électriques.

Au plan des connaissances sur les impacts, les recherches abordent à la fois les impacts locaux (oxydes d'azote, particules, ozone, bruit) et globaux (effet de serre), afin, entre autres, d'étayer les mesures de régulation et leurs conditions d'acceptabilité. Elles contribuent également aux politiques de préservation de la biodiversité, des écosystèmes et des paysages.

Energie et environnement : technologies

- **Le prix « Energie et environnement : technologies » a été attribué aux projets :**

- **OSCCAR' NOx** : Simulation et compréhension de la catalyse de réduction des NOx . Application à la réduction catalytique sélective à base d'urée (Renault)
- **TOM** : (Two mode engine) Moteur pour poids lourds aux normes Euro VI avec mode de combustion homogène ou conventionnelle (Renault Trucks)
- **STEEM** : Tramway à haute efficacité énergétique (Alstom Transport)

- **Les autres projets nommés sont :**

- **SIMSTOCK** : Evaluation de système de stockage d'énergie électrique (MTA Plate-forme d'essais)
- **SGEMac** : Simulation à grande échelle pour la prédiction de la variation cyclique (IFP-Energies nouvelles)
- **GEODE** : Gestion optimisée de l'énergie d'un véhicule industriel hybride (Renault Trucks)
- **PIREP** : Procédé innovant de réduction des émissions particulaires (Irecelyon - CNRS et Université Lyon 1)

Simstock : Modélisation du comportement des systèmes de stockages d'énergie embarqués pour véhicules routiers

MTA Plate-forme d'essais
Ademe (plan VPE)

Les acteurs économiques du marché de l'automobile sont confrontés à une très forte demande de réduction de la consommation dans un contexte de sévèrisation des normes et de très forte concurrence imposant des niveaux de prestation élevés.

De nombreuses solutions avec motorisation hybride sont actuellement commercialisées mais il subsiste des doutes quant à la longévité du stockage d'énergie et au prix que l'on pourra atteindre en grande série ; ce qui conduit les industriels à privilégier des solutions minimalistes.

Simstock a pour but de permettre aux industriels et aux laboratoires de disposer d'outils d'évaluation, de compréhension et de prédiction du comportement des systèmes de stockage d'énergie embarquée.

• Problématique

Les objectifs du projet sont les suivants :

- Réaliser une bibliothèque de modèles de composants (batteries et super condensateurs) qui puissent être utilisés pour évaluer les performances des packs de batteries pour véhicules hybrides et électriques (VEH)
- Disposer de modèles pouvant prendre en compte le vieillissement des composants en fonction de leurs caractéristiques et de leurs usages
- Valider les modèles développés à partir des résultats expérimentaux des essais réalisés (fonctionnement nominal et vieillissement)
- Intégrer ces modèles dans un modèle global du système véhicule.

Ce projet a pour but de lever un verrou concernant l'incertitude sur le vieillissement des systèmes de stockage suivant l'architecture des motorisations, leur gestion et l'usage des véhicules.

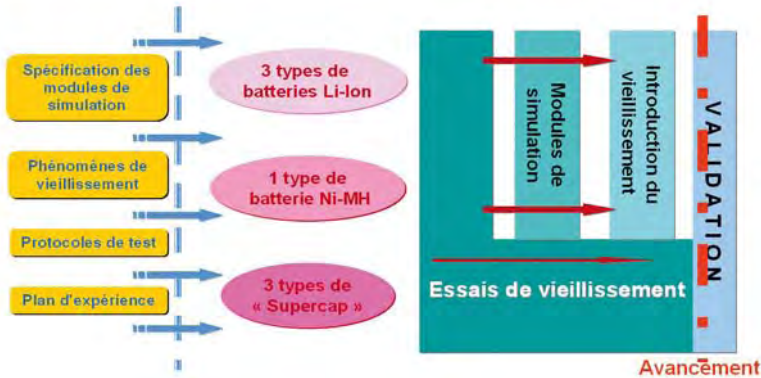
Pour atteindre un tel objectif il est nécessaire de pouvoir mettre en œuvre un réseau de laboratoires expérimentateurs disposant d'un grand nombre de « voies » d'essais et d'appareils de mesure complémentaires (le réseau « Simstock »), d'un groupe d'« utilisateurs » capables de définir correctement le besoin (constructeurs automobiles et équipementiers) et de spécialistes de la modélisation capables de plus de finaliser et commercialiser les modèles obtenus.

De plus, une importante participation de spécialistes de ces systèmes (laboratoires ou fabricants) est indispensable aussi bien pour définir des protocoles expérimentaux adéquat que pour mieux comprendre les résultats obtenus.

• Déroulement de l'étude

Le projet a été organisé en 4 phases principales, dont deux sont simultanées. La première phase dite de préparation est aujourd'hui terminée. Elle a nécessité un travail de groupe très important et constitue un élément capital du projet. Il s'agissait essentiellement de spécifier les besoins des modules de simulation (équipe des modélisateurs) d'en déduire l'ensemble des protocoles de mesure et des procédures expérimentales (équipe des expérimentateurs), de concevoir le plan d'expérience et de choisir les échantillons à tester (équipe des utilisateurs) et enfin de faire un bilan des connaissances sur les mécanismes de vieillissement des différents systèmes étudiés (laboratoires spécialisés).

L'importance de cette phase est aisée à comprendre lorsque l'on sait qu'un essai pour une condition expérimentale donnée, peut durer jusqu'à approximativement 6 000 heures (soit environ un an).



La deuxième phase est en cours de finalisation. Il s'agit de l'ensemble des expérimentations sur l'ensemble des échantillons (voir tableau).

Fabricants	Types	Chimie	Avancement
JCS	Li-Ion batterie	NCA	essais terminés
JCS	NiMH batterie	-	essais en cours
BATSCAP	AN SC	ACN	essais terminés
BATSCAP	PC SC	PC	essais terminés
LG Chem	Spinel batterie	LMO	essais terminés
Lifebat	FePO4 batterie	LFP	essais en cours
Maxwell	AN SC	ACN	essais terminés

Simultanément, la forme des modules de simulation et les méthodes d'utilisation de ces modules sont développées par LMS-Imagine, afin de pouvoir les introduire dans le logiciel de modélisation/simulation AMESim d'ores et déjà très utilisé dans l'industrie automobile.

Les résultats expérimentaux sont également analysés en termes de comparaison des phénomènes de vieillissement suivant le type de technologie de stockage d'énergie étudiée.

Enfin, le processus de validation finale a débuté afin de vérifier le domaine de validité des modules de calcul mis au point.

• Protocoles expérimentaux et plan d'expérience

L'ensemble du processus expérimental peut être résumé tout d'abord par le plan d'expérience qui se retrouve dans le tableau suivant.

T	Max	Max	Max	Max	Max	Max	Max	min	min	min	min	med
Δ SOC	Max	Max	Max	Max	min	min	min	Max	Max	min	min	med
I	Max	min	min	Max	min	Max	Max	min	Max	Max	min	med
CT	Max	Max	min	min	Max	Max	min	Max	min	Max	min	med

Dans lequel T est la température, Δ SOC la plage d'état de charge utilisée, I le courant maximum pendant le cycle, CT la charge échangée pendant le cycle. Les valeurs (min, Max, médiane) sont déterminées à partir de l'étude du besoin et en fonction de la technologie étudiée.

Ce plan d'expérience permet de déterminer les caractéristiques des micro-cycles qui seront répétés en une succession de séquences de 22 heures et 2 heures de repos. Périodiquement une caractérisation des échantillons sera effectuée afin de déterminer l'effet du vieillissement (mesure de capacité, mesure de résistance et spectre d'impédance).

• Modélisation

Le principe utilisé pour la modélisation repose sur une analogie électrique qui peut être résumée par le schéma suivant :

Pour réaliser cette simulation du comportement des batteries plusieurs facteurs sont pris en compte tous basés sur des phénomènes physiques, ainsi la tension au repos, la capacité de double couche, les phénomènes de diffusion, la résistance ohmique, le transfert de charge et les pertes thermiques. La détermination de ces différents paramètres est effectuée par identification avec les courbes expérimentales.

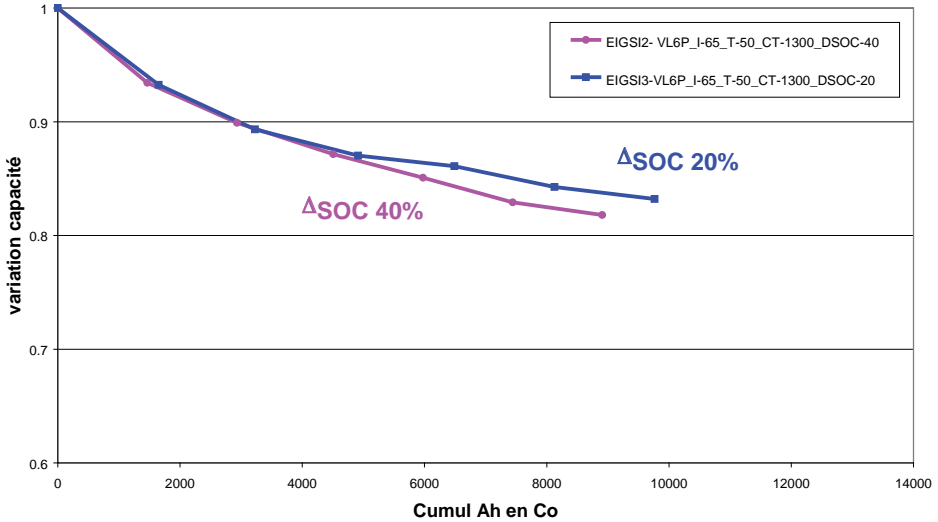
Dans un deuxième temps l'influence du vieillissement sera affectée à ces différents paramètres en réalisant une série d'identification équivalente sur les résultats expérimentaux obtenus en fonction du vieillissement dans des conditions déterminées.

• Résultats

De très nombreux résultats expérimentaux sont aujourd'hui disponibles, ils donnent lieu à plusieurs types d'exploitation dont l'ensemble des résultats sera présenté dans le courant de l'année 2011.

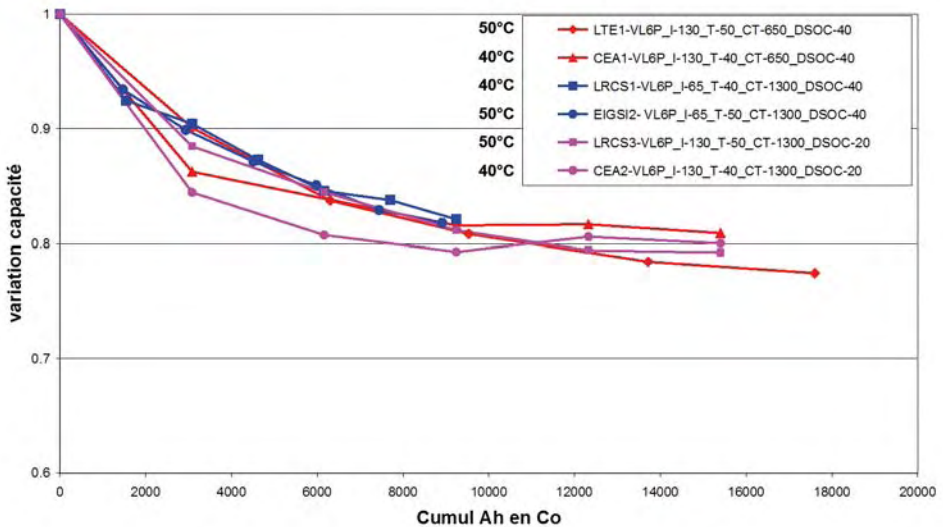
• Exploitation phénoménologique

Influence du delta SOC (65A, 50°C et CT 1300As)



(Le « delta SOC » est la plage de variation de l'état de charge utilisée lors des cycles de charge/décharge)

Influence de la température



Il s'agit de dégager l'influence d'un facteur de vieillissement particulier sur la variation de capacité ou de résistance de l'échantillon étudié dans les conditions de cyclage choisies.

A titre d'exemple, la première figure ci-dessus montre que dans le cas d'un courant moyen pour une charge échangée importante le passage d'une fenêtre de variation d'état de charge de 20 à 40% n'a que peu d'influence sur une batterie Li-Ion JCS de type VI6P.

La seconde figure, illustre quant à elle l'effet de la température sur le vieillissement pour divers types de batteries

• Identification et modélisation

L'identification des paramètres permet d'obtenir une bonne simulation du comportement de la batterie dans une série d'impulsions de courant. L'ensemble des identifications nécessaires, qui sont très nombreuses si l'on tient compte de l'influence du vieillissement, sont actuellement en cours.

Enfin le processus de validation a été lancé, ainsi qu'une série d'exploitations complémentaires concernant par exemple l'interprétation des modifications des spectres d'impédance en fonction du type de technologie et du vieillissement.

Contacts :

Claude Ades
MTA plate-forme d'essais
Avenue du Futuroscope
Téléport 1 - Arobase 2
BP 60208
Chasseneuil du Poitou
86963 Futuroscope CEDEX
claude.ades@pole-mta.com

Partenaires :

LMS-Imagine (pilotage du projet)
Renault SA
Peugeot Citroën Automobiles
Valéo
Saft
Batscap
EDF (Les Renardières)
IFP-Energies nouvelles
CEA-Ines
Ecole d'Ingénieurs en Génie des Systèmes Industriels (La Rochelle)
Laboratoire de Réactivité et de Chimie des Solides (CNRS et Université d'Amiens)
Laboratoire d'Electromécanique de l'UTC (Compiègne)
Laboratoire de l'intégration du Matériau au Système (CNRS, Université de Bordeaux 1)
Ifsttar (LTE et LTN)

SGEmac : Développements d'une méthodologie basée sur la Simulation aux Grandes Echelles pour la prédiction des variations cycliques dans les moteurs à allumage commandé

IFP Energies nouvelles
Agence nationale de la Recherche

Le projet SGEmac a permis de développer une technique de simulation 3D de la combustion dans les moteurs à pistons en rupture avec les méthodes classiques. Basées sur la simulation aux Grandes Échelles (SGE), les méthodologies développées ont permis d'en démontrer la capacité à reproduire et étudier les variabilités cycliques dans les moteurs à allumage commandé. Phénomène encore mal connu, ces variabilités sont souvent un facteur limitant pour l'exploitation du potentiel de nouvelles technologies telles le downsizing ou l'injection directe. Les résultats obtenus sont uniques au niveau mondial, et résultent d'une collaboration forte entre les partenaires, et d'une combinaison systématique de techniques expérimentales, de simulations système et de simulations SGE innovantes.

• **Problématique**

Les méthodes actuelles de simulation 3D pour les moteurs à piston permettent la sélection qualitative et à moindre frais, en réduisant au minimum les essais sur banc moteur, des géométries et solutions techniques les plus prometteuses en terme de consommation et d'émissions polluantes. Malgré leur emploi de plus en plus systématique, elles sont limitées à la prédiction de points moteur stables. Or, l'avènement de nouvelles technologies de moteurs à allumage commandé, tels le downsizing ou l'injection directe du carburant, entraîne souvent l'apparition de variabilités cycliques importantes, dont l'étude n'est pas accessible aux méthodes de simulation actuelles. Or, une meilleure maîtrise de ces variabilités est un élément clef pour contribuer à rendre les futurs moteurs à combustion interne plus efficaces et moins polluants.

SGEmac se proposait de développer une méthodologie de simulation de l'écoulement et de la combustion dans les moteurs à pistons, en rupture avec celles actuellement utilisées, et basée sur la Simulation aux Grandes Échelles (SGE), par nature adaptée à la simulation d'instationnarités hautes fréquences, et ayant donc un potentiel en terme d'étude des variabilités cycliques.

• Déroulement de l'étude

Les travaux de SGE_{mac} ont exploité des techniques expérimentales avancées afin d'acquérir une base de données du fonctionnement d'un moteur à allumage commandé, qui a ensuite servi à développer et valider des méthodologies innovantes de simulation basées sur la SGE.

Le moteur étudié était un monocylindre équipé d'accès optiques. Les techniques expérimentales ont combiné le suivi temporel cycle à cycle des pressions et températures en divers points des lignes d'admission et d'échappement et dans le cylindre, avec des techniques de diagnostics optiques, visant à étudier certains détails de l'écoulement et de la combustion dans le moteur. La PIV (vélocimétrie par images de particules) visait à étudier l'écoulement instationnaire dans les tubulures d'admission et dans le cylindre. Celle-ci a été combinée avec de l'OH-LIF (fluorescence induite par laser sur radical OH) pour réaliser des images simultanées de l'écoulement et de la combustion près de la bougie au moment de l'allumage. Une technique de chimiluminescence a été utilisée pour suivre la combustion cycle à cycle.

Les travaux en SGE sont basés sur l'utilisation du code AVBP, co-développé par CERFACS et IFPEN, et qui a la double caractéristique d'être dédié à la SGE dans des géométries complexes et de présenter d'excellentes performances sur des machines massivement parallèles. Ces dernières sont nécessaires pour réaliser des SGE, très demandeurs en puissance de calcul, dans un temps réaliste. Ainsi, la mise à disposition par le GENCI d'heures de calcul dans le cadre des programmes eDARI 2009 et 2010 a été un facteur essentiel pour le succès de ces travaux.

La simulation système a également été utilisée de façon intense pour vérifier dès les premières phases de la campagne expérimentale la cohérence et la plausibilité des mesures et a permis de fixer de façon réaliste les conditions aux limites pour les simulations SGE.

• Résultats

La base de donnée acquise lors de SGE_{mac} est unique, car spécifiquement dédiée à la SGE et comprenant des points moteur à faible variabilité, servant de référence pour la validation de modèles, et des points à forte variabilité cyclique, permettant de valider la capacité de techniques de simulation à les reproduire. Tous les points de la base de données moteur ont été obtenus en faisant des variations mono-paramétriques à partir d'un point de référence stable. L'essentiel de la base de données concerne des points carburés au propane et quelques points en injection directe d'essence ont également été acquis.

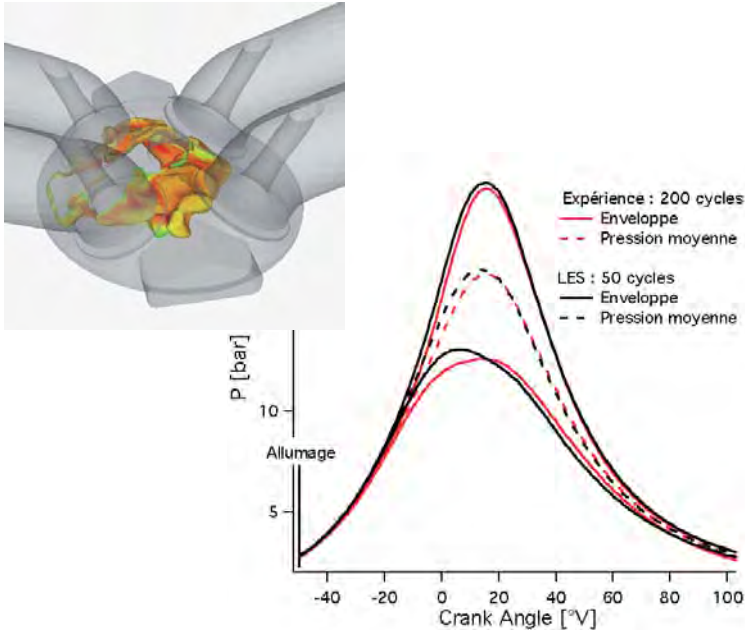


Figure: En haut à gauche: visualisation de la flamme de prémélange simulée par SGE. En bas à droite: reproduction des variabilités cycliques en terme de pression cylindre observée expérimentalement par la SGE.

Le résultat principal de SGE_{mac} est le développement de deux méthodologies SGE pour les moteurs à allumage commandé, l'une basée sur une simulation du moteur complet par SGE, l'autre basée sur une combinaison de simulation système pour les lignes d'admission et d'achoppement et de la SGE pour le cylindre. Les deux ont été développées et validées sur un cas « moteur entraîné » de la base de données, permettant d'en définir les éléments en termes de maillage, conditions aux limites et choix numériques. Ensuite, les efforts ont surtout porté sur la reproduction des cas instables. Les résultats obtenus ont montré la capacité des méthodologies développées avec AVBP à reproduire de façon très satisfaisante les variabilités cycliques observées expérimentalement. Publiés dans des revues à comité de lecture de premier rang international, ces travaux sont uniques au niveau mondial.

• Exploitation des résultats

La base de données acquise sera mise à disposition sur le site web de l'Engine Combustion Network des Sandia National Laboratories (USA), qui référence des données expérimentales pour la validation de techniques de simulation.

Les méthodologies SGE développées sont la base de travaux communs en cours par les partenaires de SGEmac et ayant pour objectif de disposer dans les 5 années à venir d'un outil SGE pour la simulation moteur dans un cadre industriel. Un premier élément concret en est l'étude par SGE de combustions anormales et de variabilités cycliques dans des moteurs IDE downsizés prévus dans le cadre du projet ANR/VTT ICAMDAC, et qui sont directement basés sur les méthodologies SGEmac.

Contacts :

Christian Angelberger,
IFP Énergies nouvelles
1-4, avenue de Bois Préau
92852 Rueil-Malmaison Cedex
christian.angelberger@ifpen.fr

Partenaires :

CERFACS
PSA Peugeot-Citroën
Renault

Labellisé par le pôle de compétitivité Mov'éo



OSCCAR'NOx : Outils de Simulation et de Compréhension de la Catalyse de Réduction des NOx

Renault
Fonds unique interministériel

Le projet OSCCAR'NOx a pour objectif de développer des outils de simulation et de compréhension des systèmes catalytiques de réduction des oxydes d'azote. Ces systèmes sont de deux types : le piège à oxyde d'azote (NOx-trap) et la catalyse sélective de réduction des oxydes d'azote par l'ammoniac (SCR-NH3). Ils équipent ou équiperont les véhicules industriels et légers pour répondre à la réglementation européenne en matière d'émission.

• Problématique

L'engagement CAFE (Clean Air For Europe) vise à réduire les émissions de CO₂ du parc automobile. Le moteur Diesel avec ses faibles consommations de carburant présente un réel avantage pour parvenir aux seuils imposés par la Commission européenne. Cependant le moteur Diesel doit aussi composer avec la réglementation 'Euro' qui fixe les seuils sur les émissions polluantes (hydrocarbures imbrûlés, monoxyde de carbone et oxyde d'azote). En 2014 la réglementation Euro6 imposera pour ces moteurs à combustion « à mélange pauvre » un système de post-traitement spécifique pour les oxydes d'azotes (NOx). Le projet OSCCAR'NOx vise à accroître nos connaissances et compétences sur ces systèmes de traitement des oxydes d'azote dont la maturité technologique n'est pas complètement atteinte.

• Déroulement de l'étude

Le programme du projet OSCCAR'NOx s'est déroulé selon 2 axes :

- le premier consiste à apporter les connaissances nécessaires à la compréhension des mécanismes physico-chimiques se produisant au sein des catalyseurs par la mise en place et l'exploitation de moyens d'essais à l'échelle du laboratoire et à l'échelle réelle, par la mise en place et l'optimisation des techniques de mesures de la composition des gaz.
- le second est la valorisation des connaissances apportées par les observations expérimentales sous la forme d'un outil de simulation du fonctionnement de ces systèmes en environnement réel, la finalité étant de disposer d'un outil numérique pour le dimensionnement et la mise au point.

Echelle pastille



*1,5 mg de catalyseur
Etude des réactions de surface
Etude des réactions en phase gaz*

Echelle carotte de monolithe



*6,4 mg et 270 mg de catalyseur
Etude des réactions en phase gaz*

Echelle réelle



*100 g de catalyseur
Etude des réactions en phase gaz*

Moyens mis en œuvre dans le projet

• Résultats

Les travaux réalisés au cours de ce projet ont permis d'atteindre les objectifs annoncés, à savoir :

- l'identification de mécanismes chimiques déterminants pour la définition des catalyseurs de DéNOx, et non révélés encore dans la littérature.
- l'adaptation des moyens d'essais laboratoire et des techniques d'analyse permettant l'évaluation de catalyseurs industriels dans des conditions représentatives de celles d'un échappement d'un moteur Diesel (mélange de gaz complexe).
- la validation des différents moyens d'essais mis en œuvre, en obtenant des résultats en cohérence sur banc moteur, banc laboratoire à l'échelle de pastille, de carotte de monolithe et de monolithe taille réelle.
- le développement de deux modèles simulant le fonctionnement des systèmes NOx-Trap et SCR.
- l'intégration de ces modèles dans la plate-forme de simulation métier AMESim.

Détail des résultats obtenus par partenaires

Laboratoire de Réactivité des Surfaces (Université P et M Curie)

Le projet a permis l'acquisition d'une expertise sur les réactions à l'échelle de la carotte de monolithe (2 laboratoires en France la possèdent aujourd'hui).

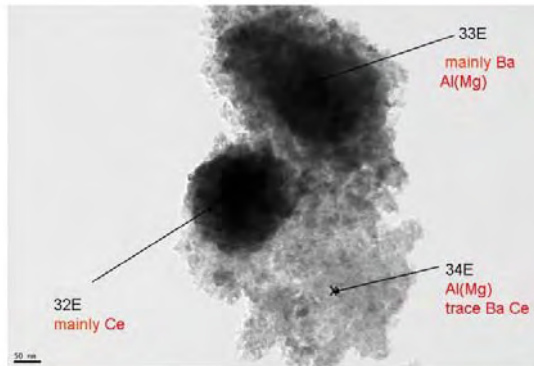
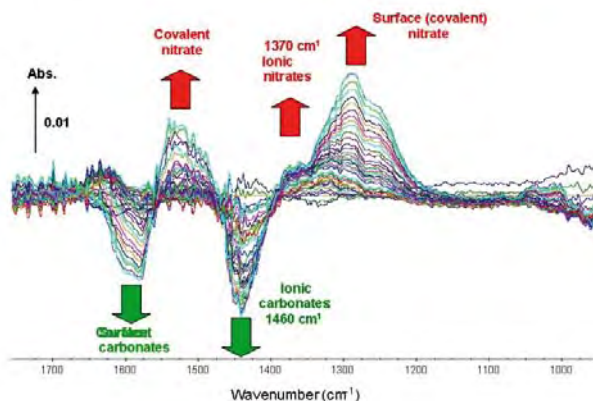


Image du matériau NOx-Trap obtenue par microscopie électronique à transmission

Laboratoire de Catalyse et Spectroscopie (ENSI Caen)

Le projet a permis de développer une méthode d'analyse des gaz in-situ par spectroscopie infra-rouge dans un environnement de gaz complexe et sur un catalyseur industriel.



Spectres infra-rouge montrant l'évolution des espèces de surface au cours d'un stockage NOx

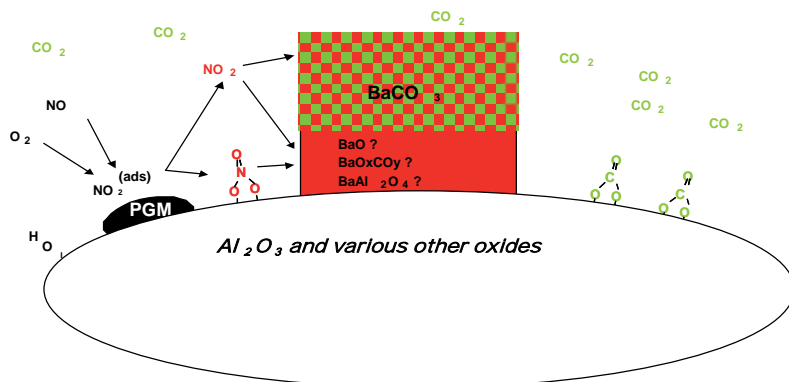


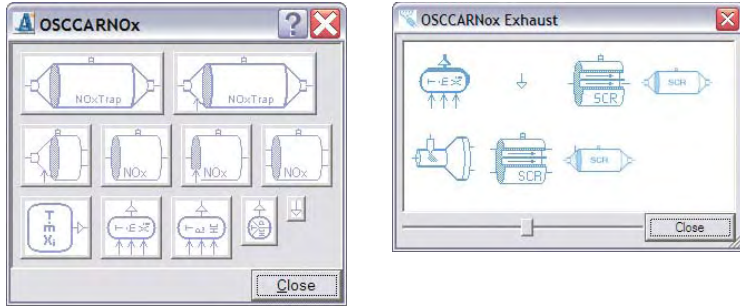
Illustration du mécanisme de stockage des NOx au sein du piège à NOx.

CERTAM

Le projet a permis la mise au point et la gestion de systèmes complexes d'injection de gaz réducteur au banc moteur. Le partage des procédures de test entre les différents partenaires a permis de trouver des efficacités de réduction des NOx en accord sur les 3 moyens d'essais et les 3 échelles de catalyseur

LMS

Le projet a permis à LMS, l'acquisition de compétences sur la modélisation de la catalyse ; la validation des choix de modélisation de la plateforme ; la mise à disposition de la plate-forme AMESim pour les travaux de modélisation ; la promotion de l'outil chez Renault.



Éléments NOx-Trap et SCR de la librairie Exhaust développée dans le cadre du projet

RENAULT

Les résultats du projet sont pour Renault : l'enrichissement de ses connaissances sur la catalyse de « DéNOx » et sur les mécanismes réactionnels associés, qui ont été implantés dans les modèles. Le projet a donc permis d'accroître la maturité des outils de simulation qui sont utilisés maintenant par les métiers en charge de la définition technique des systèmes de post-traitement.

Le projet a permis à l'ensemble des acteurs de définir une procédure et des méthodologies communes conduisant à une cohérence entre les résultats issus des différents supports d'essais.

• Perspectives

Afin de rendre les outils plus prédictifs, il reste à intégrer de nouvelles fonctions telles que le vieillissement ou la charge en métal précieux.

Ces sujets, qui nécessitent une étude approfondie des matériaux, sont regardés dans le projet ATMO (After-treatment modeling, projet ANR programme VTT 2009) dont l'objectif est d'investiguer les points suivants :

- les mécanismes de vieillissement des catalyseurs DéNOx
- l'impact de l'état de vieillissement sur l'activité du catalyseur
- l'impact de la composition d'un catalyseur déNOx sur ses performances (métaux précieux, support)

L'objectif final de ce projet est de parvenir à un outil de conception de lignes d'échappement Euro 6 et post-Euro 6.

Contacts :

Xavier Jeandel
Renault
Centre Technique de Lardy
FR CTL L47 2 61
1 allée Cornuel,
91510 Lardy
xavier.jeandel@renault.com

Pierre Darcy
Renault Losange
FR TCR LAB 0 12
1 av du Golf
78288 Guyancourt Cedex
pierre.darcy@renault.com

Partenaires :

CERTAM : Centre d'Etude et de Recherche en Aérothermie
Moteur

LCS : Laboratoire de Catalyse et Spectrochimie (CNRS,
Université de Caen, ENSI Caen)

LRS : Laboratoire de Réactivité de Surface (CNRS et Université
P. et M. Curie)

LMS-Imagine

Labellisé par le pôle de compétitivité Mov'éo

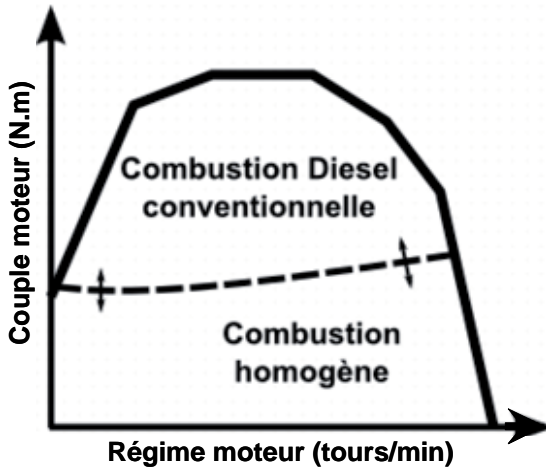


TOM : TwO Modes Engine. Le moteur bi-mode ou comment consommer moins et polluer moins... Quand la combustion propre remplace un système de post-traitement à efficacité limitée...

Renault Trucks
Agence nationale de la Recherche

Ce projet a exploré durant deux ans (2007 à 2009) le potentiel d'une combustion à bas niveau de NOx (oxydes d'azote) pour les futurs moteurs utilisés dans les Poids Lourds routiers.

Il a permis d'atteindre avec succès l'objectif initial : limiter les émissions de NOx formées au cours de la combustion, sur une zone du champ moteur située jusqu'à mi charge (cf. graphique). Dans cette zone, l'efficacité des systèmes de post-traitement classiques de type SCR (Selective Catalyst Reduction fonctionnant à l'urée) est a priori limitée, en raison du faible niveau de température en amont de ces systèmes de post traitement.



Le gain obtenu en termes d'émissions de NOx, grâce au mode de combustion de type HCCI (Homogeneous Charge Compression Ignition) sur les faibles charges (en comparaison à une approche classique de type SCR pour laquelle les réglages de la combustion sont très différents), permet de relâcher les contraintes en termes d'émissions brutes de NOx pour les conditions de pleine charge, pour lesquelles on peut donc limiter les taux d'utilisation d'EGR (Exhaust Gas Recirculation, ou Recirculation des Gaz d'Échappement vers l'admission) particulièrement pénalisants en termes de consommation (contre-pression échappement), de puissance thermique à évacuer et de densité de puissance.

Pour la première fois, une approche globale d'optimisation du couple « moteur / système de post-traitement » a été exploitée. L'utilisation de cette combustion de type « bas NOx » sur une zone adéquate a en effet apporté un levier supplémentaire dans l'optimisation des émissions et de la consommation globale du couple « moteur + système de post-traitement ».

Ce projet a permis d'atteindre un gain en consommation totale de l'ordre de 2% sur cycle normalisé, en prenant en compte la consommation du carburant additionnée de celle de l'urée. La référence est la consommation d'un moteur de série en circulation en 2010 avec des niveaux d'émission de polluants équivalents. Ce gain est très important pour un exploitant de flotte de véhicules : il représente en effet 900 litres de carburant par an pour un véhicule de 40 tonnes parcourant en moyenne 150 000 km.

• Problématique

En combustion diesel classique, le carburant est introduit dans la chambre de combustion vers le point mort haut de la course du piston, et une flamme se développe autour du jet de carburant. En son centre chaud et plus riche en carburant qu'en oxygène, les suies se forment. A sa périphérie où le mélange air/carburant atteint la stœchiométrie grâce à l'effet bénéfique des mouvements aérodynamiques de type vortex qui véhiculent l'oxygène dans le jet, la combustion se déroule à très hautes températures, conditions idoines à la transformation de l'azote en oxydes d'azote. Pour éviter la création de suie et/ou d'oxydes d'azote, l'approche proposée consiste à éviter ce type de flamme et à promouvoir la combustion d'un mélange homogène de carburant. La combustion homogène demande donc un pré-mélange air/carburant (comme pour un moteur à allumage commandé en injection indirecte d'essence), qui brûlera suivant un processus d'auto-inflammation (comme pour un moteur diesel). Le pré-mélange est obtenu dans le cadre de ce projet par une injection relativement précoce lors de la remontée du piston, 20° à 40° vilebrequin avant le point mort haut. Par contre, pour maîtriser le dégagement d'énergie de cette combustion en masse, il faut recourir à des quantités importantes d'EGR (qu'on arrive à bien gérer à faibles charges), mais, surtout, il faut modifier le rapport volumétrique de compression du moteur, typiquement en le réduisant de 16 :1 à 14 :1. Ce type de combustion fortement diluée avec de l'EGR, ne forme quasiment pas d'oxydes d'azote ni suies jusqu'à mi-charge. Y avoir recours est d'autant plus intéressant qu'elle est parfaitement adaptée aux zones de fonctionnement du moteur où les températures d'échappement sont trop faibles pour permettre un rendement suffisant des systèmes de post-traitement : SCR (Selective Catalyst Reduction) pour les oxydes d'azote, et DPF (Filtre à particules) pour les particules.

• Déroulement de l'étude

Une première phase du projet a consisté à définir l'architecture du moteur qui permette de faire fonctionner ce type de combustion. Cette phase s'est déroulée par l'utilisation de modélisation 1D du moteur et de modélisation 3D de la combustion pour déterminer l'optimum quant à la définition de la chambre de combustion.

Ensuite, des essais multicylindres en cellule ont pu être réalisés.

Les données ont finalement été exploitées, comparées aux valeurs de référence sur un moteur équivalent utilisant une combustion plus conventionnelle. Une approche globale tenant compte de l'efficacité des systèmes de post-traitement a permis d'optimiser les réglages.

• Résultats

Les émissions mesurées en amont du système de post-traitement sont compatibles avec les normes d'émissions Euro VI (moins de 0.4 g/kWh d'oxydes d'azote) jusqu'à 40% de charge (équivalent à 40% d'enfoncement de la pédale d'accélérateur). Ceci met clairement en évidence l'efficacité de ces combustions sur la réduction à la source des émissions de polluants. Au-delà des 40% (c'est-à-dire à fortes charges), le système de post-traitement permet de réduire les émissions au seuil exigé par les normes. En résumé, cette approche bi-mode se révèle être une véritable alternative aux approches plus conventionnelles, notamment sur le bilan « émissions / consommations ».

Les principales retombées techniques de ce projet sont notamment les suivantes :

- la définition de la boucle d'air et plus précisément de la suralimentation,
- la définition du circuit d'EGR : dimensionnement du circuit et son refroidissement,
- le rapport volumétrique optimal en fonction des contraintes globales du moteur (Pcyl) et de démarrage à froid,
- le dimensionnement du système de post-traitement (SCR),
- la définition optimale de la géométrie de la chambre de combustion en fonction de la définition technique du système d'injection.

• Exploitation des résultats

Ce projet a montré qu'un gain de l'ordre de 2% en consommation totale, prenant en compte la consommation du carburant additionnée de celle de l'urée, peut être escompté avec ce moteur prototype par rapport à une approche plus classique avec un niveau d'émission équivalent. Ceci inclut une architecture complète intégrant l'EGR basse pression ainsi que des pistons à rapport volumétrique de 14:1. Signalons qu'une réduction de 2% de la consommation est une performance remarquable sur ce type de motorisation, déjà très fortement optimisé. Ce gain, qui pouvait être jugé comme en deçà de nos attentes en 2009, a pu être encore amélioré par la suite, et notamment à travers le projet FUN2 (projet complémentaire à TOM, qui a porté notamment sur le réglage de l'EGR) ; finalement un gain de 3.6% en consommation totale a pu être mis en évidence par rapport à un moteur similaire utilisant une combustion plus conventionnelle. Le critère retenu est celui d'un cycle transitoire typique de l'utilisation d'un poids lourd de 40 tonnes en usage normal, soit plus de 1600 litres de carburant qui ne finiront pas en CO2 sur 150 000 km parcourus en moyenne par an !

Contacts :

Benoît Lombard
Renault Trucks SAS
99, route de Lyon
69780 Saint Priest
benoit.lombard@volvo.com

Partenaire :

IFP Energies nouvelles

Projet labellisé par le pôle de compétitivité « Lyon Urban Truck & Bus » (LUTB)



STEEM : Système Tramway à Efficacité Energétique Maximisée

Alstom Transport
Ademe (plan VPE)

Les travaux du Projet STEEM ont porté sur :

- *un Système de Stockage de l'Energie embarqué à supercondensateurs, son intégration sur rame, les stratégies de gestion de l'énergie, un système de recharge rapide en station et l'exploitation en service commercial avec voyageurs de la rame équipée ;*
- *la sécurité d'un système de batteries NiMH ;*
- *les convertisseurs à pont commandé rendant réversibles les sous-stations de distribution d'énergie.*

• Problématique

Les tramways modernes disposent du freinage régénératif. Lorsqu'un véhicule freine électriquement, son énergie de freinage est renvoyée dans la ligne de contact. La ligne est dite réceptive si un autre véhicule est suffisamment proche et a besoin d'énergie, auquel cas l'énergie de freinage est utilisée par cet autre véhicule. Lorsque la ligne n'est pas réceptive, l'énergie de freinage est dissipée dans des rhéostats de freinage embarqués.

Afin d'optimiser le bilan énergétique d'un système de transport Tramway, le projet STEEM a exploré deux axes d'amélioration :

- augmenter la réceptivité de la ligne à une valeur > 99% en rendant réversibles les sous-stations de traction par l'utilisation de convertisseurs à ponts commandés ;
- stocker l'énergie de freinage électrique dans des supercondensateurs à bord du véhicule pour la réutiliser ultérieurement par le même véhicule en phase de traction.

Par ailleurs, pour répondre à la demande croissante des municipalités d'effacer la ligne aérienne de contact du tramway sur une portion du parcours, le projet STEEM a étudié deux technologies de stockage de l'énergie embarquée :

- exploiter le tramway équipé de supercondensateurs en simulant l'absence de caténaire sur une interstation
- étudier la sécurité d'un système de batteries de type NiMH respectant les normes « feu-fumée », développer et valider une loi de régulation thermique des batteries, tester un pack complet sur banc.

• Déroulement de l'étude

Démonstrateur tramway à supercondensateurs sur ligne RATP T3

Un Système de Stockage de l'Energie (SSE) a été développé et une rame de tramway de la RATP circulant sur la ligne T3 a été modifiée pour recevoir ce pack. Les essais de mise au point et de validation ont été réalisés et la rame a été exploitée en service commercial pendant plusieurs mois. Le véhicule est un Citadis 402, mesurant 43 m de long et 2,65m de large, pesant 57 tonnes à vide et 86 tonnes en charge à 6 passagers/m² (417 passagers).

L'élément de stockage fourni par Batscap est un module supercondensateurs 54 V – 130 F, chaque module étant constitué de 20 cellules 2 600 F en série. Le coffre complet installé sur le tramway comporte 48 modules, répartis en 6 branches en parallèle de 8 modules en série. L'énergie utile sous 2,5 V est égale à 1,62 kWh.



Figure 1: coffre de supercondensateurs et électronique de puissance

La toiture du véhicule a été réaménagée pour pouvoir y installer le coffre.

Un système de recharge rapide en station utilisant une caténaire rigide a été testé, car la ligne aérienne de contact usuelle n'est pas dimensionnée pour les échauffements induits par les courants élevés de recharge rapide permettant d'enchaîner plusieurs interstations consécutives.

Sécurité et test de batteries NiMH

Un nouveau plastique pour les modules électrochimiques a été qualifié pour que le système respecte les normes « feu-fumée » en vigueur. SAFT a développé et validé une loi de régulation thermique des batteries et une batterie a été testée sur banc pour permettre le couplage à une chaîne de traction tramway.

Sous-station réversible

Un prototype de convertisseur de sous-station de 300 kW a été fabriqué, testé et installé sur la ligne expérimentale de La Rochelle.



Figure 2: sous-station réversible à La Rochelle

Les mises au point et essais sur site ont duré six mois et ont permis de démontrer que les objectifs fixés sur la récupération d'énergie et la qualité du courant renvoyé sur le réseau public ont été respectés.

• Résultats

Démonstrateur tramway à supercondensateurs sur ligne RATP T3

De nombreux essais sur les modules de supercondensateurs ont été réalisés, dont des essais abusifs. La rame de la RATP est retournée à l'établissement de la Rochelle en août 2008 pour être modifiée, recevoir le coffre supercondensateurs et subir les essais de mise au point.

CERTIFER a été choisi comme EOQA matériel roulant et système global. Au terme des évaluations, la Préfecture de la région d'Ile-de France a signé le 02/07/09 l'arrêté autorisant les essais en service commercial avec voyageurs sur la ligne T3.

De mi-2009 à septembre 2010, la rame équipée de supercondensateurs a parcouru plus de 2300 allers-retours, soit 37 000 km. La rame a roulé en autonomie (c'est-à-dire pantographe baissé) sur l'inter-station Porte d'Italie - Porte de Choisy d'une longueur d'environ 300m.



Figure 3: Plan de la ligne T3 et zone en autonomie



Figure 4 : Rame roulant pantographe baissé

Les mesures de consommation d'énergie relevées entre mi-mai et mi-septembre 2010 permettent d'observer un gain compris entre 8 et 22%, avec une moyenne de 16%. Aux heures où la fréquence des tramways est réduite (nuit), le gain mesuré a pu atteindre les 30%. Il faut rappeler que dû à la fréquence élevée de rames, la ligne T3 est très réceptive comparée à d'autres réseaux. L'influence de la température et du nombre de trains en ligne sur le gain a été également vérifiée

Sécurité et test de batteries NiMH

Les essais réalisés sur le banc de test à Tarbes ont permis de tester la batterie dans un environnement représentatif d'un tramway, de vérifier le comportement de la batterie lors de cycles d'utilisation représentatifs de la marche réelle et de valider le dimensionnement du système de régulation thermique de la batterie.

Sous-station réversible

Les essais en redresseur avec filtrage actif, les essais en récupération avec réinjection sur le réseau EDF, les essais de régulation de tension et de puissance, avec un et deux véhicules ont donné des résultats satisfaisant sur la voie d'essais de La Rochelle. De même pour les essais thermiques, acoustiques et de compatibilité électro-magnétique. Sur la base de ces essais, des simulations d'économies d'énergie sur des applications réelles de ligne de tramway montrent une réceptivité > 99% et des économies d'énergie annuelles de ~21%

• Retombées du projet

Les supercondensateurs permettent de répondre aux besoins identifiés que sont l'effacement partiel de la caténaire et la réduction de la consommation d'énergie. Suite à ce projet, Alstom Transport a lancé l'industrialisation de SSE basé sur la technologie des supercondensateurs.

Le développement d'une sous-station première de série 750V/900kW est également lancé, et l'utilisation de sous-station réversible préconisée dans les cahiers des charges des futurs systèmes de transport. Le projet a contribué à l'établissement d'une TecRec (UIC-UNIFE Technical Recommendation) sur les sous-stations réversibles

Le projet STEEM a permis à SAFT de maîtriser l'intégration et le fonctionnement de systèmes complexes, d'améliorer la fiabilité et la sécurité des systèmes batteries, d'établir les concepts de système batterie pour préparer l'introduction du Li-Ion dans l'application ferroviaire.

Chaque projet nécessite une analyse au cas par cas pour déterminer la meilleure solution en fonction des contraintes particulières.

Contacts :

Jean-Paul Moskowitz
Alstom Transport
48 rue Albert Dhalenne
93482 Saint-Ouen Cedex
jean-paul.moskowitz@transport.alstom.com

Partenaires :

RATP
SAFT
CONVERTEAM
G2Elab
IFSTTAR

GEODE : GEstion Optimisée de l'Energie

Renault-Trucks
Fonds unique interministériel

Le projet GEODE (2007-2011) a contribué à la production en série de camions de moyen tonnage hybrides «diesel-électrique» et à la préparation des futures générations de ces véhicules. Coordonné par RENAULT TRUCKS en collaboration avec SAFT, MARTEK POWER et l'IFFSTAR, GEODE a favorisé l'intégration, sur des véhicules destinés à différents usages, d'une nouvelle chaîne de propulsion à l'efficacité énergétique accrue et aux nuisances réduites. Les travaux ont permis des avancées importantes dans l'augmentation de la performance des batteries, dans leur adaptation et dans le fonctionnement en mode tout électrique du véhicule.

• Problématique

Renault Trucks est, au sein du groupe Volvo, le centre d'excellence mondial pour les véhicules hybrides. Sa mission est de gérer les développements qui permettront au groupe de disposer, à court terme, d'une offre technique et commerciale de camions de 19 à 26 tonnes et de préparer la future génération de véhicules.



L'enjeu du projet GEODE était d'intégrer, sur des produits existants, une nouvelle chaîne de propulsion hybride diesel-électrique améliorant significativement l'efficacité énergétique des véhicules et adaptable à la variété d'usages connue dans le domaine de la distribution et de la livraison en milieu urbain (collecte des ordures ménagères, transport sous température dirigée, approvisionnement de chantiers urbains, etc....)

Les objectifs poursuivis étaient une économie de carburant de l'ordre de 20 %, une réduction des émissions polluantes et de dioxyde de carbone du même niveau. Il était également recherché un fonctionnement silencieux dans des zones protégées ou pour des livraisons de nuit grâce à un mode tout électrique et à un système arrêt/redémarrage automatique.

• Déroulement de l'étude

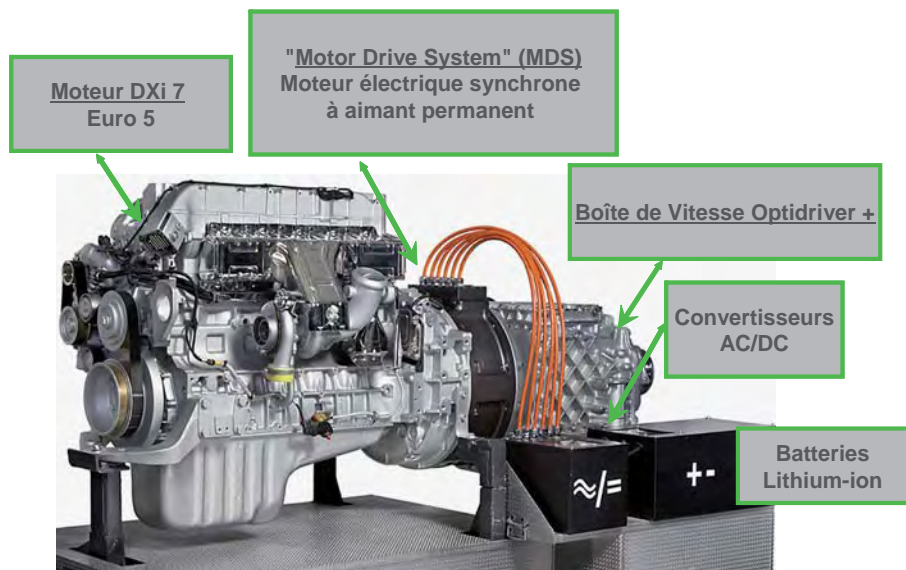
Le projet GEODE a été financé à hauteur de 7,5 millions d'euros par le F.U.I., le FEDER, la Région Rhône-Alpes et le Grand Lyon. Renault Trucks s'est associé à Saft (batteries), Martek Power (systèmes de conversion d'énergie électrique) et l'IFSTTAR via son laboratoire Transport et Environnement. GEODE a été labellisé par le pôle de compétitivité Lyon Urban Truck and Bus (LUTB).

Le premier volet du projet (2007-2011) a consisté à développer et à intégrer une chaîne de propulsion hybride parallèle puis à l'éprouver en conditions réelles d'exploitation. Au total, 9 véhicules ont été réalisés, dont 3 démonstrateurs. Ils ont tous fait l'objet d'une évaluation avec des clients pilotes, pour des durées variables, afin de valider une offre commerciale dont le démarrage de production est programmé à partir de 2011.

Le deuxième volet (2009-2011) a été consacré à des travaux de recherche avancée pour préparer les futurs véhicules hybrides, notamment en vue de leur conformité aux futures exigences réglementaires en matière d'émissions polluantes des moteurs (norme Euro VI). Ils ont été répartis en deux phases : d'une part, le développement et l'épreuve d'une nouvelle génération de batteries haute densité (2009-2010); d'autre part, l'intégration d'une nouvelle architecture électrique avec une réserve d'énergie supérieure, obtenue via une recharge sur le réseau domestique, pour couvrir tous les besoins du véhicule en roulage et à l'arrêt. Dans les deux cas, un véhicule démonstrateur a été réalisé.

• Résultats

GEODE a permis de valider l'intégration d'une chaîne de propulsion composée d'un moteur diesel Euro V de 7 litres associé à un moteur électrique de 120 kW, ce dernier étant alimenté par une batterie lithium-ion refroidie par eau et gérée électroniquement. La récupération d'énergie électrique à la décélération et au freinage, l'arrêt-redémarrage automatique en mode électrique et le contrôle électrique de la direction ont été les principales fonctionnalités retenues.



Les expérimentations ont confirmé la fiabilité des composants et l'efficacité de fonctionnement d'un réseau électrique embarqué sous tension de 600 volts. Le système s'est révélé efficace à basse température. Les objectifs d'économie de carburant de l'ordre de 20 % ont été atteints et la performance acoustique a approché le standard PIEK (72 dB(A) pour les camions) en mode tout électrique. Le comportement du véhicule (manœuvrabilité et confort) a été amélioré.

La recherche sur les futures générations de véhicules a permis, dans premier temps, le développement d'un prototype de batterie lithium-ion puis son intégration sur un véhicule démonstrateur Renault Premium Distribution en parfaite cohérence avec les interfaces présentes. Pour une puissance égale à celle de la batterie remplacée, le dispositif offrait une meilleure opérabilité à froid et présentait un encombrement et un poids inférieurs.

Dans une deuxième phase, une nouvelle architecture électrique a pu être développée avec une batterie disposant de 12 fois plus d'énergie utile que le prototype de la phase 1 et conçue pour fonctionner dans un éventail très large de températures. Le dispositif a été rendu plus compact grâce à une intégration des divers convertisseurs d'énergie en un seul module et à la mise en œuvre d'un circuit de refroidissement unique pour l'ensemble de la fonction hybride. Le passage à une batterie haute énergie, rechargeable à partir du réseau domestique, a permis d'augmenter considérablement l'efficacité énergétique (de 10 % supérieure à celle de l'hybride de la phase 1, elle-même supérieure de 20 % à celle d'un véhicule Diesel) et de faire fonctionner un équipement grâce à une prise de force électrique. Au printemps 2011, la nouvelle architecture équipera un véhicule démonstrateur Renault Premium Distribution équipé d'une caisse frigorifique.

GEODE a favorisé l'acquisition de compétences dans des domaines nouveaux pour un constructeur de camion, liés à l'électricité en haute tension. Ce fut le cas dans le secteur de la recherche et développement, dans les métiers de l'après-vente comme dans les unités de fabrication qui produiront en série la première génération de véhicules hybrides à partir de 2011. Le projet a été à l'origine du dépôt d'une vingtaine de brevets.

Contacts :

Jean Gauquelin
jean.gauquelin@renault-trucks.com

Thierry Perret
thierry.perret@volvo.com

Renault Trucks
99, route de Lyon
69780 Saint Priest

Partenaires :

Saft
Martek Power
Ifsttar

Labellisé par le pôle de compétitivité « Lyon Urban Truck and Bus » (LUTB)

PIREP : Procédé innovant de réduction des émissions particulaires

Ircelyon (Institut de Recherches sur la Catalyse et l'Environnement de Lyon)
Ademe

Le projet PIREP a permis l'élaboration d'un dispositif expérimental unique en France qui permet de générer des particules de suies en suspension dans un mélange réactionnel gazeux proche de celui émis par un moteur Diesel. Un réglage adéquat du brûleur permet de générer des suies représentatives de celles des moteurs Diesel à la fois en taille, en concentration et en composition chimique. Grâce à ce dispositif, le programme PIREP a permis de démontrer l'activité catalytique pour la combustion de la suie de céramiques conductrices ioniques et de mettre au point de nouvelles compositions de catalyseurs pérovskites. Certaines formulations développées, toutes exemptes de métal noble, ont été mises en œuvre dans la porosité de filtres à particules en carbure de silicium et présentent une activité catalytique pour la combustion de la suie dès 350°C. Enfin, le programme PIREP a permis de mettre en évidence l'émission de particules de suies ultrafines (1 à 2 nm) notamment lors de la régénération des filtres à particules.

• Problématique

Les filtres à particules sont incontournables pour limiter les rejets de particules émises par les moteurs Diesel et leur usage s'est généralisé en Europe. A ce jour, des technologies efficaces de combustion des suies existent et ont fait leurs preuves comme la technologie développée par PSA et Rhodia mise en place dès 2000 consistant à introduire un catalyseur de combustion des suies dans le carburant gazole (technologie « Fuel Born Catalyst », FBC). Une autre technologie consiste à enduire le filtre à particules avec un catalyseur à base de métal noble. Bien que les technologies FAP-FBC et filtre à particules (FAP) enduit soient actuellement bien établies, il reste cependant nécessaire d'étudier des solutions alternatives car les solutions actuelles entraînent toutes une surconsommation de carburant en raison de la nécessité d'élever la température du filtre à particules pour brûler les suies. Pour la technologie FAP-FBC une température entre 450 et 500°C doit être atteinte pour régénérer le filtre alors qu'il faut au moins 600-650°C pour régénérer un filtre enduit ce qui entraîne dans ce cas une pénalité significative en carburant.

L'objectif principal du projet PIREP était de mettre au point une technologie permettant de régénérer le filtre à particules à basse température, vers 350°C, pour s'affranchir de la pénalité en carburant. D'autre part, le projet PIREP s'est fixé comme objectif de ne pas utiliser des métaux nobles dont les ressources à moyen terme vont s'épuiser.

• Déroulement de l'étude

Le projet PIREP a permis l'élaboration d'un dispositif expérimental unique en France qui permet de générer des suies en suspension dans un mélange réactionnel gazeux proche de celui émis par un moteur Diesel. Il permet de faire varier la concentration et la taille des particules de suies en fonction du point de fonctionnement du brûleur (gamme de taille centrée entre 30 et 90 nm). La concentration en suie peut être ajustée ainsi que la fraction organique des suies (Figure 1).

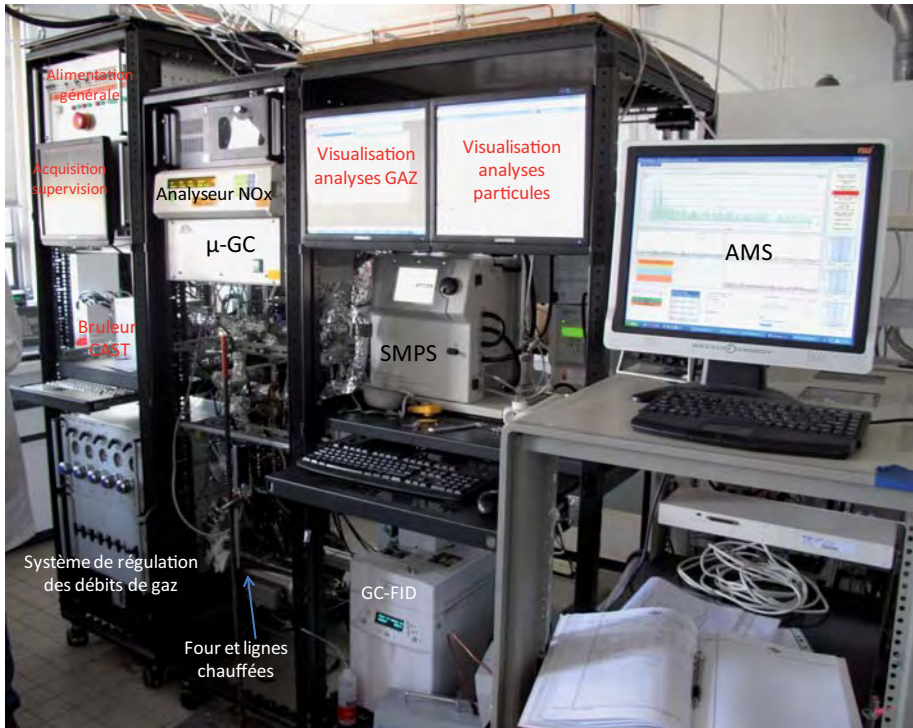


Figure 1 : Photographie du banc de catalyse PIREP.

Les suies en suspension sont générées à partir d'un brûleur basé sur la combustion du propane. La flamme produite est coupée par un débit d'azote qui se charge en particules de carbone. La taille des particules peut être ajustée en faisant varier le mélange comburant/combustible, ce qui a pour effet de modifier la hauteur de la flamme. Outre les particules, le gaz contient de l'oxygène et des traces de H₂O, CO et CO₂ issues de la flamme. Afin de simuler la composition d'un échappement de moteur Diesel, un certain nombre de gaz additionnels sont ajoutés au flux de particules de suie. Il s'agit de CO, CO₂, NO, C₃H₆ et C₃H₈ et O₂.

Les débits des gaz additionnels sont ajustés pour obtenir la composition du mélange réactionnel souhaité. Deux campagnes de mesures communes entre plusieurs partenaires du projet ont été conduites durant laquelle trois analyseurs de particules de suie ont été utilisés :

- le SMPS (Scanning Mobility Particulate Sizer) pour le nombre et la taille des particules.
- l'AMS (Aerosol Mass Spectrometer), instrument permettant l'étude des composés particuliers non-réfractaires (principalement composés organiques, dont les HAPs (Hydrocarbures Polycycliques Aromatiques).
- l'AIS (Aerosol Ion Spectrometer), instrument permettant l'étude de la distribution granulométrique des particules et des ions de diamètre compris entre 1 nm et 45 nm.

Le banc de catalyse PIREP permet d'évaluer à la fois l'efficacité de filtration de mini filtres à particules et leur activité catalytique dans des conditions opératoires proches du réel.

• Résultats

Le programme PIREP a permis de mettre en évidence l'activité catalytique pour la combustion de la suie de conducteurs ioniques comme la zircone dopée à l'oxyde d'yttrium ou la cérine dopée à l'oxyde de gadolinium. Ces oxydes sont capables d'activer la suie sans la présence de métal noble. Le projet PIREP a permis, en outre, de dégager un certain nombre de résultats et de données importants :

- une caractérisation approfondie des particules de suie émises par le brûleur en fonction de ses points de fonctionnement. Un mode de particules ultrafines (inférieures à 3 nm) a, par exemple, été mis en évidence,
- l'efficacité de filtration des FAP commerciaux en carbure de silicium est très bonne, même pour les particules ultrafines,
- des particules ultrafines (entre 1 et 25 nm) sont rejetées au moment du chargement (1011 particules par m³) et de la régénération (1011 particules par m³) des FAP.
- la présence d'un catalyseur d'oxydation en amont du FAP ne modifie pas le nombre de particules ultrafines émises, mais diminue la cinétique de nucléation en diminuant la quantité de vapeur condensable,
- les composés responsables de la formation de nouvelles particules ultrafines pourraient être uniquement des composés organiques, sans que l'acide sulfurique ne soit impliqué. Ce résultat implique une approche théorique nouvelle,
- le développement d'une formulation de catalyseur pérovskite actif à basse température en combustion des suies : $\text{La}_{0.5}\text{Sr}_{0.23}\text{Ag}_{0.27}\text{MnO}_{3-\delta}$ (LSAM). L'efficacité catalytique a été évaluée à la fois sur un catalyseur en poudre mais également enduit dans un FAP,

- des dépôts de manganite de lanthane et de cobaltite de lanthane ont été mis au point par pulvérisation réactive. Différentes formulations ont pu être élaborées, notamment celles contenant de l'argent. Une méthode pour l'élaboration de films de cobaltite de lanthane dopée à l'argent, poreux et nanofilaires, a été mise au point.

• Exploitation des résultats

Les résultats importants obtenus au cours du programme PIREP ont fait l'objet de dépôts de brevets. Ils seront utilisés et valorisés dans le cadre du projet ANR PIREP2 qui a débuté le 1er février. PIREP2 est un projet de recherche industrielle dont le principal objectif est le développement et l'optimisation, sur la base des résultats du projet PIREP, de FAP auto-régénérant constitués de céramiques conductrices ioniques, capables de brûler en continu les suies sans surconsommation de carburant et sans ajout de métal noble. PIREP2 devrait déboucher sur des prototypes de FAP à l'échelle un dont l'efficacité sera testée sur un banc moteur.

Contacts :

Philippe Vernoux
IRCELYON, Institut de Recherches sur la Catalyse et
l'Environnement de Lyon
Université Claude Bernard Lyon 1
2, avenue Albert Einstein
69626 Villeurbanne Cedex
Philippe.Vernoux@ircelyon.univ-lyon1.fr

Partenaires :

LaMP, Laboratoire de Météorologie Physique, UMR 6016
Clermont-Ferrand.
Institut Jean Lamour, IJL, UMR 7198, Nancy
LEPMI, Laboratoire d'Electrochimie et de Physicochimie des
Matériaux et des Interfaces, Grenoble.
LERMPS, Laboratoire d'Etudes et Recherches sur les
Matériaux, les Procédés et les Surfaces, Université de Techno-
logie de Belfort-Montbéliard.
PEUGEOT CITROËN AUTOMOBILES SA.
PVC S.A.R.L.

Energie et environnement : impacts

- **Le prix « Energie et environnement : impacts » a été attribué au projet :**

- **Exposition des citoyens aux polluants atmosphériques au cours de leurs déplacements dans l'agglomération parisienne – nouvelle évaluation dix ans après** (Laboratoire Central de la Préfecture de Police de Paris)

- **Les autres projets nommés sont :**

- **La nature au bord de la route : le cas des jardins partagés de l'agglomération grenobloise** (Laboratoire CRESSON - CNRS Grenoble)

- **Exposition des femmes enceintes à la pollution d'origine automobile dans l'étude InciTra** (Ifsttar)

- **PPTA : Pollutions de Proximité, Transport et Agriculture** (INRA-Agro ParisTech)

- **Les infrastructures routières, les paysages et les écosystèmes** (Atelier Thalès)

La nature au bord de la route ; le cas des jardins familiaux de l'agglomération grenobloise

Centre de Recherche sur l'Espace sonore et l'Environnement urbain (CRESSON – CNRS, ENSA Grenoble)
MEDDTL (DRI)

Cette recherche propose d'évaluer les enjeux, en termes de développement urbain et en termes écologiques, portés par les jardins familiaux -lotissements de jardins dissociés de l'habitation et cultivés par des jardiniers amateurs- qui sont partie prenante des relations entre nature et urbanisation. Prenant comme cadre territorial d'étude le cas de Grenoble Sud, on constate que ces jardins sont pour la plupart situés, comme souvent en d'autres villes, sur des territoires résiduels de bord de route et de voie ferrée. Ils forment des situations de chocs entre des milieux très opposés, dont les qualités et les défauts ont jusque lors été peu étudiés. La recherche interroge l'impact à grande échelle de ces fragments jardinés en bord de route, comme leurs modes d'existence et d'usage. Quelle place de telles natures peuvent-elles prendre en bord d'infrastructures périurbaines et quel rôle peuvent-elles jouer ?

Au regard des méthodes de travail mises en oeuvre, l'enjeu et l'innovation de cette recherche sont de tenter d'identifier et d'articuler les critères écologiques (biodiversité, circulation du vivant) et ceux des ambiances (pratiques sociales et jardinières, perceptions sensibles et milieu physique). En ce sens, les connaissances recueillies in situ relèvent de différentes techniques. Il s'agit à la fois d'explorer les effets des pratiques jardinières et habitantes en termes d'ambiance (façonnage d'un milieu physique et sensible localisé) par l'observation et l'enquête selon les configurations spatiales et sociales existantes, et, en termes écologiques (apport éventuel des jardins à une biodiversité) de relever in situ les espèces (faune - flore) qui s'y développent. En se déployant autour de ces deux angles d'analyse, l'objectif de la recherche est d'évaluer les qualités de ces situations où infrastructures et jardins se confrontent. Dans une optique prospective, il s'agit de dégager et mettre en débat les potentialités qualitatives de transformation en testant le développement de ces jardins familiaux comme vecteur de projet urbain et social. Si, en créant des territoires résiduels peu convoités car bruyants et pollués, routes et voies ferrées accueillent des jardins, en retour, ces jardins permettraient-ils d'envisager une conception alternative de ces infrastructures, à la fois à l'échelle de l'expérience locale et à celle du territoire ?



Erik Johansson, graphiste, <http://www.alltellinget.com/>



*Jardins sauvages entre voie ferrée et rocade Grenoble
(Photographie G. Chelkoff)*

De l'automne 2009 au printemps 2010, un recensement des jardins familiaux grenoblois de bord de route et de voie ferrée a été conduit. Quatre sites de jardins ont été retenus. Ces sites ont des superficies équivalentes et sont tous les quatre destinés à la classe ouvrière (la location annuelle d'une parcelle de jardin s'élève à 50 euros). Ils présentent des modalités d'articulation avec la route et la voie ferrée différentes et des structures différentes (dispositions des jardins entre eux, hauteur et opacité des clôtures, cheminement, etc.). Afin d'identifier les ambiances de ces quatre sites, nous y avons réalisé des prises de son, mené des observations ethnographiques et conduit des entretiens semi-directifs avec les jardiniers et responsables. Des relevés faune-flore ont été réalisés sur ces sites afin d'évaluer leur biodiversité (spécifique) et leurs caractéristiques écologiques (habitats spécifiques et circulation des espèces) au regard de leur situation territoriale, de leur structure et des pratiques jardinières et des usages qui s'y développent. Ces évaluations sont faites de manière à tirer des critères croisés.



De gauche à droite, Marine Linglart (écologue), Grégoire Chelkoff (architecte) et Magali Paris (paysagiste) sur le terrain

En parallèle des travaux menés sur les jardins, des données ont été récoltées sur l'histoire des infrastructures, sur les facteurs d'ambiances qui les caractérisent (niveau sonore, qualité de l'air) et sur leurs évolutions dans l'histoire, ainsi que les réflexions actuelles concernant leur transformation. Afin d'amorcer une première réflexion sur le devenir de ces territoires d'infrastructures, nous avons mené en parallèle de l'approche in situ trois expérimentations pédagogiques avec 350 étudiants en master d'architecture au premier et au deuxième semestre de l'année scolaire 2009-2010 et au premier semestre de l'année scolaire 2010-2011.

Sur le plan du croisement des informations et des intentions de transformation, un outil cartographique collaboratif, que nous avons nommé « carte des potentialités », est en cours d'élaboration. Cette carte est centrée sur les grands axes routiers et ferroviaires grenoblois. Elle répertorie les jardins familiaux ainsi que des délaissés de pleine terre se trouvant en bord de route et de voie ferrée. Elle rassemble les données écologiques, d'ambiances et d'usages que nous avons recueillies in situ et propose, en croisant ces données, d'envisager des pistes de transformation et / ou de développement des jardins, des délaissés et des territoires qui les bordent.

La pertinence de l'outil et son affinement avec nos partenaires tant scientifiques qu'institutionnels est en cours. La synthèse des résultats obtenus en première phase va être soumise à un regard nord-américain (la culture nord-américaine du « community garden » s'est développée depuis les années 70). Une seconde phase de terrain aura lieu au printemps et à l'été 2011. Enfin, la prise en compte de données environnementales complémentaires va faire appel à des spécialistes de l'environnement et des infrastructures.

Au-delà du cas d'étude abordé, en termes de généralisation, les résultats qui émergent d'ores et déjà de cette recherche, permettent d'établir un guide visant à identifier des typologies de natures en bord de route croisant les méthodes et critères expérimentés (domaines des morphologies, des ambiances et de l'écologie). Ce guide a l'intention d'aider les exploitants, propriétaires, acteurs à de multiples niveaux, qui, dans le cadre de politiques publiques locales ou non, sont amenés à gérer (entretenir, clôturer, accessibilité, etc.), ou à requalifier (transformer, convertir, intégrer dans les trames vertes et bleues, requalifier) ces espaces situés auprès d'infrastructures routières et ferroviaires. Il sera conçu de manière à faire porter l'attention et à trouver des solutions s'appuyant sur les potentialités locales identifiées.

Contacts :

Grégoire Chelkoff,
Laboratoire CRESSON
ENSAG,
60 avenue de Constantine,
38036 Grenoble
gregoire.chelkoff@grenoble.archi.fr

Partenaires :

LifeSpace Inc. (San Francisco, Californie)
Inovivo Inc. (San Francisco, Californie)
Urban-Eco (bureau d'étude en ingénierie écologique, Villefrance)
Sté Preview (représentations architecturales, urbaines et paysagères, Grenoble)
Sté W&S (architecture, Grenoble)
FNJFC (Fédération Nationale des Jardins Familiaux et Collectifs)
OPAC 38 (Office Public d'Aménagement et de Construction de l'Isère, Pôle Territoires et Solidarités)
Communauté d'agglomération Grenoble Alpes Métropole
Associations gestionnaires des différents jardins partagés grenoblois
Service des Espaces Verts de la Ville de Grenoble et de ses communes limitrophes
Certu
Dreal

Évaluation des expositions à la pollution atmosphérique liées à la circulation routière dans l'étude InciTra sur les malformations congénitales

UMRESTTE (Ifsttar et Université Claude Bernard-Lyon 1)
MEDDTL (DRI) *Programme Primequal*

L'étude décrit l'exposition des femmes à la pollution atmosphérique liée à la circulation routière en mettant en évidence les inégalités d'exposition, ainsi que le rôle du trafic de proximité et de l'exposition au travail dans l'exposition totale. L'évaluation à l'aveugle de cette exposition est utilisée dans une analyse cas-témoins.

• Problématique

Une précédente étude écologique¹ avait porté sur les malformations congénitales chez les populations habitant près d'unités d'incinération d'ordures ménagères (UIOM) en Rhône-Alpes. Les dysplasies rénales étaient plus fréquentes dans les populations exposées, et le risque de malformations urinaires obstructives augmentait avec l'exposition aux UIOM. Ce risque augmentait aussi de façon linéaire avec la densité du trafic environnant. Une nouvelle étude fut donc mise en place pour tester l'hypothèse d'un lien entre, d'une part, l'exposition aux UIOM et/ou au trafic, et d'autre part, le risque d'anomalies congénitales du tractus urinaire : il s'agit de l'étude InciTra, dirigée par Sylvaine Cordier, Inserm U325 Rennes.

On présente ici la partie de l'étude consistant à **évaluer l'exposition au trafic des femmes enceintes en région Rhône-Alpes**. Cette exposition est évaluée en utilisant un modèle d'exposition des lieux de séjour (en façade) aux gaz d'échappement des véhicules (modèle ExTra).

Les objectifs sont les suivants :

- évaluer l'exposition de femmes enceintes de la région Rhône-Alpes à la pollution issue du trafic pendant le 1er trimestre de grossesse
- analyser la distribution et les déterminants de cette exposition
- fournir ces données pour une étude cas-témoins sur les malformations congénitales urinaires

¹ Cordier S, Chevrier C, Robert-Gansia E, Lorente C, Brula P, Hours M, Risk of congenital anomalies in the vicinity of municipal solid waste incinerators, *Occup Environ Med*, 61(1): 8-15, 2004

• Déroulement de l'étude

• Sélection des cas

Les cas ont été recrutés via le Registre Centre-Est des malformations congénitales (Institut des génomutations IEG, à Lyon). Ce registre utilise de nombreuses sources d'information, principalement les maternités et services de pédiatrie volontaires. Pour la présente étude, les enfants nés dans les 8 départements de Rhône-Alpes entre janvier 2001 et début 2004, et domiciliés dans cette région ont été sélectionnés. Tous les enfants porteurs d'anomalies rénales (ICD10 Q61.0, Q61.4, Q61.5, Q61.8, Q61.9) ou urinaires obstructives (ICD10 Q62) ont été sélectionnés. On a exclu les porteurs d'anomalies chromosomiques. Parmi les 304 cas répondant à ces critères de sélection et ayant une adresse valide, 187 familles (62%) ont été d'accord pour participer à l'enquête. Apparié à chaque cas, un témoin était recruté : le premier enfant du même sexe né dans la même maternité immédiatement après le cas, exempt de malformation majeure et pesant plus de 2,500 kg. Si la mère du cas avait été transférée dans un hôpital spécialisé, le témoin était sélectionné dans l'hôpital qui aurait reçu la mère du cas en l'absence d'anomalie. Seulement 93 familles de témoins ont pu être recrutées ainsi. Un institut de sondage a donc tiré au sort et interviewé dans la région Rhône-Alpes un échantillon de 226 témoins, stratifié par département de naissance, sexe et année de la naissance, en fonction de l'échantillon des cas. Au total, 319 témoins et 304 cas ont donc participé à l'enquête : 623 enfants et leur mère.

- La période d'intérêt pour les expositions des mères s'étend de 1 mois avant la conception à la fin du premier trimestre de grossesse. On utilise un logiciel spécifique ExTra intégrant les émissions (NOx, en tant que traceur de la pollution du trafic) du parc automobile, les données météorologiques locales et les caractéristiques géométriques des lieux de séjour (domicile et lieu de travail). L'indice a été validé auparavant². Il est exprimé en concentration moyenne de NOx en façade du lieu de séjour.

- Calcul d'un indice d'exposition au domicile (moyenne sur 4 mois), d'un indice au travail et d'un indice global pour chaque femme,

- L'exposition en chaque lieu comprend une part « de fond » et une part issue du trafic de proximité.

Les niveaux de pollution de fond sont des niveaux mesurés ou modélisés par les réseaux de surveillance de la qualité de l'air. Dans les villes, un rayon de décroissance est appliqué.

² Reungoat P, Chiron M, Le Moullec Y, Momas I, Assesment of Exposure to Traffic Pollution Using the ExTra Index : Study of Validation, Environ Res, 93(1): 67-78, 2003,

Pour la composante locale du modèle, les services locaux de la voirie ont fourni des mesures ou estimations de trafic journalier. Les roses des vents ont été fournies par Météo-France pour les périodes d'intérêt. Le modèle intègre aussi les paramètres topographiques du lieu de séjour (étage, hauteur des bâtiments de chaque côté de la rue, largeur de la rue).

• Résultats

L'exposition totale, mesurée par l'indice global ExTra, exprimé en teneur moyenne de NOx ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) est une moyenne pondérée (en fonction des temps de séjour) entre l'exposition totale (fond+trafic) au domicile et l'exposition totale au travail sur la période de 4 mois.

Chez les 318 témoins, les valeurs d'ExTra varient de 1,3 à 298,0 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ NOx, avec une moyenne à 44,8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ($\sigma=35,2$) et une médiane à 37,9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

La part attribuable au trafic de proximité varie de 0 à 225,0 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ NOx, elle est en moyenne de 8,1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ($\sigma=21,8$).

Les variations individuelles sont très importantes, principalement en raison du trafic de proximité, pour les domiciles comme pour les lieux de travail.

Au final, l'exposition totale est surtout corrélée à l'exposition du domicile en raison de la prédominance du temps passé en ce lieu. Dans la majorité des cas, la prise en compte du travail augmente l'exposition totale.

Il existe une corrélation statistiquement significative entre l'indice ExTra et la densité au niveau de l'Iris³, un score de pauvreté, le département. L'indice ExTra est aussi corrélé à d'autres expositions telles que dioxines (atmosphériques ou sous formes de dépôts) ou métaux issus des IUOM, ou la présence d'autres sources industrielles de dioxines.

En revanche l'indice ExTra n'est corrélé ni à l'âge de la mère, ni aux professions du père ou de la mère, ni aux origines des grands-parents maternels, ni au niveau d'éducation du père ou de la mère.

³ L'Iris correspond à un découpage géographique des agglomérations par l'Insee. C'est une zone intermédiaire entre l'îlot (équivalent au pâté de maison) et le quartier. C'est le niveau géographique le plus fin où sont diffusées, sans restriction, les données disponibles.

• Exploitation des résultats

- Influence de l'exposition au trafic sur les malformations congénitales urinaires (hors contrat Primequal)

L'exposition à la pollution atmosphérique issue du trafic (ici mesurée par l'indicateur NOx, moyenne sur 4 mois) ne montre aucun lien avec l'incidence des malformations rénales congénitales. En revanche, l'exposition aux dépôts de dioxines issues des incinérateurs d'ordures ménagères est liée à cette incidence⁴, ainsi que les antécédents familiaux, l'origine géographique de la mère et la consommation d'alcool en début de grossesse.

- Formations, valorisation : l'étude a servi de matière pour un stage de fin d'étude d'élève ingénieur du génie sanitaire.

- Autres utilisations potentielles :

- prise en compte ou étude par les épidémiologistes de l'effet de la pollution issue du trafic,
- prise en compte des fortes inégalités d'exposition et prévention de l'exposition à la pollution du trafic de proximité par des mesures d'urbanisme ou d'aménagement du territoire.

Contacts :

Mireille Chiron
UMRESTTE
Ifsttar
25 avenue François Mitterrand
Case 24
69675 Bron Cedex.
mireille.chiron@ifsttar.fr

Partenaire :

Inserm Rennes (Etude InciTra)

⁴ Cordier S, Lehébel A, Amar E, Anzivino-Viricel L, Hours M, Monfort C, Chevrier C, Chiron M, Robert-Gnansia E, Maternal residence near municipal waste incinerators and the risk of urinary tract birth defects, Occupational and Environmental Medicine, 2010, 67: 493-499



Évaluation de l'exposition des citoyens aux polluants atmosphériques au cours de leurs déplacements dans l'agglomération parisienne

Laboratoire central de la Préfecture de Police de Paris
Ademe *Programme Primequal*

Cette étude vise à établir les niveaux d'exposition auxquels sont soumis les franciliens lorsqu'ils se déplacent en région parisienne entre domicile et lieu de travail, aux heures de pointe, en utilisant différents modes de locomotion. Un nombre significatif de situations contrastées a été retenu ; 20 trajets ont été choisis parmi les principaux modes de locomotion (véhicule particulier, bus, métro, tramway, vélo et marche) et reproduits lors de 30 déplacements (15 allers et retours). La campagne de mesures a été menée au cours des périodes hivernales 2007 et 2008. Les indicateurs mesurés sont le monoxyde de carbone, le dioxyde d'azote, les hydrocarbures aromatiques monocycliques, les aldéhydes et les PM_{2,5}.

Les résultats sont comparés aux valeurs obtenues dans des conditions similaires lors d'une précédente étude, mais aussi aux teneurs relevées au niveau des stations fixes du réseau Airparif. Une comparaison est également faite par rapport aux valeurs de référence.

Les résultats montrent que les valeurs mesurées sont plus élevées dans l'habitacle automobile que dans les autres modes de déplacement pour le dioxyde d'azote, le monoxyde de carbone, les hydrocarbures aromatiques monocycliques et le formaldéhyde. Les concentrations en formaldéhyde sont les plus faibles pour le piéton dans le quartier des Halles. Elles sont les plus élevées dans le véhicule particulier circulant sur le boulevard périphérique. Les concentrations en PM_{2,5} sont les plus élevées sur les lignes du métro et du RER (émissions provenant du matériel roulant). Globalement, les piétons, les passagers du tramway et les cyclistes sont les moins exposés.

La comparaison des résultats à ceux du réseau Airparif montre que les stations fixes trafic ne sont pas pleinement représentatives de l'exposition réelle de la population au cours de ses déplacements.

Une diminution significative des concentrations en benzène et en monoxyde de carbone a été observée entre les études de 1998 et 2008 (environ 80%).

• **Problématique**

Cette étude vise à établir les niveaux d'exposition auxquels sont soumis les franciliens lorsqu'ils se déplacent en région parisienne entre domicile et lieu de travail, aux heures de pointe, en utilisant différents modes de locomotion (véhicule particulier, bus, tramway, vélo, marche, métro et RER).

• Déroulement de l'étude



20 types de trajets domicile-travail ont été retenus correspondant à 16 itinéraires différents. Les mesures d'exposition ont été réalisées, en période hivernale, aux heures de pointe du matin et du soir. La durée de chaque trajet a été fixée à une heure. Chaque trajet a été parcouru 15 fois dans chaque sens conduisant à près de 300 résultats par polluant. Les usagers étaient équipés de capteurs et de dispositifs de mesures nomades.

Les polluants gazeux mesurés sont le monoxyde de carbone (CO), le dioxyde d'azote (NO₂), les hydrocarbures aromatiques monocycliques, les aldéhydes et l'acétone et, pour la phase particulaire, la concentration pondérale des particules de diamètre aérodynamique médian inférieur à 2,5 µm (PM_{2,5}).

• Résultats

- Comparaison des expositions aux polluants atmosphériques selon les modes de locomotion

L'usager du véhicule particulier est globalement le plus exposé, notamment celui qui emprunte le boulevard périphérique. C'est plus particulièrement le cas pour NO₂, benzène, toluène et CO. Ainsi, le niveau médian de NO₂ présent dans l'habitacle d'une voiture roulant dans Paris est de 130 µg/m³ et atteint 218 µg/m³ sur le boulevard périphérique. De même, les niveaux médians de benzène sont de 10 µg/m³ sur le boulevard périphérique et de 6 à 8 µg/m³ sur les autres trajets. Pour CO, même si les niveaux restent faibles (valeurs médianes entre 1,7 et 3.3 ppm) au regard des teneurs de référence, ce mode de transport est le seul qui présente encore des teneurs mesurables par les dispositifs portables utilisés.

Dans les rames de métro et de RER les niveaux des polluants gazeux sont globalement faibles. C'est une pollution particulaire plus élevée, sur les lignes dont le parcours est essentiellement souterrain, qui caractérise ce mode de locomotion (teneurs médianes en PM_{2,5} comprises entre 119 et 155 µg/m³ sur le RER A). Cette pollution résulte principalement d'émissions internes (organes de freinage des matériels roulants).

L'exposition des passagers du bus est intermédiaire entre celles de l'automobiliste et du cycliste. Ces passagers sont soumis à une exposition à la pollution atmosphérique proche de celle des usagers de véhicules particuliers pour NO₂, PM_{2,5} et formaldéhyde. Par contre, les niveaux de benzène sont nettement inférieurs à ceux mesurés dans la voiture. Le piéton marchant dans le quartier piétonnier et l'usager du tramway sont les moins exposés tous polluants confondus (hormis pour le formaldéhyde pour les passagers du tramway).

L'exposition du cycliste est généralement intermédiaire pour la majorité des polluants (configuration « à l'air libre »). Les niveaux de particules fines sont toutefois proches de ceux mesurés dans le bus. Les teneurs en aldéhydes sont plus élevées dans les habitacles des véhicules, puis dans les bus et les rames de métro et RER (émissions des moteurs et des matériaux et revêtements intérieurs).

- Comparaison des résultats aux mesures issues des stations fixes du réseau de surveillance et à ceux de l'étude menée en 1998

Pour le piéton, les niveaux d'exposition en NO₂ et PM_{2,5} sont comparables aux concentrations mesurées sur des stations urbaines. L'exposition du cycliste au NO₂ est également proche des mesures relevées sur les stations urbaines alors qu'il subit une exposition plus élevée en PM_{2,5}.

Mais les valeurs mesurées sur les stations fixes peuvent sous-estimer l'exposition à l'intérieur d'un habitacle (voiture particulière sur le boulevard périphérique (tous polluants), rames de métro et de RER (PM_{2,5}) ou autobus (NO₂, PM_{2,5}).

Enfin, l'étude a mis en évidence l'amélioration globale de la qualité de l'air en région parisienne entre 1998 et 2008, amélioration qui se traduit, en benzène et CO, par une diminution très importante des niveaux d'exposition lors des déplacements (de l'ordre de 80%).

• Exploitation des résultats et applications attendues

- projet européen TAPAS (Transportation, Air Pollution and Physical Activities)
- projet d'étude dans l'habitacle des véhicules automobiles avec Renault
- étude Airparif relative à l'exposition journalière du citoyen aux polluants de l'air (2011-2012)
- thèse de doctorat (2010-2012) RATP « Evaluation de l'exposition des voyageurs aux polluants de l'air dans l'autobus »

Contacts :

Claudine Delaunay
Laboratoire central de la Préfecture de Police
39 bis, rue de Dantzig
75015 Paris
claudine.delaunay@interieur.gouv.fr

Partenaires :

Laboratoire d'hygiène de la Ville de Paris
RATP

PPTA : Pollutions de Proximité, Transport et Agriculture

Inra-AgroParisTech
Ademe *Programme Primequal*

Le projet PPTA évalue les distances de dépôt de polluants liés au trafic routier sur les espaces agricoles situés à proximité des voies de circulation. Mené en Île-de-France, il a combiné des mesures et modélisations des dépôts de polluants sur les cultures, des enquêtes auprès d'agriculteurs, de filières agricoles et du monde associatif sur leurs perceptions de ces éventuels risques. Parallèlement, une réflexion a été menée sur les impacts à l'échelle régionale et la faisabilité d'aménagements de protection. Les dépôts sont variables mais globalement très proches de la source. Ces risques sont aujourd'hui peu considérés par le monde agricole ou associatif. Pourtant des distances de sécurité empiriques sont exigées par certaines filières agricoles, qui affecteraient fortement l'agriculture francilienne si elles se généralisaient.

• Problématique

Première région urbaine de France, soumise à un trafic routier majeur (plus de 10.000 km de voies, 3 millions de véhicules/jour), l'Île-de-France est aussi une grande région agricole : sur plus de la moitié de son territoire, près de 5500 exploitations sont orientées surtout vers les grandes cultures et certaines vers le maraîchage ou l'arboriculture. Nous avons analysé de manière pluridisciplinaire (bioclimatologistes, agronomes, sociologues, géographes, aménageurs) l'impact potentiel sur les champs cultivés des pollutions dues au trafic routier et ses déterminants physiques et sociaux, sujet encore peu traité dans la littérature scientifique internationale. Le concept transversal du projet est celui de « distances d'impact » et « distances de sécurité » prescrites, au-delà de laquelle il n'y aurait plus d'impact identifiable d'une route sur son environnement de proximité.

PPTA a été structuré en trois volets (i) la « **production d'indicateurs métrologiques** » articulant mesures et modélisations et visant à estimer par modélisation physique les dépôts de polluants particuliers et gazeux à proximité des voies de trafic ; (ii) l'« **analyse des formes de perception et d'adaptation des acteurs** » à cette pollution atmosphérique de proximité recherchant comment agriculteurs, acteurs des filières agricoles, riverains et associations considèrent les relations entre routes et pollutions éventuelles des cultures et comment ils s'y adaptent le cas échéant ; (iii) l'« **évaluation régionale et les aménagements possibles** », visant à cartographier au niveau régional les surfaces agricoles exposées à une mesure de type distance de sécurité et à étudier des solutions pour diminuer les dépôts issus des pollutions routières.

• Déroulement de l'étude

Pendant deux ans (2008-2010), nous avons combiné (i) une campagne de mesures comprenant des dispositifs de mesures de dépôts actives et passives des polluants installés dans un champ au bord de l'autoroute A6 (ii) la comparaison de modèles de dépôts et de dispersion des pollutant existants (FIDES, ADMS-Urban et Calpuff) (iii) des enquêtes auprès d'agriculteurs dans deux territoires régionaux (l'un céréalier, l'autre maraîcher), auprès de coopératives et entreprises agro-alimentaires, d'associations locales et régionales (iv) des projections cartographiques sur les surfaces agricoles régionales potentiellement impactées.

Des aménagements de protection (écrans végétaux, murs anti-bruit, autres) ont été étudiés quant à leur effet protecteur et à leurs coûts.

• Résultats

L'expérimentation (Fig.1) comprenant des capteurs actifs (pots de raygrass) et passifs installés à distances variables (5-300m) du bord de l'autoroute A6 dans un champ labouré, a été menée pendant un mois (octobre 2008) : elle a permis de quantifier la décroissance avec la distance des concentrations en NOx, PM10 et PM2.5, ainsi que des dépôts de fer, chrome, plomb et cuivre (Fig. 2).

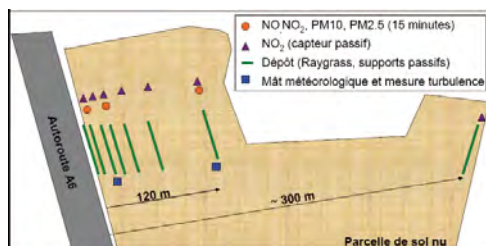


Figure 1. La situation expérimentale

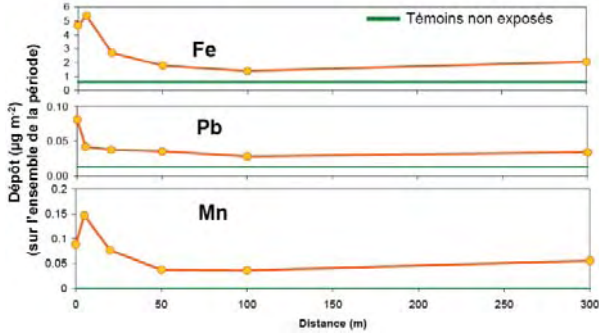


Figure 2 Dépôt de fer (Fe), plomb (Pb) et manganèse (Mn) sur les supports passifs en fonction de la distance à la route

Les modèles existants (Calpuff, ADMS-Urban et FIDES) estiment les concentrations à proximité des voies de façon cohérente entre eux et avec les mesures. Toutefois, ils divergent, sur la simulation des dépôts, qui sont sensibles au type de surface et au polluant (gaz-particules). L'amélioration des modèles de dépôt, ainsi que des campagnes expérimentales plus poussées seraient nécessaires pour produire des indicateurs de dépôts plus fiables. Aujourd'hui, seuls de rares agriculteurs (cueillettes) raisonnent (empiriquement) les localisations de cultures vis-à-vis des pollutions des routes. La majorité ne prend pas en considération ce risque, y compris chez les maraîchers. Difficile à appréhender pour le monde associatif, cette préoccupation est néanmoins émergente (portée par Île-de-France Environnement au Plan Régional de la Qualité de l'Air) ; riverains et associations sont également très sensibles aux effets sur la santé et aux nuisances liées au trafic routier (bruits, odeurs). Mais deux filières agricoles intègrent des distances de sécurité par rapport aux routes : les céréales dans certains créneaux de niche, peu présents en Île-de-France et les herbes aromatiques. Ces distances - respectivement de 250m et 50m et intensité du trafic 5000 et 15000 véhicules/jour - ne s'appuient pas sur des fondements scientifiques solides mais cherchent à segmenter le marché par un critère de précaution, tout en limitant les contraintes pragmatiques pour les filières concernées. D'autres filières seraient susceptibles aujourd'hui d'appliquer de tels critères.

La simulation régionale d'une généralisation de ces critères montre que, pour une distance de sécurité de 250m, près de 10% de la surface agricole utile (SAU) serait impactée par une application du cahier des charges céréalier et que 24% des exploitations franciliennes seraient touchées sur plus de 30% de leur surface (Fig. 3). Les exploitations périurbaines où le réseau routier est dense sont particulièrement vulnérables à une telle mesure.

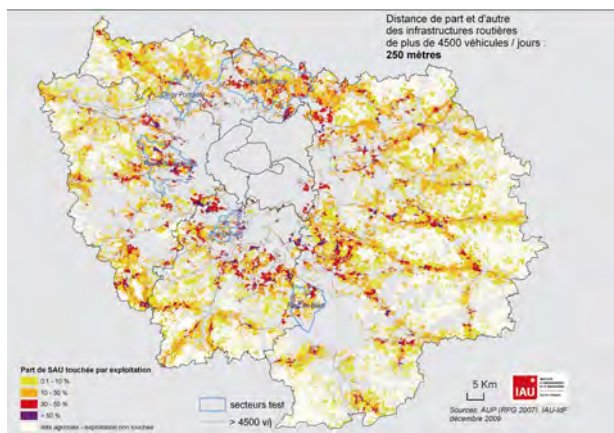


Figure 3. Surfaces agricoles situées à moins de 250m d'une route à fort trafic

Une distance de sécurité de 50m n'impacterait que 1,5% de la SAU régionale.

Des aménagements tels que écrans végétaux et murs anti-bruits peuvent réduire fortement les dépôts sur les cultures, mais ces solutions sont coûteuses (Tableau 1).

Configuration	Dispositif	Coût moyen
70m de bord de champ le long de la route (parcelle maraîchère réelle)	Ecran végétal (EV) 10m de large	7000 €
	EV+Mur antibruit	130.000 €
	EV+Mur anti NO _x	170.000 €

Tableau 1. Coût moyen d'un écran végétal ou d'un mur anti-bruit ou anti-NO_x (oxydes de titane). EV = écran végétal

En perspectives, poursuivre l'objectivation des distances d'impacts et suivre l'évolution du comportement des filières serait utile pour guider les pouvoirs publics dans la prise en charge de ces risques de pollutions dus au trafic routier à l'aide de critères plus pertinents concernant la localisation des cultures.

Contacts :

Benjamin Loubet
Inra-AgroParisTech
UMR « Environnement et Grandes Cultures »
78850 Thiverval-Grignon
benjamin.loubet@grignon.inra.fr

Christine AUBRY
Inra-AgroParisTech
UMR SADAPT
16 rue Claude Bernard
75231 Paris Cedex 05
christine.aubry@agroparistech.fr

Partenaires :

Airparif
Institut d'Aménagement et d'Urbanisme d'Île-de-France

Les infrastructures routières, les paysages et les écosystèmes, recherche méthodologique à partir du cas des voies en projet sur le territoire de Cergy-Pontoise

Atelier d'environnement Thales
MEDDTL (DRI)

La recherche explore les moyens d'hybrider les infrastructures routières pour respecter les milieux, le territoire vécu et les entités de paysage. Des analyses parallèles sont menées sur les voies en projet à Cergy-Pontoise et sur des exemples novateurs identifiés en France et à l'étranger. La réflexion générale revient sur des dilemmes et questionne les moyens d'actualiser les outils ou la pensée.

• Problématique

Des attitudes nouvelles émergent pour les structures routières après le Grenelle de l'Environnement et face à l'évolution du climat et des ressources. La priorité vise à amoindrir les nuisances physiques (bruit, pollutions, coupures) et sociétales (désorganisation et appauvrissement des lieux du quotidien) tandis que se finalise l'architecture du réseau lorsque celle-ci est incomplète. Ainsi, en Île-de-France la méthode pour terminer les projets évolue-t-elle, en évitant de fragmenter encore plus les territoires. Si ce positionnement est une bonne nouvelle, on constate cependant en périurbain - milieu riche en sols poreux, en nature et en traces mémorielles- des conditions qui restent fragiles pour les écosystèmes, alors que cette nature résonne pour les citoyens en termes de qualité et d'identité.

Un changement de paradigme s'entrevoit dans les démarches. Les avancées sont encore partielles et les exemples associant une sécurisation des écosystèmes, une réduction des impacts sur l'urbanisme et un meilleur respect des paysages sont rares. Mais la tendance de voies multiformes, assemblant des tronçons conçus chacun pour inventer une réponse locale, est prometteuse, et représente d'utiles desseins, des savoirs pionniers à recenser.

Peuvent-ils enrichir des projets, comme ceux des voies inscrites sur le territoire de l'agglomération de Cergy-Pontoise ? Situé à 35 Km de Paris, ce pôle de 12 communes (5^e intercommunalité d'Île-de-France, près de 200 000 habitants) réunit Cergy ville nouvelle, Pontoise ville historique et une variété de bourgs et d'anciens villages. Centrée sur l'Oise et l'une de ses boucles, aimée pour ses 25 % d'espaces de verdure et de nature, déjà bien dans son époque par une bonne desserte en transport collectif, des vélos en libre-service et des voies partagées, l'agglomération est attentive aux conditions de mobilité, sachant l'importance des réseaux pour les fonctionnements et pour son image. Elle réfléchit au futur du maillage routier inscrit aux documents d'urbanisme. On trouve au sud la Francilienne (section

manquante), au nord un projet de voie rapide (C13F13), au centre une autoroute existante à améliorer (A 15, isolant Cergy de Pontoise), et en périphérie une voie conçue à l'origine comme rocade de contournement (V88). Celle-ci fait déjà l'objet d'un traitement original, étant réalisée par séquences selon la nécessité et le contexte. Un segment a déchargé deux communes du transit, un autre prendra la forme d'une écoroute.

• Déroulement de l'étude

Avec Cergy-Pontoise on aborde les figures du couple voie et ville, la relation des habitants à la nature, les milieux fragiles -qui ont été recensés- ainsi que les impacts possibles des projets de voirie. Ensuite viennent les fiches d'analyse. Citons l'A 86 (Ile-de-France) dont le mode compose parfois avec la vie quotidienne, la réhabilitation de la Gran Via autoroutière (Barcelone) dont les dispositifs de transition restaurent le plaisir d'être piéton. Un tunnel à Berne (Suisse) montre une lutte contre la réduction de la maille écologique tandis que d'autres exemples parlent d'économie d'espace ou de drainage des terres (Pays-Bas). Des passages à faune (Jura) rappellent le danger des collisions et du cantonnement des espèces. La troisième partie est dédiée aux stratégies changeant la donne par rapport aux questions autoroutières. Le paysage qui entretient l'identité à différentes échelles mais est peu utilisé en tissu urbain, y a sa place (parkways américaines et A 75 -Clermont-Ferrand/Languedoc-Roussillon) comme la circulation des espèces, enjeu majeur de la biodiversité, reprise en Suisse par des principes et des directives.

• Résultats

Les exemples (voies neuves ou requalifiées) et le vécu de Cergy-Pontoise corroborent l'idée que la ville renforce la qualité de ses tissus urbains en se concentrant. Elle requiert côté infrastructures des interventions préventives ou de réparation. Celles-ci réparent la vie de proximité, l'interaction sociale de la rue, l'échelle du piéton et du cycliste, et discernent dans les espaces de nature des figures d'avenir. La vitesse et le débit perdent leur priorité, la route change de tracés, consomme moins de sol et en redonne aux espaces publics, les programmes intègrent des objectifs difficiles à mettre en place par d'autres moyens (enrichissement biologique, soutien aux activités agricoles, confortation des sols, création de promenades...).

• Perspectives

La recherche vient en appui au dossier de l'écoroute de Cergy-Pontoise et aidera à faire partager cette vision. Le projet, à enjeu environnemental, porte le maintien d'un couloir agricole et corridor écologique, restreint les nuisances et désenclave un quartier en cul-de-sac. Il intègre un aménagement écologique pour deux zones fortement contraintes par l'hydraulique et par la pente et associera à la route la place d'un bus et des modes doux.



1. Cergy-Pontoise, segment du contournement V88 entre Menucourt et Courdimanche. L'inscription en creux d'un petit giratoire respecte les boisements et l'ambiance du site. Le vocabulaire de petite route de la déviation, au lieu d'une rocade normée, n'efface pas l'identité des noyaux urbains proches. L'aménagement comprend des trottoirs larges et chemins protégés pour les piétons, cyclistes et promeneurs.



2. Barcelone, Plaça Cerdà. L'échangeur entre la Gran Via (section sud-ouest) et la Ronda de Mig fait place à un ouvrage à triple étage. Les voies rapides passent en souterrain, le trafic local, à niveau, est surplombé du large anneau d'une passerelle étoilée de branches pour lier entre eux les différents quartiers. Espaces publics et jardins nouveaux appuient la transition.



3. Berne, tunnel du Neufeld, sortie de l'A1. Le morcellement par les infrastructures a réduit en Suisse la largeur de maille désormais jugée trop faible pour sauvegarder la biodiversité. Des directives demandent à l'élargir ou au moins à ne plus la resserrer. L'accès pour la vie sauvage aux espaces verts de la ville est en enjeu suffisamment important pour justifier ce tunnel de 556 m. Il dévie aussi le trafic de transit. Un poste de Park & Ride (bus, garage, services) a été installé en même temps.

Contacts :

Ann Carol Werquin
Atelier d'environnement Thalès
133 boulevard Malesherbes
75017 Paris
wthales@club-internet.fr

Partenaires :

Cergy-Pontoise Energies Ouest
Urban-éco
Ecologie et urbanisme (Pays-Bas)
Hervé Mineau (écologue)

Qualité et sécurité des systèmes de transport

Pour des raisons d'attentes des usagers ou de politiques publiques, la qualité et la sécurité des systèmes de transport est aujourd'hui un domaine de recherche prioritaire.

Pour le Predit 4, il s'agit de prolonger les progrès importants réalisés ces dernières années en termes de sécurité routière et l'effort engagé pour l'accessibilité des personnes à mobilité réduite.

Mais des progrès sont également recherchés sur plusieurs thèmes liés à ceux-ci et qui concourent plus largement à la qualité : la sécurité des transports ferroviaires, la gestion des trafics, la sûreté, la fiabilité, l'ergonomie et le confort.

Technologies et services pour la qualité et la sécurité des systèmes de transport

- **Le prix « technologies et services pour la qualité et la sécurité des systèmes de transport » a été attribué au projet :**

SURTRAIN : Sûreté et sécurité dans les transports en commun, un enjeu majeur pour les opérateurs (Eolane)

- **Le « prix spécial du Président du Predit » a été attribué au projet :**

SARI : Surveillance Automatisée des Routes pour l'Information des conducteurs et des gestionnaires (Ifsttar)

- **Les autres projets nommés sont :**

- **INFOMOVILLE** : Environnement temps réel pour l'information et l'orientation des voyageurs à handicap sensoriel au cours de leurs déplacements dans les transports collectifs (ESIEE-Paris)

- **CIPEBUS** : Carrefour intelligent - Pôle d'échange - Bus (Ifsttar-Grettia)

- **DAMOTO** : Détection de situations d'accidents en motocycles (Ifsttar)

- **VIVRE 2** : Véhicules industriels et sécurité des usagers vulnérables en milieu urbain (Renault Trucks)

- **DIAGHIST** : Méthode de diagnostic prévisionnel de la performance des circuits de voie des Lignes à Grande Vitesse (INFRA-SNCF)

INFOMOVILLE : Environnement temps réel pour l'information et l'orientation des voyageurs à handicap sensoriel au cours de leurs déplacements dans les transports collectifs

Esiee-Paris

Agence nationale de la Recherche

INFOMOVILLE est un système destiné à l'information et à l'orientation des personnes à handicap visuel ou auditif au cours de leurs déplacements dans les transports collectifs. Il s'appuie sur une approche ergonomique et tire profit des nouvelles technologies de l'information et de la communication ainsi que des développements récents de la normalisation pour l'information transport. Il a été expérimenté à Lyon en partenariat avec le SYTRAL.

• Problématique

Les transports se caractérisent pour un voyageur à handicap visuel ou auditif par un fort niveau d'incertitude. Tout voyageur doit gérer une multiplicité d'informations : identification et localisation des arrêts, lignes, horaires, correspondances, perturbations... La personne aveugle peut se trouver dans l'ignorance de tout ou partie de ces informations surtout lorsqu'elle se déplace sur des sites non familiers ou lorsqu'elle est seule. Notre analyse des déplacements a montré que la personne sourde cherche à multiplier les prises d'informations pour prévenir la survenue d'un danger ou éviter une demande de renseignement. Face à ces difficultés, la signalétique et les systèmes d'information actuels sont encore insuffisants. Or la loi du 11 février 2005 « pour l'égalité des droits et des chances, la participation et la citoyenneté des personnes handicapées » affirme le principe d'accessibilité pour tous, en particulier dans les transports.

Le projet INFOMOVILLE avait pour objectif de développer un environnement temps-réel pour l'information et l'orientation des voyageurs à handicap sensoriel au cours de leurs déplacements dans les transports collectifs.

• Déroulement de l'étude

Le projet a regroupé 4 partenaires : un partenaire académique ESIEE Paris qui a coordonné le projet et apporté son expertise dans le domaine des sciences et technologies de l'information, la société LUMIPLAN spécialiste des systèmes d'information voyageurs, et 2 spécialistes d'ergonomie : le cabinet ERGONOMOS et l'institut d'ergonomie et d'écologie INEREC. Le projet, d'une durée de 3 ans, a été soutenu par le programme PREDIT (financement de l'Agence Nationale de la Recherche) et labellisé par le pôle de compétitivité Advancity. Il a débuté en mai 2007.

Au démarrage du projet, une analyse in-situ des déplacements naturels dans les transports collectifs (bus, tramway, métro) a été réalisée à Lyon pour 3 populations : sans handicap, à handicap visuel ou auditif. Elle a permis d'étudier les stratégies de déplacement et de prise d'informations ainsi que d'identifier les difficultés et les besoins spécifiques de chaque population. Cette analyse et l'évaluation des potentialités des technologies ont abouti aux spécifications du système INFOMOVILLE.

Celui-ci permet aux utilisateurs au cours de leurs déplacements de disposer d'informations spécifiques aux transports et d'informations locales destinées à l'orientation spatiale. Il est capable de gérer les situations complexes telles que les arrêts multi-lignes ou les correspondances. Il offre 4 fonctionnalités principales qui s'enchaînent de façon naturelle au cours du temps et au long des différentes étapes de parcours :

- découverte, localisation et approche d'un point d'arrêt,
- consultation d'informations transport,
- guidage lors du cheminement piéton pour une correspondance,
- alerte en cas de messages urgents.

L'information transport comprend les horaires ou temps d'attente, les lignes, les arrêts, les messages de service ou de perturbation. L'information locale spatiale comprend les cartes de quartier, la situation des arrêts de transport et des instructions de guidage pour se déplacer d'un point d'arrêt à un autre au cours d'une correspondance.

Le système (Fig. 1) est constitué de deux parties : des équipements installés aux points d'arrêts (bornes) et le dispositif mobile porté par l'utilisateur, ce dispositif communiquant avec les bornes par Wifi.

Les bornes sont des points d'accès à l'information. L'information locale spatiale y est stockée. L'information transport est disponible dans un système d'information voyageur multimodal auquel les bornes accèdent à distance avec le nouveau protocole SIRI. Ce dernier est aussi utilisé pour les échanges d'informations entre les bornes et les dispositifs utilisateurs. Enfin, les équipements Wifi intégrés dans les bornes peuvent être exploités dans les techniques de localisation par empreinte radio Wifi en complément de la technique GPS.

Le dispositif utilisateur est un smartphone doté d'une application logicielle adaptée à un handicap visuel ou à un handicap auditif.



Fig. 1 : Système INFOMOVILLE

L'expérimentation du système a été effectuée dans le réseau de transport lyonnais sur un parcours multimodal en partenariat avec le SYTRAL et KEO-LIS qui nous ont permis d'accéder par SIRI au nouveau serveur d'information multimodal e-dylic du SYTRAL. Vingt personnes ont participé : 11 déficients visuels, 6 déficients auditifs et 3 personnes sans déficience sensorielle servant de groupe de contrôle. Le parcours retenu (Fig. 2) comprenait 2 segments en bus, 1 segment en tram et 3 tronçons à pied pour les correspondances.

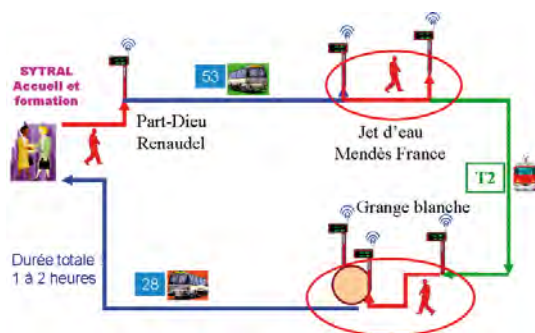


Fig. 2 : Parcours de l'expérimentation

• Résultats

L'expérimentation a permis d'évaluer le système et de valider les principes ergonomiques et techniques mis en œuvre.

Nous avons développé un nouveau cadre logiciel original pour le développement d'interfaces homme-machine (IHM) auditives, qui permet une conception modulaire et robuste aux modifications de scénarios des applications.

Nous avons évalué et comparé la localisation par GPS et par cartographie Wifi en milieu urbain à travers des campagnes de mesure réalisées à proximité des points d'arrêt de transport.

Le projet a donné lieu à 2 articles de revue (dont 1 à paraître), 11 articles de conférences, 5 communications sans actes et plusieurs présentations invitées.

• **Exploitation des résultats**

INFOMOVILLE est un des premiers systèmes à utiliser le protocole SIRI dans un service d'information voyageur sur téléphone. L'utilisation de SIRI dans les systèmes de transports se généralisant, l'expérience acquise par LUMIPLAN dans ce domaine est un atout.

Au cours du projet, nous avons participé aux travaux de normalisation de l'information voyageur avec le soutien de la PREDIM : BNEVT CN03-GT7 en France, TC278/WG3/SG3 en Europe (Contents of Traveller information for Visually Impaired People).

Le nouveau cadre logiciel de développement d'IHM auditives est d'un usage général et sera utile à d'autres applications.

Les solutions d'IHM développées par les ergonomes sont de format ergonomique innovant et pourront être reprises pour les développements et projets futurs. Elles s'appuient d'une part sur le repérage des besoins des personnes identifiées dans les scénarios de déplacement et d'autre part sur une classification des informations adaptées aux profils cognitifs des types d'utilisateurs et relayées par les différents systèmes novateurs mis à leur service.

Contacts :

Geneviève Baudoin
ESIEE-Paris
BP99
93162, Noisy Le Grand Cedex
g.baudoin@esiee.fr

Partenaires :

Cabinet Ergonomos
Société LUMIPLAN
INEREC (Institut d'Ergonomie et d'Ecologie)

Labellisé par le pôle de compétitivité Advancity

CIPEBUS : Carrefour Intelligent - Pôle d'Échange - Bus

Ifsttar-Grettia

Agence nationale de la Recherche

L'un des défis majeurs du développement des zones urbaines dans les années à venir porte sur les objectifs de réduction des émissions de gaz à effet de serre qui imposent un changement profond dans l'organisation des déplacements quotidiens qui s'y déroulent.

L'amélioration de la qualité de service des transports en commun de surface (TCS) est un élément clef pour parvenir à un meilleur transfert modal en faveur des modes de déplacements compatibles avec un développement durable.

Le projet se propose de promouvoir la qualité de service des TCS par l'amélioration de leur desserte aux abords des grands pôles d'échange.

• Problématique

Dans les grandes métropoles, et en particulier en région Ile-de-France, les abords des grands pôles d'échange représentent à la fois un enjeu majeur pour le développement de ces modes de déplacements respectueux de l'environnement, mais représentent aussi une part importante des sources de perturbation pour l'exploitation des lignes de TCS en tant que lieu de concentration de véhicules particuliers (VP), TCS, taxis, piétons, vélos. C'est principalement là que les temps de parcours ainsi que les indicateurs de régularité et de ponctualité des TCS enregistrent leurs pertes, à cause des congestions et des conflits avec les flux de piétons que ces pôles occasionnent.

L'objet du projet consiste à implémenter un système innovant de gestion du trafic à même de traiter la dimension et la diversité des flux de trafic générés par les pôles d'échange. Ce système vise trois axes :

- l'enrichissement du principe de priorité aux feux des TCS, par une gestion intégrée des différents flux sur plusieurs carrefours ;
- le traitement des problèmes de congestion aux abords des pôles d'échange, consécutifs à la mobilité de rabattement qu'ils génèrent (desserte TCS, desserte VP et flux piétons) ;
- la conception d'un outil d'observation permettant de mieux identifier les gênes majeures entre les différents flux.

Le système prototype sera évalué dans un environnement d'exploitation complexe et contraint : le pôle d'échange autour de la gare Versailles-Chantiers (78).

• Déroulement de l'étude

Le système global CIPEBUS repose sur la richesse des informations fournies par traitement d'images à partir de capteurs vidéo. Ceux-ci permettent de mesurer les différents flux en présence en temps réel et d'offrir un niveau de finesse et de réactivité nécessaire à une meilleure gestion du trafic en milieu urbain. D'autres capteurs pour la localisation des TCS (GPS, boucle magnétique dotée du système Eye-way pour la classification des véhicules) seront également mis en oeuvre.

Aux trois axes listés au-dessus correspondent trois applications de trafic combinées pour former le prototype :

- Une priorité des TCS aux feux intégrée dans la stratégie de commande des feux CRONOS. L'objectif de minimiser le retard des bus aux feux est combiné à celui de la minimisation des retards des voitures particulières et cela pour deux raisons. Une fois les bus pris en compte, il reste des marges de manœuvre qui peuvent être allouées aux VP. Et en cas de trafic dense, ne pas tenir compte du flux VP risque d'induire des blocages préjudiciables aux TCS. Par ailleurs, l'ensemble des carrefours est régulé dans la même optimisation pour assurer une meilleure cohérence de gestion. Cette optimisation temps réel est basée sur une heuristique du domaine de l'optimisation non-linéaire.
- Un superviseur de congestion CLAIRE, interfacé à CRONOS, pour agir plus efficacement contre la congestion. CLAIRE est un système expert à base de règles. Il détecte en temps réel puis diagnostique les processus de congestion pour fournir des recommandations de régulation que CRONOS prend en compte lors de son optimisation.
- Un outil de détection et de diagnostic des gênes entre les différents flux (VP, TCS, piétons) aux abords du pôle. Il s'agit, à partir des données de trafic recueillies, de détecter les blocages entre flux par un algorithme d'apprentissage automatique supervisé.

• Résultats

L'équipement du site composé de cinq carrefours autour de la gare Versailles-Chantiers (figures 1 et 2) s'achève ainsi que la mise en place d'un laboratoire à l'Ifsttat-Satory destiné à recevoir chaque seconde l'ensemble des mesures de trafic fournies par les différents capteurs, la couleur des feux des carrefours et les images vidéo des caméras du site.

Le projet est maintenant dans sa phase de développement de toutes les briques logicielles qui constituent le système : chaîne complète de réception, de traitement des données et de commande des feux.

- Au niveau des applications de trafic, CRONOS a été amélioré pour tenir compte de la complexité du site expérimental, notamment dans sa modélisation de la congestion. La prise en compte des recommandations fournies par CLAIRE a été spécifiée au sein de CRONOS et CLAIRE a été adapté pour la réception et l'utilisation de nouveaux types de mesures.
- Au niveau des autres éléments logiciels, plusieurs briques sont développées. Parmi elles, on peut relever la réception des données issues du site expérimental ainsi qu'un magnétoscope numérique sous deux versions : une version autonome permettant l'enregistrement et la relecture d'un nombre quelconque de caméras ; une version pilotée par le système pour l'enregistrement et la relecture synchronisées avec les mesures de trafic.

• Perspectives

Deux éléments importants sont en cours de développement ou d'amélioration grâce à la disponibilité de scènes vidéos du site : un capteur piétons permettant la détection en temps réel des flux piétons sur les passages et l'observatoire qui détectera de manière automatique les situations de blocages d'un flux dû à un autre flux. La cartographie spatiale et temporelle des principales gênes de la zone expérimentale offrira un moyen supplémentaire d'évaluation.

L'ultime étape sera une expérimentation sur plusieurs mois qui sera menée pour comparer, selon différents critères d'évaluation, la stratégie de commande des feux actuelle avec les stratégies CRONOS et CRONOS-CLAIRE.



Figure 1 : site expérimental



Figure 2 : carrefour principal du site

Contacts :

Florence Boillot
Ifsttar-Grettia
25 allée des Marronniers
CS 90508
78008 Versailles Cedex
florence.boillot@ifsttar.fr

Partenaires :

Inria
Société versaillaise de transports urbains (SVTU)
Ville de Versailles
Citilog
Fareco
Thales

Labellisé par le pôle de compétitivité Mov'éo

DAMOTO : détection de situations d'accidents en motocycles

Equipe Modélisation, Simulation et Simulateurs de Conduite (MSIS)- Ifsttar
Agence nationale de la Recherche

Le projet DAMOTO a pour objet de fournir aux industriels mettant au point des systèmes pilotés de protection (gilets airbag ou autres) les connaissances nécessaires à la définition de critères de déclenchements.

• Apports et résultats attendus

La méthode suivie dans DAMOTO est la suivante :

1. Une relecture des bases de données d'accidents (en particulier Pre-dit RIDER) permettant de caractériser, du point de vue des modes de détection possibles, les situations d'accident rencontrées et leurs caractéristiques.
2. Une étude fondée sur des expérimentations (crash tests) et sur des simulations numériques, permettant d'évaluer l'enveloppe des décélérations mesurées dans les situations où un choc pourrait être détecté et le déploiement d'un gilet gonflable souhaitable.
3. Une étude poursuivant les efforts entrepris dans le projet SUMO-TORI et permettant de le généraliser pour pouvoir détecter, quel que soit le 2-roues, l'ensemble des situations de perte de contrôle / de chutes où le gilet gonflable pourrait également avoir un apport.
4. Une campagne de mesures en conduite normale et dans des situations « limites » (franchissement rapide d'obstacles...) où un déploiement d'airbag serait inadapté. L'objet de ces mesures est de définir l'enveloppe des sollicitations observables dans ces situations où la protection ne doit pas se déclencher.

• Résultats du projet

Une première version d'un gilet gonflable (airbag conducteur) doté d'un déclenchement « sans fil » a été mise sur le marché le 15 novembre 2010 par le groupe BERING (dont API R&D, partenaire du projet, fait partie).

Le système de déclenchement a bénéficié des travaux réalisés dans le cadre du projet DAMOTO, et notamment des données acquises avec des motos instrumentées pour des situations de chocs, de chutes, de conduite en conditions limites. Les études en conditions normales de conduite permettront de fiabiliser encore le système.

Les essais de chocs ont permis la mise au point d'un modèle numérique analytique et d'une architecture ayant pour objet de prédire les accélérations engendrées par les chocs sur le deux-roues au niveau de sa roue avant et de sa fourche. La validation de ce modèle est encore en cours.

Les scénarios de chutes, identifiés d'après une analyse de l'accidentologie, ont été « joués » sur piste par un cascadeur, et ce à des vitesses de l'ordre de 85 km/h. Sept scénarios ont été « joués » et les données sur la dynamique de la moto au cours des chutes ont été enregistrées.

Les motos instrumentées ont aussi permis d'acquérir des données sur la dynamique du véhicule pour des situations « limites » (« presque chutes »). Ces essais ont été réalisés, sur piste, par des conducteurs professionnels.

Un dispositif de génération « temps-réel », sur table, des signaux enregistrés lors des expérimentations a été mis au point.

Pour réaliser des études (actuellement en cours) en conduite naturelle, le consortium a utilisé des motos instrumentées (800cc « sport » et 1000cc « routière »). Dans le cadre du projet, l'instrumentation a été complétée pour permettre, outre le recueil de paramètres sur la dynamique du véhicule, la collecte de données permettant d'apprécier le contexte de la conduite (caméras vidéo, GPS). Un effort particulier a porté sur la non-intrusivité du dispositif de mesure et d'enregistrement.

• Projets liés

Le projet DAMOTO fait suite au projet PREDIT 2003 SUMOTORI. Les motos instrumentées sont issues du projet ANR/PREDIT SIMACOM. Les projets de référence concernant l'accidentologie sont MAIDS (PCRD) et RIDER (PREDIT).



Chute, détection et gonflage du gilet (système sans fil)

Le gilet gonflé (source API R&D)



Contacts :

Stéphane Espié
Ifsttar
LEPSIS
58, boulevard Lefebvre
75732 Paris Cedex 15
espie@ifsttar.fr

Partenaires :

API R&D
CNRS-Institut d'Electronique fondamentale,
Ecole Centrale de Lyon (sous-traitance CEESAR et UTAC)

Labellisé par le pôle de compétitivité Mov'éo

VIVRE2 : Véhicules industriels et sécurité des usagers vulnérables en milieu urbain

Renault Trucks
Agence nationale de la Recherche



La sécurité des usagers vulnérables de la route (piétons, usagers de deux-roues) représente un enjeu important en termes de santé publique : la majorité des accidents impliquant ce type d'usagers et un camion en milieu urbain a des conséquences dramatiques, souvent mortelles pour l'usager. Face à ce constat, le projet VIVRE2 avait pour objectifs la proposition et l'évaluation expérimentale de solu-

tions technologiques d'assistance à implanter sur les véhicules pour réduire significativement le nombre de ces accidents.

• Problématique

Dans le domaine de la circulation des véhicules industriels, l'activité de livraison est un élément majeur au sein du transport routier de marchandises. Cependant, en milieu urbain, la présence des camions provoque des réactions négatives voire agressives de la part des autres usagers de la route. De fait, la proximité avec la population, la lutte pour l'occupation de l'espace public, renforcent le rejet de ce type de véhicule et expliquent les politiques coercitives dont ils font l'objet.

Élément central du système, le chauffeur-livreur fait face à des tâches variées, à une pression temporelle constante et à un environnement extrêmement complexe et hostile qui engendrent un stress permanent et renforcent l'intérêt du développement de systèmes d'aide à la conduite.

Néanmoins, l'introduction de solutions onéreuses s'avère difficile dans cette catégorie de véhicules car un prix faible est le critère d'achat prépondérant des transporteurs qui interviennent en ville. Dans un contexte économique défavorable, le choix de solutions réellement pertinentes et adaptées au contexte d'utilisation est devenu une nécessité absolue pour la diffusion de technologies innovantes, d'autant plus que le choix d'un camion est lié principalement à une nécessité de productivité.

Ainsi, avant de se lancer dans la démarche de développement de systèmes destinés à la prévention des accidents avec des usagers vulnérables, il était indispensable d'effectuer une étude exploratoire afin de préciser la pertinence et la faisabilité de tels systèmes. Dans cette optique, le projet VIVRE2 a adopté une démarche systémique prenant en compte la problématique de la sécurité des usagers vulnérables dans sa globalité, en intégrant les facteurs contextuels, les facteurs humains et les facteurs technologiques.

• Déroulement de l'étude

La démarche de recherche a suivi une logique de réalisation en quatre étapes : analyse, conception, développement et évaluation. L'équipe pluridisciplinaire regroupée autour du constructeur était composée de chercheurs en sciences humaines, en sciences de l'ingénieur, et de spécialistes en accidentologie, en éclairage et en sécurité des transports.

Les analyses ont permis :

1. de préciser le contexte de survenue des accidents en termes d'accidentologie ;
2. d'identifier les situations critiques à prévenir ;
3. d'évaluer la conscience du danger et les comportements à risques des usagers vulnérables confrontés aux déplacements et aux manœuvres des véhicules industriels ;
4. de déterminer les contraintes de l'activité des chauffeurs-livreurs et leurs besoins en termes d'assistance à la conduite en ville ;
5. de définir les solutions technologiques d'éclairage, de détection et d'alerte permettant de prévenir des situations accidentogènes.

En s'appuyant sur les besoins des conducteurs et les comportements des usagers vulnérables, le projet de recherche a suivi deux approches complémentaires, l'une sur l'éclairage et la visibilité du véhicule par les usagers, et l'autre sur les systèmes d'assistance à la détection des usagers par le conducteur pour les situations de manœuvre et de basse vitesse (0 à 30 km/h).

• Résultats

L'ENTPE et INGELUX ont travaillé ensemble sur les conditions lumineuses à partir d'un cas réel d'accident mortel impliquant un camion et un motard en ville fourni par le CEESAR. A partir de relevés photométriques, des coefficients de réflexion des matériaux et des indices de luminance de l'éclairage public relevés sur place, l'équipe a réalisé une simulation 3D de l'accident, vue du conducteur du camion et vue du motard. Ce travail a permis de proposer des solutions pour améliorer la visibilité et la compréhension des intentions d'un poids lourd en manœuvre.



Zones de détection des usagers et de décision pour le fonctionnement des systèmes



Autour de la plateforme de simulation de conduite de RE-NAULT TRUCKS, les chercheurs de l'Ifsttar et du LEACM ont défini les stratégies d'assistance à apporter au conducteur en fonction des situations

à risque, et spécifié les interfaces homme-machine nécessaires pour délivrer les informations et les alertes.

Une méthodologie de conception de systèmes d'assistance sur simulateur a été mise au point par le LESCOT puis appliquée à un système de détection des usagers vulnérables. Elle permet désormais d'évaluer la pertinence et l'efficacité d'un système, indépendamment des limites des technologies actuelles de perception de l'environnement ou d'automatisation.

Le système d'assistance retenu est composé d'un anti-démarrage, d'un freinage d'urgence et d'un limiteur de vitesse, complétés par des retours informatifs



visuels par caméras arrière et latérale et par des alarmes lumineuses et sonores en cabine. Afin d'évaluer l'ergonomie des systèmes sur plusieurs dimensions telles que la charge mentale des conducteurs, l'acceptabilité, l'utilité ou la compréhension des assistances, l'équipe de recherche a réalisé et traité une campagne de tests sur simulateur dynamique de conduite de camion.

Finalement, le projet VIVRE2 aboutit à la proposition de solutions matérielles efficaces et ergonomiques, permettant d'améliorer la visibilité extérieure du véhicule et d'assister efficacement le conducteur pour éviter les accidents avec des usagers vulnérables en ville.

• Exploitation des résultats

Outre les actions de valorisation interne déjà engagées par les partenaires dans leur propre domaine d'expertise, le projet PROACTUV (Protection Active des Usagers Vulnérables), déposé en mars 2011 sous l'appel à propositions TTD 2011 de l'ANR, se propose d'en déployer les résultats :

1. en élargissant le champ d'application aux autobus urbains ainsi qu'à tous les usagers impliqués (piétons, cyclistes, véhicules suiveurs),
2. en démontrant la faisabilité technique des assistances pour les conducteurs sur deux démonstrateurs (un camion et un bus) et en proposant des solutions d'assistance pour les autres usagers (usagers vulnérables et véhicules à proximité).

Contacts :

Bernard Favre
Renault Trucks SAS
99, route de Lyon
69600 Saint-Priest
bernard.favre@volvo.com

Partenaires :

CEESAR
INGELUX
Ecole nationale des Travaux publics de l'Etat (LASH)
Université Lyon2 (LEACM)
Ifsttar (LESCOT)

Projet labellisé par le pôle de compétitivité « Lyon Urban Truck & Bus » (LUTB)



SARI : Surveillance Automatisée des Routes pour l'Information des conducteurs et des gestionnaires

Ifsttar
MEDDTL (DSCR et DRI)

Objectif de l'action concertée SARI : « Envisager un complément aux technologies de sécurité embarquées, plus centré sur le traitement de la route et de l'environnement routier pour installer un dialogue de sécurité avec les usagers du réseau. »

• Problématique et objet de la recherche

Pour réduire l'accidentalité des routes de rase campagne où se produisent environ 2/3 des accidents, SARI a mis au point des moyens de diagnostic à bas coût, pour détecter et localiser les zones les plus « dangereuses » selon un type de risque, analyser les comportements des conducteurs sur ces zones, afin de leur délivrer une information efficace : pertinente selon l'état instantané de la route, précise et a conduit à réduire leur vitesse ou à les repositionner sur leur voie. Ces dispositifs ont été accompagnés de méthodes d'évaluation notamment des acceptabilités par les conducteurs (humaine et sociale) et par les gestionnaires (économique et juridique).

• Méthodologie

Les 3 thèmes techniques se sont attachés à traiter des risques différents d'utilisation de la route :

- RADARR, pour les ruptures de tracé, là où le conducteur doit adapter sa vitesse ;
- IRCAD complémentaire au thème précédent, pour les risques liés aux conditions météorologiques dégradées (pluie, vent) ;
- VIZIR, pour les ruptures de visibilité et de lisibilité, ainsi que trois types situations routières interurbaines : carrefours, virages et hauts de côte en ligne droite.

Le 4^{ème} thème transversal a associé dès 2006 des sciences humaines et sociales pour évaluer les acceptabilités des solutions proposées du point de vue des gestionnaires routiers et des conducteurs.

On peut noter la multiplicité des acteurs : maîtres d'ouvrage, industriels, PME, bureaux d'étude, laboratoires de recherche et d'université, Centre d'études techniques de l'équipement. L'implication des collectivités territoriales a donné au projet SARI une véritable légitimité en termes d'enjeux

et d'objectifs de recherche finalisée à la fois pour développer des produits pertinents mais aussi pour vérifier que les usagers et les gestionnaires étaient pris en compte dans les études d'acceptabilités. L'apport des CETE a été crucial en termes d'expérimentations sur route, ces dernières donnant les moyens d'évaluer et de valider l'effet des systèmes.

Les disciplines traitées par les différents partenaires : Mathématiques appliquées ; Mécanique ; Automatique ; Physique ; Dynamique ; Optique ; Traitement du signal ; Electronique ; Psychologie sociale ; Droit, Economie ont contribué à intégrer de nouvelles technologies et en évaluer l'impact sur le comportement humain.

• Principaux résultats (intermédiaires le cas échéant)

Les résultats marquants de SARI sont de trois types : des productions scientifiques et techniques qui proposent une méthode cohérente d'évaluation du risque ; des matériels et des dispositifs d'alertes pour mettre en œuvre cette méthode et un bilan qui montre les valeurs économique et sociale des solutions.

Les résultats scientifiques de SARI sont des méthodes globales de diagnostic qui permettent de hiérarchiser les zones à risque ; des systèmes d'analyse du risque local qui observent et analysent les comportements des usagers sur la zone (suivi des trajectoires : position, vitesse), des alertes spécifiques, circonscrites et individualisées pour apporter des aides dans les zones définies comme dangereuses.

28 produits ont ainsi été développés, ils sont portés par des acteurs publics ou privés.

Le gain de sécurité obtenu par les dispositifs est déterminé par l'impact de la réduction de vitesse apportée par les systèmes sur le nombre d'accidents et le nombre de tués. Ce gain est de :

- 18 % des accidents mortels et de 24 % du nombre de tués lors de l'allumage de flashes en virage lorsque la vitesse d'approche est trop élevée
- de 25% des accidents mortels et de 32% du nombre de morts lors de l'allumage d'un PMV en virage lorsque la dégradation d'adhérence est importante
- de 19% sur les accidents mortels et de 24 % sur le nombre de morts lors de l'allumage en carrefour d'un PMV.

Si la probabilité d'accidents est fortement réduite, l'exposition au risque est faible puisqu'elle ne concerne qu'une très faible longueur du réseau : 3 km estimé par système. Les ratios coûts bénéfiques s'établissent entre 0.16 et 6.48 le type de dispositif et le type de fabrication (unitaire ou en série). Ces résultats doivent être nuancés par l'effet de l'enlèvement des dispositifs qui montre que l'effet de réduction de vitesse perdue avec les PMV pour une adhérence dégradée ou un carrefour dangereux comme si les usagers

avaient réellement pris conscience de la dangerosité des sites alors que ce n'est pas le cas avec les flashes qui ont plus un effet instantané.

Les écarts par rapport aux objectifs peuvent être analysés soit du point de vue des produits réalisés par rapport à ceux qui étaient visés, soit sur les grands enjeux du projet.

Les produits visés par SARI sont :

- des connaissances sur les comportements des conducteurs et de leur véhicule conditionnés par les difficultés de la route
- des moyens d'identification et de caractérisation de ces difficultés (observatoires de trajectoires, véhicules et méthodes de diagnostics)
- de nouveaux systèmes d'information ou de guidage mis à disposition du conducteur pour l'alerter sur la dangerosité de sa situation de conduite
- des moyens d'évaluer l'efficacité de systèmes d'information et de guidage proposés.

Le bilan des thèmes RADARR, IRCAD et VIZIR montre que les deux types de produits, moyens d'identification et de caractérisation des difficultés routières d'une part et des systèmes d'information et de guidage d'autre part, ont bien été proposés dans le cadre de SARI.

Concernant les méthodes d'évaluation et les connaissances, le thème transversal propose plusieurs méthodes d'évaluation qui s'adressent aux gestionnaires d'une part en termes de responsabilité et de coût et aux usagers d'autre part en termes de réduction des accidents et de compréhension des messages.

De nouvelles connaissances ont été acquises sur la compréhension des messages par les usagers, leurs attitudes vis-à-vis de la provenance du message, de son explicitation (prescriptif ou évaluatif), de son adaptation à la situation (PMV¹ / PF² ; individualisé / général), le risque perçu.

Le principal enjeu de SARI était de développer des méthodes et des outils qui soient bas-coûts pour pouvoir être déployées sur l'ensemble des routes départementales. Des efforts ont été faits par les thèmes pour étudier des solutions bas-coûts soit au niveau des méthodes de détection des risques liés à l'utilisation des routes soit au niveau des solutions d'information et d'alerte. On peut noter une des méthodes de détermination de la visibilité disponible ou le système d'alerte par flashes. Cependant d'autres méthodes ou outils développés restent encore trop coûteux pour être véritablement déployés comme le véhicule INRETS et la méthode DIARI ou le système d'information pour la réduction d'adhérence.

¹ PMV : panneau à message variable

² PF : panneau fixe

Ce constat montre qu'une suite est à prévoir sous les différentes formes accessibles aux chercheurs (ANR, FUI, projets DRI) pour que les moyens répondent aux ambitions affichées.

Contacts :

Marie-Line Gallenne
Ifsttar
Route de Bouaye
CS4
44344 Bouguenais Cedex
marie-line.gallenne@ifsttar.fr

Partenaires :

40 partenaires : 26 laboratoires publics et centres techniques (CNRS, Ecoles d'ingénieurs, INRETS LCPC, CETE et universités), ainsi que 3 conseils généraux (Côtes d'Armor, Maine-et-Loire, Essonne) et 11 entreprises (filiales de grands groupes et PME-PMI).



SURTRAIN : Sûreté et sécurité dans les transports en commun, un enjeu majeur pour les opérateurs

Eolane

Agence nationale de la Recherche

La sûreté et la sécurité ont un impact fort sur la fréquentation des transports en commun et sur les coûts de maintenance. L'approche de SURTRAIN est d'automatiser la détection de situations anormales à bord d'un train par le son, d'alerter les personnels concernés et de les aider au suivi dans le train des auteurs d'actes délictueux par l'image.

Le dialogue entre les applications et l'acquisition des flux vidéo reposent sur un réseau de communications (données, vidéo) utilisant les courants porteurs (CPL) entre les voitures. L'analyse sonore, à partir d'un réseau de microphones, détecte les cris et les bruits de bombes de type spray, les localise et alerte les autres applications. L'analyse d'images suit l'individu sélectionné par l'opérateur à travers un réseau de caméras et alerte la vidéo-surveillance lorsqu'il entre dans un sas pour l'identifier.

Une base de données constituée à partir d'enregistrements réalisés à bord d'une rame TER exploitée en service commercial a facilité la mise au point des algorithmes d'analyse de sons et d'images, ce qui a nécessité la mise en place d'équipements à demeure et le respect des contraintes ferroviaires.

• Problématique

Aujourd'hui lorsqu'un acte délictueux est commis à bord d'un train, il est certes très difficile de détecter cet acte, mais il est encore plus difficile de suivre l'individu, notamment lorsqu'il quitte le train, afin de l'interpeller. Cela est aussi vrai lorsque le délit a lieu dans une gare et que l'individu décide de prendre un train.

L'objectif du projet SURTRAIN est le développement d'une plate-forme de surveillance basée sur la mise en œuvre conjointe d'algorithmes d'analyse d'images et du son en environnement mobile et permettant la détection de situations à risque pour les passagers et la mise en œuvre rapide des mesures conservatoires par un opérateur en charge de la supervision du système de surveillance. La plate-forme présente une architecture à ressources distribuées (capteurs vidéo et audio, unités d'analyse, stockage, serveur d'application) et s'appuie sur un réseau de communication permettant un travail coopératif entre elles.

• Déroulement de l'étude

Les enjeux scientifiques et techniques du projet portent sur l'amélioration des algorithmes d'analyse d'images opérant en milieu mobile ferroviaire, ainsi que sur l'amélioration des algorithmes d'analyse sonore mis en œuvre en milieu bruité pour obtenir des solutions robustes et complémentaires.

La mise en œuvre de tels algorithmes est associée à une architecture distribuée des ressources de traitement à bord du train, un réseau inter-voitures de transmission de données à haut débit, la compression des flux vidéo pour l'optimisation de leur diffusion sur le réseau et de leur stockage à bord.

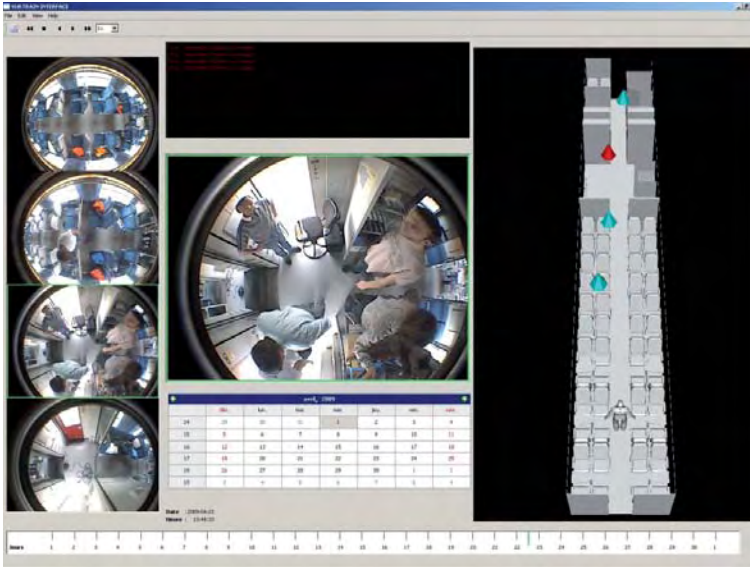
Les solutions ont été développées et évaluées au cours du projet en s'appuyant sur plusieurs campagnes de tests et d'acquisitions sur un train d'essais ainsi qu'en exploitation commerciale.

Le choix des composants matériels a été guidé pour assurer les fonctionnalités du système et prendre en compte l'intégration du matériel dans une rame circulant en service commercial: les matériels utilisés respectent les normes imposées par la SNCF à tout équipement opérationnel.

L'analyse d'images traite le problème de suivi de personnes dans un réseau de caméras équipant un train qui est constitué de caméras grand-angle placées au plafond en position verticale afin de couvrir la plus large zone possible en limitant les occultations. La méthode de suivi de personne s'appuie sur la détection des objets mobiles, un modèle 3D texturé et un filtre particulière.

Les fonctions de localisation et de détection d'événements ont été étudiées dans le contexte multi capteurs d'un réseau de microphones. Une étape de modélisation du contenu fréquentiel du fond sonore tient compte des phénomènes stationnaires. Les deux détecteurs sont fondés sur l'apprentissage de deux modèles, l'un génératif (cri) et l'autre discriminatif (bombe de peinture). Un cri est défini comme une voyelle de durée et d'énergie suffisantes.

Une des composantes de la plate-forme est le système de vidéo-surveillance exploitant les données issues des algorithmes d'analyse d'images et du son. Celui-ci est basé sur un segment bord et un segment sol. Le segment bord dispose des fonctions de capture des flux vidéo d'identification pour les enregistrer localement et les stocker de façon centralisée, alors que le segment sol stocke ces vidéos, les visualisent en différé (en direct si le lien de communication bord-sol le permet) et permet de configurer le segment bord.



• Résultats

Sur des séquences raisonnablement simples, le suivi est très performant (95% de suivi automatique de jour) mais les résultats se dégradent bien sûr avec la complexité des séquences (brusques variations de luminosité, fortes densités de personnes autour de la personne cible). Malgré tout dans le contexte de suivi supervisé (analyse hors-ligne a posteriori), l'outil peut aider l'opérateur en gérant en particulier les changements de caméras.

Le système d'analyse sonore a été évalué sur des événements simulés en conditions réelles. La sensibilité du système de localisation est suffisante pour garantir une localisation des événements considérés à savoir les cris et les bruits de bombe de peinture. Par ailleurs, aucune fausse détection n'est à déplorer lorsque le train est à l'arrêt et le taux de fausses alarmes reste très faible lorsque le véhicule est en mouvement.

Les débits mesurés sur le réseau de communication varient selon les essais menés: 50 Mbit/s en laboratoire, de 48 Mbit/s à 30 Mbit/s selon les types de rames. Les perturbations sont donc liées au type d'engins et entraînent une configuration spécifique des filtres.

Le bilan applicatif de la démonstration est positif. Il montre la faisabilité de mise en œuvre d'une plate-forme embarquée de vidéo-surveillance en service commercial intégrant, un réseau inter-voitures de caméras et de microphones. Finalement l'apport de l'approche conjointe du son et de l'image pour optimiser la réactivité des agents en cas de situation anormale et pour faciliter l'exploitation de la vidéo surveillance embarquée a clairement été mis en évidence.

• Exploitation des résultats

L'objectif du CEA est de poursuivre l'investissement commencé sur SURTRAIN en approfondissant les méthodes pour résister aux changements de luminosité et en transférant les briques technologiques développées dans le projet vers des systèmes commerciaux.

L'Ifsttar souhaite poursuivre et améliorer les résultats, notamment en exploitant conjointement les deux modalités de perception, et d'ores et déjà aujourd'hui étendre les acquis au contexte des passages à niveau.

Avec SURTRAIN, Martec renforce son expertise des solutions embarquées sur les systèmes à ressources distribuées et sur les fonctions de traitement d'images temps réel pour les applications de sécurité.

Les résultats matériels et logiciels issus du projet SURTRAIN constituent pour la SNCF un outil central pour acquérir un retour d'expérience et une maîtrise des enjeux d'exploitation de tels dispositifs. L'objectif visé est de progresser de manière significative vers l'intégration de ces systèmes dans les futurs cahiers des charges de la vidéo-surveillance intelligente embarquée.

Contacts :

Frédéric Heer
Eolane les Ulis
29, avenue de la Baltique
91140 Villebon/Yvette
frederic.heer@eolane.com

Partenaires :

CEA List
Ifsttar Leost
SNCF

DIAGHIST : Méthode de diagnostic prévisionnel de la performance des circuits de voie des Lignes à Grande Vitesse

INFRA-SNCF

Agence nationale de la Recherche

L'objectif de ce projet est la mise au point d'outils logiciels permettant d'établir le diagnostic de la performance des « circuits de voie ». Ces composants sont des éléments essentiels au fonctionnement de la signalisation ferroviaire du réseau national, en particulier du réseau grande vitesse. Le nombre élevé de ces composants (plusieurs dizaines de milliers) et les coûts de maintenance qu'ils induisent (plusieurs centaines de K€/an) justifient la recherche de solutions optimisées de surveillance de leur état afin d'en assurer la maintenance préventive la plus efficace possible.

Pour cela, des outils de reconnaissance des formes et de fusion ont été développés afin d'assurer le suivi de point de fonctionnement de ce type d'installations et estimer ainsi la dynamique du phénomène de dégradation. La disponibilité, la sécurité et la qualité de service de l'ensemble du système de transport en sont alors améliorées.

• Problématique

Pour mener à bien la surveillance des composants de l'infrastructure ferroviaire, des inspections bimensuelles sont réalisées sur les 3200 Km de lignes à grande vitesse par des engins de surveillance (rame IRIS320), qu'il convient ensuite d'analyser pour diagnostiquer les défaillances prévisibles et déclencher des actions de réparation ou de remplacement. Si les chaînes de mesures utilisées pour diagnostiquer les défauts sont des systèmes d'inspection avancés, les méthodes de dépouillement et d'analyses actuellement utilisées restent empiriques et relativement sommaires.

Rame IRIS 320



Les résultats du retour d'expérience ont laissé entrevoir des marges de progrès importantes en termes d'efficacité de la maintenance et de coûts de production, nécessitant de mettre au point de nouveaux outils d'aide à la décision pour diagnostiquer les circuits de voie¹ en exploitant l'ensemble des données numériques ainsi collectées.

• Déroulement de l'étude

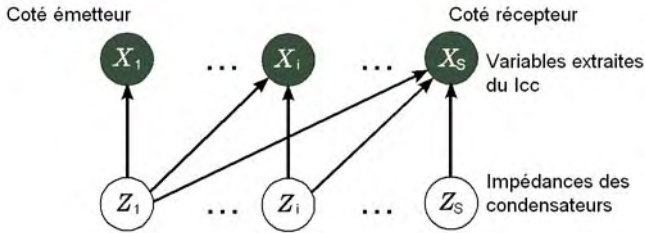
L'outil de diagnostic proposé est donc destiné à fournir l'état de fonctionnement du circuit de voie, et plus particulièrement des condensateurs d'accord qui le constituent. Le circuit de voie étudié est composé d'un émetteur injectant un courant porteur à des fréquences voisines de 2 kHz, d'un récepteur situé à environ 2 km de l'émetteur qui reçoit ce courant, hormis dans le cas où un véhicule court-circuite les rails dans l'intervalle, la section étant alors qualifiée d'« occupée ». Le contrôle-commande des trains est basé sur les états des récepteurs des circuits de voie qui autorisent ou non l'avancement des trains ; dans les versions déployées sur ligne à grande vitesse, la longueur importante des sections, couplées à la nécessité de transmettre des informations en cabine (transmission voie-machine) impose l'utilisation de condensateurs d'accord placés à intervalle régulier entre les rails. C'est l'état de ces condensateurs qui sera l'objet du diagnostic proposé.

Deux principales spécificités ont été prises en considération pour établir le diagnostic :

- la première est due à la nature multi-composant du système qui engendre un aspect multi-défauts,
- la seconde est due au système de mesure sur lequel repose le diagnostic ; celui-ci mélange en effet l'influence de l'état de plusieurs composants : un condensateur défectueux modifie le signal d'inspection sur toute la partie aval (vers le récepteur), la partie en amont restant inchangée. Dans ce contexte, l'association d'une mesure à un état de fonctionnement de chacun des composants devient une tâche complexe.

Pour tenir compte de ces deux spécificités, la tâche de diagnostic a été considérée comme un problème de « séparation de sources » où les sources correspondent aux états recherchés des condensateurs et les mélanges correspondent aux signaux d'inspection issus de la rame de mesure. Plus précisément, l'« Analyse en Facteurs Indépendants » (IFA) a été utilisée pour estimer la matrice de mélange et ainsi retrouver les variables latentes liés aux défauts à partir des seules observations extraites des signaux d'inspection.

¹ Un circuit de voie est une installation de sécurité constituée d'un émetteur, d'une ligne de transmission réalisée par les deux files de rails, et d'un récepteur. Ce circuit électrique permet de détecter la présence d'un train sur une portion de voie considérée.



• Modèle génératif pour le diagnostic

L'apprentissage de ce type de modèle est généralement fait en contexte non supervisé, c'est à dire que l'état réel des composants dont les signatures sont prélevées et utilisés lors de la phase d'apprentissage n'est pas connu a priori. En réalité une certaine expertise existe sur ces signaux qui autorise une supervision partielle du processus d'apprentissage ; la solution a consisté à faire étiqueter une base de données de 420 signaux de mesure correspondant à plus de 8000 condensateurs par 4 experts de la SNCF permettant ainsi d'incorporer dans l'apprentissage des informations pertinentes sur l'appartenance de certaines observations à des cas type de défauts.

L'apprentissage du modèle IFA est ensuite effectué en combinant ces différentes opinions d'experts via la théorie des fonctions de croyance. Les résultats obtenus, montrent que l'intégration de ces labels pallie au manque de données réelles labellisées et améliore notablement les résultats du diagnostic.

• Résultats

A partir d'un signal de mesure, le but est de fournir un indicateur sur l'état de fonctionnement de chacun des condensateurs constitutifs du système global. Le modèle IFA autorise 2 formes d'interprétation de cet indicateur : continue ou discrète. Dans un cas, il représente l'image des caractéristiques électriques du composant, dans l'autre cas, il définit l'appartenance du mode de fonctionnement à un état donné (0 pour bon fonctionnement, 1 pour défaut intermédiaire et 2 pour défaut grave). Les résultats sont présentés dans ce second mode (variables discrètes).

L'apprentissage du modèle de l'IFA à l'aide de cette base fournit le 1^{er} classifieur dit « classifieur lcc » du nom du signal de mesure utilisé. Afin d'exploiter toute l'information disponible et en particulier le second signal utile (signal Z_t), un second classifieur a été construit sur ce signal, le « classifieur Z_t ». Enfin un dernier classifieur combine les 2 décisions issues des 2 premiers classifieurs. On peut noter que les résultats sont notablement améliorés dans ce dernier cas.

%	R ₀	R ₁	R ₂
D ₀	99.7	26.8	2.5
D ₁	0.3	71.9	30.6
D ₂	0	1.3	66.9

Classifieur Icc

%	R ₀	R ₁	R ₂
D ₀	99.7	45.9	2.8
D ₁	0.1	49.2	1.9
D ₂	0.2	4.8	95.3

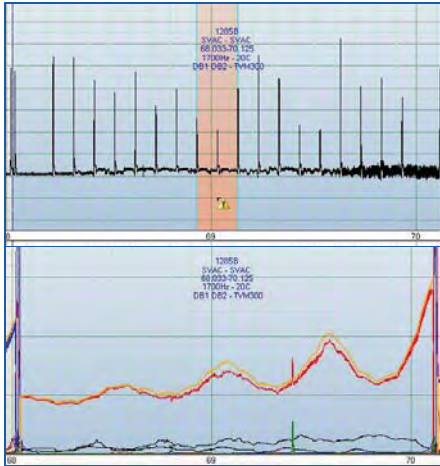
Classifieur Zt

%	R ₀	R ₁	R ₂
D ₀	99.9	28	0
D ₁	0.1	70.4	8.5
D ₂	0	1.6	91.5

Fusion Icc et Zt

Performances (en %) estimées du classifieur utilisant le signal Icc, Zt et la fusion des deux.

(R₀,R₁,R₂) sont les références, (D₀,D₁,D₂) les décisions générées par les classifieurs



Les résultats de ce classifieur ont donné lieu à la définition d'algorithmes qui ont été implémentés dans un démonstrateur « Diaghist ».

Ce traitement génère un fichier d'alarmes permettant de caractériser les condensateurs selon 3 critères :

- condensateur « absent »,
- condensateur « défectueux »
- condensateur « nominal »

• Exploitation des résultats

• Pour les organismes de recherche (INRETS et UTC) :

Initialement motivé par des besoins applicatifs liés au diagnostic d'un système de l'infrastructure ferroviaire, le projet a également donné lieu à des avancées méthodologiques. La principale concerne la mise au point de modèles génératifs paramétriques pour le diagnostic. Nous nous sommes plus particulièrement intéressés à l'intégration de connaissances sur le problème à résoudre et/ou sur les données dans les algorithmes de décision.

L'idée exploitée dans cette application, qui peut être étendue à d'autres domaines industriels, est de mettre à profit l'expertise engrangée sur les systèmes pour labelliser une partie des signaux à disposition, lesquels participent ensuite à l'apprentissage d'un modèle statistique. Nous avons en particulier formalisé le problème de l'apprentissage du modèle de l'Analyse en Facteurs Indépendants en présence de labels imprécis et incertains. Ce travail pourrait être étendu à un cadre plus général englobant l'ensemble des modèles génératifs à variables latentes avec une formulation

évidentielle qui généralise plusieurs cadres probabilistes.

Les bons résultats obtenus lors de ce projet ont permis d'initier plusieurs partenariats au delà du consortium initial, avec par exemple le laboratoire SAMM (Université Paris I) et avec l'Université Catholique de Louvain.

• Pour la SNCF :

Les résultats des différentes recherches menées, la définition de nouveaux algorithmes, les prototypes développés ont permis dans un premier temps à la Direction Infrastructure de la SNCF de mieux comprendre les modes de défaillance des circuits de voie.

Dans un second temps, ces résultats vont permettre au Département Ingénierie de Maintenance (CSC ER IM SES), d'expérimenter dès 2011 sur une portion de la ligne à grande vitesse un nouveau concept de maintenance préventive conditionnelle **prévisionnelle**.

Ce concept constitue une phase ultime d'optimisation des principes de la maintenance préventive permettant ainsi :

- de limiter les interventions préventives systématiques
- de réduire le nombre d'interventions nécessitant des interruptions de trafic et donc de libérer de la capacité pour les circulations
- d'anticiper et de gérer les interventions de maintenance au meilleur moment et donc au meilleur coût
- de suivre les évolutions des composants dans le temps pour disposer des aspects qualitatifs des dérives

Bien que très ambitieux, ce concept offre cependant le meilleur rapport Sécurité/Qualité/Coût. Il doit permettre à la Direction de l'Infrastructure SNCF d'une part de maintenir son haut niveau de connaissance et de compétitivité et d'autre part de répondre aux attentes de qualité de ses principaux clients.

Contacts :

Fabien Santos
INFRA-SNCF (Direction des Contrats et Services aux Clients)
Pôle Ingénierie de Maintenance - CSC ER IM SES
Bureau C121/A
18, rue de Dunkerque
75010 PARIS
fabien.santos@sncf.fr

Partenaires :

Ifsttar (LTN)
CNRS (Laboratoire Heudyasic, Compiègne)

Labellisé par le pôle de compétitivité Advancity

Connaissances pour la qualité et la sécurité des systèmes de transport

- Le prix « connaissances pour la qualité et la sécurité des systèmes de transport » a été attribué au projet :

CESIR-A : Influence de la consommation de médicaments sur la sécurité routière (Inserm)

- Les autres projets nommés sont :

- **Disparités des espaces du risque routier** (Ifsttar et Géosyscom)
- **ROSARINE : La place de la recherche dans les actions publiques en faveur de la sécurité routière en Europe** (Ifsttar)
- **La valeur des dommages corporels** (Université catholique de Lille)

Disparité des espaces du risque routier

Ifsttar (Département Mécanismes d'Accidents) et Géosyscom (CNRS et Université de Caen)
MEDDTL (DRI)

Les espaces urbains diffèrent à la fois dans leur conception et dans leur composition socio-économique : les habitants des quartiers défavorisés ont-ils les mêmes risques routiers que ceux d'autres quartiers ? 5 Zones Urbaines Sensibles ont été choisies dans Lille Métropole. Autant de zones de contrôle contiguës ont été sélectionnées mais dont les populations sont plus aisées. Cette démarche méthodologique a permis de mesurer le risque relatif ajusté (RRa) encourus par ceux qui habitent dans les ZUS. Les analyses montrent des différences selon les caractéristiques des populations, l'âge, le genre, la PCS, les modes de déplacements, les distances habitat/accident, les scénarios-types d'accidents... Différencier ces risques est susceptible de guider la décision en matière d'actions en faveur de la sécurité, en intégrant à la fois les dimensions sociales et spatiales de l'insécurité.

• Problématique

Il est aujourd'hui nécessaire de remettre le phénomène accident dans une perspective globale et de faire porter l'action de prévention sur les facteurs « amont » de l'insécurité pour une meilleure sécurité organisationnelle. Pour ce faire il est nécessaire d'approfondir l'origine des risques routiers. Les facteurs de risque sont nombreux et divers quant à leur origine. Certains sont de nature socio-économique. L'influence de l'âge, du sexe a pu être étudiée depuis que des chercheurs s'intéressent à la sécurité routière. Celle de caractéristiques sociales économiques et socio-spatiales est peu abordée, du moins dans des approches les reliant explicitement à l'implication dans les accidents. Un changement de perspective devient alors indispensable : ne plus s'intéresser à l'accident se déroulant dans un espace, mais à l'individu habitant un territoire pour lequel on peut mesurer un risque encouru.

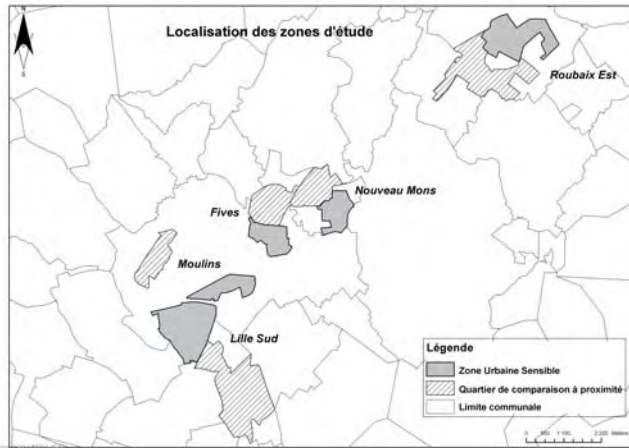
En particulier une dimension importante de la sécurité est la question des disparités territoriales et en particulier celle des inégalités sociales dans les espaces concernés.

Cette recherche sur les inégalités territoriales et la sécurité va au-delà des caractéristiques physiques des espaces eux-mêmes pour analyser le rôle de plusieurs facteurs qui influencent la mobilité et donc la sécurité :

- l'espace, dont la caractéristique morphologique, la composition socio-économique et la situation urbaine vont induire des mobilités, donc des insécurités, particulières.
- l'appropriation par les habitants, qui induit des modes d'utilisation de l'espace de proximité et qui joue un rôle dans l'insécurité observée.
- la gouvernance par les acteurs locaux, qui va infléchir les stratégies d'aménagement donc la prévention des accidents.

• Déroulement de l'étude

L'ambition de ce travail est de mesurer les risques routiers des habitants de quartiers défavorisés comparativement à celui des habitants d'autres quartiers. Il a porté sur le territoire de Lille Métropole Communauté Urbaine (LMCU). Cinq ZUS ont été choisies dans Lille Métropole. Pour réaliser des comparaisons en analysant des populations soumises à des attractivités urbaines de même nature, des zones de contrôle contiguës ont été choisies mais dont les populations ont des caractéristiques socio-économiques plus aisées.



5 couples de Zus et Zones de Contrôle sélectionnées

Un système d'information géographique, développé par l'Université de Caen, permet de spatialiser les données issues de plusieurs sources. L'INSEE informe sur les caractéristiques démographiques, sociologiques et économiques des zones étudiées. Les bases de données de LMCU informent sur les divers réseaux de déplacements, les trafics, les aménagements, la nature du bâti et des tissus urbains... Les Enquêtes Ménages Déplacements (EMD) réalisées sur un espace contenant la Communauté Urbaine de Lille, fournissent, par sondage, des informations sur la mobilité et les modes de déplacement utilisés par les populations.

L'Ifsttar a accès aux procès-verbaux d'accidents du département du Nord. Ceux impliquant les habitants des zones étudiées ont été sélectionnés, puis géolocalisés et codés.

L'analyse de l'insécurité porte ainsi sur 1 519 accidents impliquant 1 863 habitants des ZUS ou des Zones de Contrôle ; **ces accidents ont pu se produire ailleurs que dans la Communauté Urbaine**. Ceci constitue l'originalité de ce travail, le distinguant des autres recherches qui portent habituellement sur les accidents s'étant produits dans les quartiers que l'on veut étudier.

Les différentes sources d'informations peuvent être croisées pour produire des taux de risque servant à l'analyse. Cependant ces taux de risque sont différents d'un couple analysé à un autre. La procédure de Mantel-Haenszel permet alors de calculer le risque relatif ajusté (RRa) sur l'ensemble des couples de zones étudiées, c'est à dire le niveau d'insécurité qu'encourent de façon générale les habitants des quartiers défavorisés, rapporté à celui des habitants d'autres quartiers.

• Principaux résultats

Le risque relatif ajusté encouru par les habitants des zones urbaines sensibles, rapporté à celui des habitants d'autres zones est estimé à 1,366, compris dans l'intervalle [1,240 ; 1,505]. La valeur de ce risque est significativement différente de 1, avec un risque d'erreur de moins de 1%.

L'analyse a ensuite porté sur les tranches d'âge des impliqués, montrant un risque relatif ajusté sur l'ensemble des ZUS pour les jeunes gens de 20 à 39 ans de $RRa=1,462$, compris dans l'intervalle de confiance à 95% [1,263; 1,693], résultat nettement significatif. Mais la comparaison des certaines zones laisse présager des résultats différents selon que les zones accueillent ou non de nombreux étudiants (dans certaines zones la proportion d'étudiant peut-être proche de 50% de la population).

La forte proportion d'accidents de jeunes enfants de moins de 15 ans dans les ZUS semble résulter autant, si ce n'est plus, de la composition de la population que d'un sur-risque effectif (1,117, compris dans l'intervalle [0,812 ; 1,539] ce qui n'est pas significatif). Les pourcentages de jeunes enfants sont plus importants dans les ZUS. Ceci peut expliquer le nombre élevé d'accidents d'enfants constaté dans ces zones.

Une autre classe concernée semble être celle des personnes de 60 ans et plus. Le risque relatif ajusté calculé est de $RRa = 1,472$, compris dans l'intervalle de confiance [1.018 ; 2.129].

• Exploitation des résultats

L'ensemble de ces analyses a fait l'objet de présentations à Lille, dans différents services de LMCU, ainsi qu'auprès des communes concernées. Une fiche de présentation a permis de vulgariser les résultats et a été diffusée localement.

Trois articles scientifiques ont été tirés de ces travaux ainsi que huit présentations dans des colloques.

Contacts :

Dominique Fleury
Ifsttar
DMA
23 Rue Alfred Nobel
Cité Descartes
77447 Marne La Vallée Cedex 2
dominique.fleury@ifsttar.fr

Thierry Saint Gérard
Géosyscom
Bâtiment Lettres
Université
Esplanade de la Paix
14032 Caen Cedex
thierry.saint-gerand@unicaen.fr

Partenaires

CETE Méditerranée
CETE Nord Pas de Calais,
Lille Métropole Communauté Urbaine.

La place de la recherche dans les actions publiques en faveur de la sécurité routière en Europe

ROAD SAFETY RESEARCH IN EUROPEAN GOVERNANCE (ROSARINE)

Ifsttar - Département Economie et Sociologie des Transports (DEST)

Agence nationale de la Recherche

ROSARINE a pour premier objectif d'interroger l'émergence d'une gouvernance européenne multi-niveaux de la sécurité routière, en centrant l'analyse sur les milieux de la recherche en sécurité routière, c'est-à-dire sur un acteur rarement pris en compte au sein des systèmes d'action publique de sécurité routière. A partir, de cet angle singulier d'analyse, il s'agit de comprendre les usages des savoirs scientifiques dans la formulation des politiques de sécurité routière, d'interroger l'évolution des systèmes d'acteurs concernés et leurs rapports, ainsi que d'identifier les processus de convergence en Europe.

• Problématique

La question, à l'origine de ce travail, est : à quoi sert la recherche en sécurité routière ? Parmi les interrogations qui structurent le travail figure donc d'abord celle de la traduction du travail et des résultats de recherche en action publique (Quels en sont les difficultés et les échecs ? Quelles sont les stratégies suivies ? Qui sont les « passeurs » entre la recherche et l'action ?). Mais nous ne sommes pas seulement intéressés par l'usage direct des travaux de recherche dans la formulation de la décision, c'est-à-dire par l'usage des résultats de recherche. Nous le sommes aussi par l'assimilation des idées, des théories, des concepts dans les discours, les débats et les représentations d'un problème et de ses solutions. Le développement de ce travail a ainsi déplacé et élargi la question initiale vers une autre interrogation, mais qui nous semble au final plus pertinente : comment une société (ou au moins certaines de ses composantes) mobilise-t-elle sa recherche pour développer son action publique de sécurité routière ? Il s'agit ainsi de réfléchir aux usages de la science et des données qu'elle fournit par ceux qui fabriquent et mettent en œuvre les politiques publiques. Ensuite, vient celle des processus de convergence en Europe et de leurs obstacles (Dans quelle mesure peut-on parler d'eupéanisation des politiques de sécurité routière ? Quelle place occupe la communauté scientifique, ses controverses et ses productions dans un tel processus ?). Enfin, ce travail doit permettre d'ouvrir « une recherche sur la recherche », à partir du cas particulier offert par la recherche finalisée en sécurité routière.

• Déroulement de l'étude

La recherche a débuté en juin 2008 et s'achèvera en juin 2011. La démarche de recherche est appuyée sur un protocole d'enquête comparatif : diachronique (des années 1950 à aujourd'hui), international (France, Angleterre, Allemagne et Espagne) et intersectoriel (la lutte contre l'alcool au volant, la prise en compte de la sécurité dans le design des automobiles, la lutte contre les vitesses excessives). Les principaux matériaux utilisés sont de deux types : des documents archivés et des entretiens individuels approfondis menés avec des acteurs des politiques de sécurité routière des pays étudiés.

La première étape de la recherche a donné lieu au rapport intermédiaire (2010) qui réunit des présentations monographiques de l'institutionnalisation de la recherche publique en sécurité routière. Celle-ci retrace l'édification des dispositifs de recherche en sécurité routière dans trois des pays étudiés - la France, l'Allemagne et l'Angleterre – au regard de l'action publique de sécurité routière mise en place dans ces pays. Le cas espagnol ne sera présenté que dans le rapport final. La deuxième étape de la recherche, en cours de finalisation à la rédaction du présent document, porte sur les axes de la politique de sécurité routière définis au préalable et donc sur les usages de la recherche dans le développement des actions publiques de sécurité routière pour réduire les vitesses de circulation, lutter contre l'alcool au volant et favoriser l'intégration des préoccupations de sécurité routière dans la conception des véhicules. Ce travail nourrira une part essentielle du rapport final.

• Résultats

L'étude de l'édification des dispositifs de recherche en sécurité routière a permis de confirmer qu'histoire des sciences et histoire administrative doivent être menées de front pour comprendre le développement de la recherche publique en sécurité routière. On a ainsi pu construire une périodisation, dont les grandes bornes sont fixées par des réformes administratives. Les cas, dont l'étude est la plus avancée, confirment que la compréhension de cette recherche finalisée repose à la fois sur les réformes de l'administration générale et de la politique de recherche en particulier : les transformations du pilotage de la recherche publique impactent fortement celles de la recherche en sécurité routière.

L'autre piste de recherche déjà bien explorée est celle de l'existence de « styles nationaux » de politiques publiques. L'hypothèse retenue est qu'il existe des « façons de faire les choses » qui sont propres à l'Allemagne, à l'Angleterre, à la France et à l'Espagne et qui comptent plus que les différences entre secteurs d'action publique. Les modèles nationaux de « policy-making », qui se dessinent en matière de sécurité routière, conduisent ainsi à s'intéresser davantage aux systèmes de décision qu'à la décision elle-même.

On cherche ainsi à identifier des caractéristiques nationales de fabrication de la politique publique (et donc de sécurité routière) et la place qu'y occupe la recherche (en termes de commande, de produits et de constitution d'un milieu professionnel reconnu et autonome). Ce résultat ne conduit pas pour autant à ignorer la « circulation » des politiques publiques » qui prend indéniablement aujourd'hui une place croissante dans la fabrication de l'action publique. Dans le cadre d'une volonté accrue de « rationalisation » de l'action publique, on cherche ailleurs (dans le temps et dans l'espace) ce qui marche. L'expertise et la recherche jouent alors un rôle déterminant en termes de légitimation des solutions retenues/rejetées et/ou de constitution d'un réseau de diffusion des bonnes expériences.

• Perspectives

Des pistes de recherche complémentaires sont actuellement suivies. Conformément au programme de recherche proposé, les réflexions engagées étudient l'hypothèse d'une « européanisation des politiques publiques de sécurité routière ». Cela pose la question d'une convergence en cours des politiques de sécurité routière en Europe mais aussi celle de l'impact dans le cadre domestique des propositions, directives ou initiatives européennes. La notion d'européanisation implique en effet un impact vertical de la politique européenne sur les Etats membres, notamment en termes de pression au changement dans les politiques nationales, et des processus plus horizontaux d'imitation, de diffusion et d'émulation. Cette interrogation a conduit le consortium élargi à répondre au dernier appel à propositions européen sur les transports.

Contacts :

Fabrice Hamelin
DEST
Ifsttar
«Le Descartes 2»
2 rue de la Butte Verte
93166 Noisy-le-Grand Cedex
fabrice.hamelin@ifsttar.fr

Partenaires

CERMES3-CESAMES (Centre de recherche médecine, sciences, santé, santé mentale, société)
CNRS-EHESS-CRH
LATTS-Ecole des Ponts ParisTech
Ecole des Ponts Paris Tech
METICES, ULB – Belgique



CESIR-A : Combinaison d'Etudes sur la Santé et l'Insécurité Routière – Appariement de bases de données nationales

Inserm U 897, Institut de Santé Publique, d'Epidémiologie et de Développement, Université Bordeaux 2
Agence nationale de la Recherche

Certains médicaments peuvent avoir un retentissement sur les capacités de conduite de manières diverses : le plus souvent du fait d'une somnolence, mais aussi de modifications du comportement, de vertiges, de troubles de la coordination, de troubles de la vue... Dans le cadre de la démarche de prévention entreprise en 2003 par les autorités de santé, l'Agence française de sécurité sanitaire des produits de santé (Afssaps) a mis au point un système d'information des usagers sous forme de trois pictogrammes allant du niveau de risque 1 au niveau 3 ; ceci, sur la base des effets identifiés au cours des études expérimentales, cliniques et dans les données de pharmacovigilance.

Toutefois, les données épidémiologiques sur ce risque sont quasiment inexistantes. Comparativement à d'autres produits susceptibles d'altérer les capacités de conduite (alcool, drogues illicites), le rôle des médicaments est plus difficile à étudier du fait de la grande diversité des substances qu'ils contiennent.

Pour pallier ces difficultés, les principaux acteurs institutionnels concernés se sont rapprochés pour mettre en place l'étude CESIR-A, coordonnée par l'équipe « Prévention et Prise en Charge des Traumatismes » du centre de recherche INSERM U897. L'objectif est d'étudier le risque d'accident lié aux médicaments, en mettant en regard les données de remboursement des médicaments de l'Assurance Maladie avec celles sur les accidents de la circulation recueillies par les forces de l'ordre. Cette étude est le fruit d'une collaboration entre l'Afssaps, l'Institut national de la santé et la recherche médicale (Inserm), la Caisse Nationale d'Assurance Maladie des Travailleurs Salariés (CNAMTS) et l'Institut National de Recherche sur les Transports et leur Sécurité (INRETS).

Il s'agit de la plus importante étude menée à ce jour avec plus de 70 000 conducteurs, impliqués dans un accident corporel sur une période de 3 ans (2005 à 2008). C'est aussi la première étude de ce type qui permette de comparer les consommations de médicaments chez les conducteurs responsables et non responsables d'accidents.

Les résultats montrent :

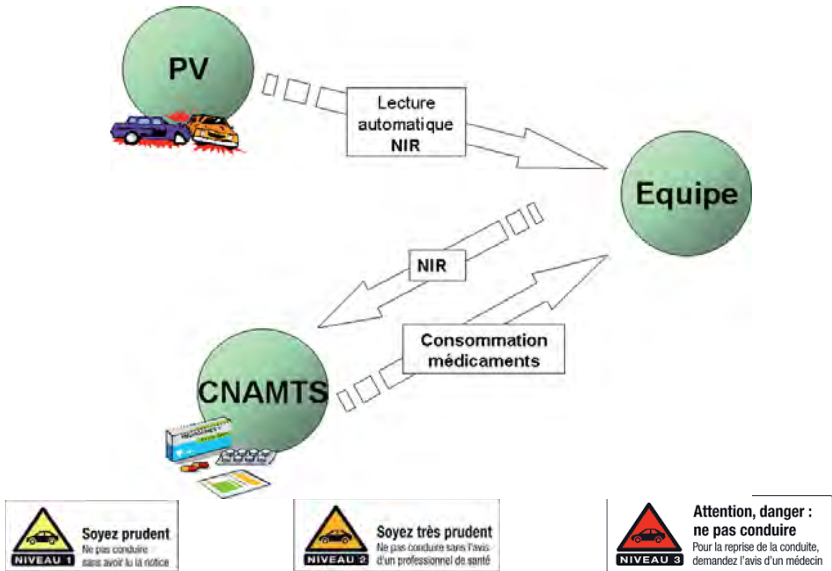
- que la prise de médicaments comportant un pictogramme de niveau 2 ou de niveau 3 est associée à une augmentation significative du risque d'être responsable d'un accident,

- que ce risque augmente avec le nombre de ces médicaments potentiellement dangereux consommés,
- que la proportion d'accidents de la route qui leur est attribuable est estimée à environ 3 %.

Outre son apport à une meilleure connaissance de l'accidentologie liée au médicament, l'étude montre la pertinence de la classification élaborée par l'Afssaps en 2005. En effet, les médicaments de niveau 1, bien qu'ayant des effets reconnus comme pouvant retentir sur les capacités de conduite, n'ont pas, en pratique, d'incidence sur l'accidentologie. Le risque principal provient bien des médicaments de niveau 2 et de niveau 3 : ce sont essentiellement des anxiolytiques, des hypnotiques, des antiépileptiques et des antidépresseurs. Ceci confirme qu'il est indispensable que les patients, amenés à prendre ce type de médicaments, respectent les messages de bon usage qui accompagnent les pictogrammes correspondants.

Projet CESIR

Quel est le rôle des médicaments dans les accidents de la circulation ?



• Problématique

Même si l'impact des facteurs liés à la santé sur l'insécurité routière est reconnu, cette thématique est encore relativement peu explorée sur le plan épidémiologique. En effet, les données de la littérature rendent compte d'une relative abondance et d'une grande diversité des tests d'évaluation des capacités cognitives et motrices mais aussi de la pauvreté de la littérature épidémiologique disponible. Les informations relevant des seuls tests psychotechniques et physiologiques ou des tests de conduite réelle ou sur simulateur ne permettent pourtant pas d'évaluer l'impact réel en population. Les travaux les plus nombreux et les plus concluants font état d'un risque associé à l'usage de benzodiazépines.

Dans le cadre du programme d'action défini par le Comité Interministériel de la Sécurité Routière (CISR), l'Agence Française de Sécurité Sanitaire des Produits de Santé (AFSSAPS) a été chargée, en 2003, d'élaborer une classification, en trois niveaux de risque, des médicaments susceptibles d'altérer les capacités de conduite. L'AFSSAPS étant partenaire du projet, les données épidémiologiques issues de l'étude CESIR-A permettront d'affiner et de valider cette gradation.

• Déroulement de l'étude

La méthodologie consiste à appairer les données de remboursement de la Caisse Nationale d'Assurance Maladie des Travailleurs Salariés (CNAMTS) avec les données sur les accidents corporels recueillies par les forces de l'ordre (Bulletins d'Analyse des Accidents de la Circulation et Procès Verbaux), grâce au partenariat avec l'Institut français des sciences des transports, de l'aménagement et des réseaux (IFSTAR, anciennement INRETS). L'échantillon d'analyse est constitué de tous les conducteurs et piétons impliqués dans un accident corporel sur la période juillet 2005 à juillet 2008 pour lesquels l'appariement est rendu possible par l'identification du numéro de sécurité sociale dans le Procès Verbal d'accident. Ainsi, ce sont plus de 70 000 conducteurs accidentés qui constituent la population d'analyse.

• Résultats

Ce projet a permis de montrer qu'un peu plus de 3% des accidents de la route en France étaient attribuables à une consommation de médicament, ce qui correspond à 120 morts et 2500 blessés chaque année. Un sur risque d'accident a été mis en évidence pour les deux derniers niveaux du pictogramme apposé sur les boîtes de médicaments (rouge et orange). Les médicaments présentant un risque pour la conduite sont classés parmi les grandes classes thérapeutiques suivantes : benzodiazépines hypnotiques et anxiolytiques, antidépresseurs, hypnotiques apparentés aux benzodiazépines, antiépileptiques et substituts des stupéfiants.

Contacts :

Emmanuel Lagarde
ISPED
Inserm U897.
Université Victor Segalen-Bordeaux 2
146 Rue Léo Saignat,
33076 Bordeaux Cedex
emmanuel.lagarde@isped.u-bordeaux2.fr

Partenaires

UMRESTTE/Ifsttar
AFSSAPS
CNAM-TS
Trans-PV AGIRA
Inserm U657
IFR 99 de santé publique
Inserm U687

La valeur des dommages corporels : une perspective économique des méthodes d'évaluation et d'harmonisation de l'indemnisation des victimes d'accidents de la route

Université catholique de Lille et Lille Economie Management
(LEM – UMR 8179 CNRS)
MEDDTL (DSCR)

Chaque année, près de 185 000 victimes sont indemnisées à la suite d'un accident de la circulation. Selon l'Association Française des Sociétés d'Assurance (AFSA), les procédures d'indemnisation ont conduit au paiement de 4,3 milliards d'euros d'indemnités environ (AFSA, 2008). Ainsi, l'indemnisation des victimes d'accidents de la circulation représente un enjeu de société considérable et elle est devenue une question d'actualité importante, comme en témoigne la rédaction de plusieurs rapports sur le sujet : le rapport déposé par le groupe de travail présidé par le professeur Yvonne Lambert-Faivre (2003), le rapport Dinthilhac (2005) et, plus récemment, le livre blanc sur l'indemnisation du dommage corporel (2008), rédigé par la Fédération Française des Sociétés d'Assurance (FFSA) et le groupement des entreprises mutuelles d'assurance (GEMA) en avril 2008.

Ces rapports mettent en évidence la nécessité de faire évoluer le système d'indemnisation du dommage corporel en vue d'harmoniser les pratiques et de répondre au mieux aux attentes des victimes. Au-delà de la question de justice qui consiste à réparer les victimes pour les préjudices qu'elles ont subis, il s'agit également de favoriser l'équité dans le traitement des victimes : toutes choses étant égales par ailleurs, un même préjudice doit être indemnisé de manière identique. Notre contribution, organisée en quatre chapitres, s'inscrit dans le prolongement de ces réflexions.

Cette recherche empirique démontre qu'il existe une certaine rationalité dans les pratiques indemnitaires. La gravité des préjudices constitue l'élément central pour déterminer le montant de l'indemnité octroyée. Cependant, des différences subsistent tant au niveau territorial qu'au niveau des pratiques, en particulier en ce qui concerne le préjudice d'agrément. Il reste que ces inégalités de traitement sont assez circonscrites. Les résultats obtenus nous amènent à formuler quatre recommandations. Elles portent sur la formation des juges au calcul économique, la création d'un observatoire, l'élaboration d'un barème indicatif et la définition de forfaits pour certains préjudices.

• Problématique

En droit français, les victimes d'un dommage corporel résultant d'un accident de la circulation peuvent bénéficier d'une offre d'indemnisation des préjudices causés par l'accident selon le principe de la réparation intégrale (Loi Badinter de 1985). La réparation du dommage doit être intégrale, c'est-à-dire qu'elle ne peut excéder le montant du préjudice, tout en permettant de « rétablir aussi exactement que possible l'équilibre détruit par le dommage et de replacer la victime aux dépens du responsable dans la situation où elle se serait trouvée si l'acte dommageable n'avait pas eu lieu ». Il convient donc d'indemniser les victimes de tous les préjudices subis afin de compenser au mieux les effets des dommages supportés. Aucun élément de cette compensation ne doit être omis ou donner lieu à une double indemnisation.

Depuis 2008, de nombreuses recommandations ou livre blanc rendus sur le sujet tendent à limiter l'insécurité juridique et les inégalités entre les justiciables. En dépit de cet intérêt croissant, les pratiques indemnitaires restent mal connues en France. Les pratiques ont-elles évoluées au cours du temps (nous parlerons ici d'hétérogénéité à travers le temps) ? Existe-t-il une disparité spatiale ? Comment les caractéristiques personnelles des victimes sont-elles prises en compte dans le calcul de l'indemnisation ? L'objectif de la recherche est répondre à ces interrogations à partir du fichier des victimes d'un dommage corporel résultant d'un accident de la circulation et qui ont été indemnisées par les assurances ou les tribunaux sur la période 2002-2008.

• Déroulement de l'étude

L'analyse des pratiques indemnitaires fait l'objet d'une attention théorique croissante, en particulier en ce qui concerne le processus d'indemnisation. Cependant, la littérature empirique reste modeste, à quelques exceptions près. La période étudiée dans cette recherche couvre les années 2002 à 2008. La base de données utilisée concerne l'ensemble des victimes indemnisées par les assurances dans le cadre de modalités transactionnelles et des plaignants dont l'indemnisation a été décidée devant les tribunaux.¹ Les disparités indemnitaires, à la fois temporelles et géographiques, nécessitent une analyse explicative approfondie, s'agissant à la fois d'en déterminer les modalités et de quantifier leur importance. A cette fin deux techniques sont mobilisées : une méthode de décomposition des inégalités, fréquemment utilisée en économie de la santé, et l'outil économétrique, plus précisément un modèle dit de Zellner (1962).

¹ 14784 victimes indemnisées en 2002, 17374 en 2003, 19272 en 2004, 19671 en 2005, 23159 en 2006, 20160 en 2007 et 19708 en 2008.

• Résultats

La question à laquelle nous tentons de répondre désormais est la suivante : une fois contrôlée l'influence de la période et l'hétérogénéité des préjudices, des caractéristiques des victimes et de l'accident, existe-t-il une différence de pratique indemnitaire d'une zone à l'autre ?

Sur la période 2002-2008, deux résultats émergent : d'abord, les différents chefs de préjudice ne sont pas indemnisés de façon indépendante ; ensuite, ceteris paribus, les inégalités de traitement à travers le territoire sont particulièrement faibles. Pour autant, elles ne sont pas nulles. Concernant l'indemnisation de l'IPP (incapacité permanente partielle), il ressort que les disparités spatiales sont peu nombreuses. Si l'on se place au niveau de la zone de compétence des tribunaux, il ressort que sur les 280 juridictions considérées dans la base de données, seules 34 semblent caractérisées par un particularisme indemnitaire significatif : 2 en ce qui concerne l'IPP, 9 pour le pretium doloris, 20 pour le préjudice esthétique et 3 pour le préjudice d'agrément. La variable spatiale ne semble donc pas appuyer l'hypothèse d'une différence d'indemnisation significative entre les victimes subissant un même préjudice d'une zone géographique à l'autre.

• Exploitation des résultats

Les résultats obtenus peuvent servir à proposer un certain nombre de recommandations, dont l'objectif général consiste à établir une meilleure connaissance des pratiques de l'indemnisation, mais aussi à améliorer les conditions d'attribution des indemnités. On peut évoquer la formation des juges au calcul économique, la création d'une organisation à la collecte d'information statistique et à la production d'études pouvant aider la décision publique, mais aussi l'élaboration d'un barème indicatif et la définition de forfaits pour certains préjudices.

Certains préjudices sont difficiles à estimer en absolu, mais également lorsqu'il s'agit d'en mesurer l'intensité. Comment peut-on mesurer et chiffrer la perte et la douleur d'un fils ou d'un père ? L'estimation de la perte affective est difficile, voire impossible à estimer. D'ailleurs, y a-t-il un sens à donner une valeur économique pour ce type de souffrance ? L'approche québécoise qui consiste à octroyer une somme forfaitaire pour reconnaître l'existence d'un préjudice sans prétendre l'indemniser dans sa totalité constitue une démarche intéressante qui permettrait à la fois d'éviter certaines dérives et l'arbitraire lorsque ce préjudice fait l'objet d'une indemnisation.

Contacts :

Nicolas Vaillant
Faculté Libre de Sciences Economiques et de Gestion
Lille Economie Management (LEM – UMR 8179 CNRS)
Université Catholique de Lille (FLSEG)
60, boulevard Vauban / BP109
59016 Lille Cedex
nicolas.vaillant@icl-lille.fr

Partenaires

DEST-Ifsttar
Laboratoire OMI Université de Reims Champagne-Ardenne
Laboratoire EA 2694 « Santé publique, Epidémiologie et
Qualité des Soins », Université Lille II

Mobilités dans les régions urbaines

Les agglomérations sont souvent devenues des régions urbaines étendues avec des morphologies diversifiées et le défi majeur pour les services de mobilité concerne, aujourd'hui, les espaces périphériques et de faible densité.

Le Predit 4 s'attache à la conception de systèmes et services de transports adaptés à ces espaces et modes de vie contemporains et ce, au regard des trois types d'enjeux du développement durable : environnementaux, de financement et de cohésion sociale.

Mais les recherches doivent également développer les connaissances et recommandations pour produire des urbanismes minimisant la dépendance à l'égard de l'automobile.

Services pour les mobilités dans les régions urbaines

- Le prix « Services pour les mobilités dans les régions urbaines » a été attribué au projet :

Développer une infrastructure de co-voiturage ? Opportunité et spécifications d'une organisation fonctionnelle et spatiale en vue d'une expérimentation en Île-de-France (Setec)

- Les autres projets nommés sont :

- CDM-Optiter-Matoda : La conception des outils de l'accessibilité territoriale : de l'état des lieux au diagnostic en passant par la concertation productive (Université Lille 1)

- SURDyn : Signalétique d'Urgence Dynamique adaptée aux usagers sourds et malentendants (Ifsttar)



Développer une infrastructure de co-voiturage ? Opportunités et spécifications d'une organisation fonctionnelle et spatiale en vue d'une expérimentation en Île-de-France

Setec International
MEDDTL (DGITM)

Le covoiturage est une des clefs pour améliorer à court terme la durabilité du système de mobilité. La présente étude montre que le développement d'un réseau de stations de covoiturage favoriserait une pratique plus massive. De nombreux partenaires publics et privés sont aujourd'hui prêts à participer à une expérimentation en Essonne.

• Problématique

Beaucoup d'efforts ont porté sur les enjeux organisationnels du covoiturage. Les besoins en termes d'infrastructures spécifiques ont été eux peu explorés jusqu'à présent alors que les aires de covoiturage se sont bien développées en France depuis le début de l'étude en janvier 2009.

Le postulat de la présente recherche est qu'avec un réseau de stations bien localisées et maillées, le covoiturage trouverait sa place dans le système de mobilité. L'existence de stations orientées vers l'amélioration du covoiturage régulier et la prise en charge du dossier par des autorités publiques lèveraient les verrous limitant les initiatives qui ont déjà vu le jour dans la sphère des systèmes et services.

Phase 1 : Opportunité de la station de covoiturage

Des interviews d'usagers et de non-usagers du covoiturage et 13 rencontres avec des acteurs (collectivités publiques, employeurs, exploitants de transports, assureurs et opérateurs de covoiturage) ont préparé une enquête quantitative sur 6 axes de déplacement représentatifs de la diversité des déplacements en Essonne et comportant recueil de caractéristiques socio-économiques, sondage d'opinion et enquête de préférences déclarées : neuf situations étaient proposées aux sondés qui avaient le choix de conserver leur mode actuel ou d'utiliser le réseau de stations de covoiturage. Une centaine de questionnaires a été exploitée par axe.

Les enquêtes ont révélé le « conservatisme » des covoitureurs qui ne savent pas en cas de problème occasionnel trouver d'autres possibilités d'appariement. La « non praticité » du covoiturage, par opposition aux autres modes, traduit le manque de fiabilité, l'impossibilité de faire face à des besoins de déplacements imprévus, les détours nécessaires, etc.

S'y ajoute le manque de confiance : craintes de l'inconnu, malaises autour des échanges d'argent, doute sur la conduite du partenaire, etc. Malgré cela, le covoiturage est perçu comme un mode convivial, économique puis écologique. L'économie réalisée en covoiturant est déterminante pour le choix modal, même si le caractère convivial est plébiscité sur le long terme. Bien que plus d'un tiers des sondés bénéficie de facilités de stationnement ou de mise en relation pour les covoitureurs au sein de leur entreprise, seuls 2,9% des personnes interrogées covoiturent aujourd'hui. Les préférences déclarées montrent que :

- L'économie d'argent incite fortement les sondés à covoiturer
- La connaissance préalable du partenaire a un impact fort (1,5 à 4,5 fois l'économie réalisable sur l'axe)
- La certification du partenaire a un impact de 0,4 à 0,9 fois celui de la connaissance du covoitureur
- La possibilité de réservation du trajet n'aurait pas d'impact significatif
- Le rôle du sondé (conducteur / passager) a un impact modéré.

Une solution de covoiturage organisée autour de stations et d'axes identifiés conduirait à un doublement de la part modale actuelle

Phase 2 : Détermination du maillage et typologie de stations

L'analyse des enquêtes permet d'identifier le public cible du réseau : femmes, ménages d'1 ou 2 personnes, ménages avec enfants de plus de 12 ans, ménages avec 2 voitures ou moins profitant au lieu de travail de conditions de stationnement avantageuses aux covoitureurs.

Conçus pour surmonter les freins identifiés pour ce public, 4 types de stations sont proposés :

- La station de services (quelques dizaines de places sur un parking d'hypermarché existant) facilite l'enchaînement des tâches quotidiennes en couplant rupture de charge et offre de services connexes, annexes au transport
- La station de correspondance (aux entrées d'autoroutes ou près des grands carrefours) réduit au maximum le temps d'attente entre covoitureurs
- La station de rabattement (en parc relais) favorise le covoiturage sur les trajets activité – pôle d'échange
- La station urbaine (poteau) sert de lieu de ralliement

L'analyse des déplacements permet de dimensionner le réseau à près de 20 stations pour couvrir l'Essonne en assurant une chalandise suffisante.



Faciliter le covoiturage nécessite aussi une politique de communication autour du réseau : événements réguliers sur la sécurité routière ou le développement durable, information permanente sur l'offre multimodale de déplacements, inscription dans le réseau complet : carte des stations, liste des partenaires, lien vers des sites Internet...

Le totem



L'identification visuelle des stations passe par le mobilier urbain : totem, marquage au sol, panneau d'affichage, etc. Le site Internet doit offrir une vue d'ensemble du réseau sans concurrencer les sites de mise en relation.

Des acteurs institutionnels (Conseils Généraux de l'Essonne, des Yvelines, RATP, SNCF, STIF, Etablissement Public de Paris-Saclay) et privés (Carrefour, Intermarché) sont prêts à contribuer à une telle expérimentation. Son évaluation doit valider l'efficacité des préconisations de l'étude et approfondir la réflexion sur d'autres sujets (fraude, contrôle, concurrence aux transports en commun, nouveaux usages imprévus).

• Exploitation des résultats

Le public et les acteurs institutionnels ou privés ont pris conscience que le covoiturage peut apporter des réponses aux problèmes de mobilité. Un changement massif nécessite de mutualiser les efforts autour d'une vision partagée. Une telle coordination est possible au niveau du département. Le réseau de stations ne sera qu'un facilitateur de mutation des comportements, la généralisation du covoiturage n'est elle-même qu'un aspect du changement vers une mobilité durable.

L'étude a suscité un vif intérêt chez les acteurs publics et privés et des réflexions sont menées pour concrétiser l'expérimentation. Le Conseil Général de l'Essonne s'en inspire d'ores et déjà pour mettre en œuvre quelques aires de covoiturage en 2012.

Contacts :

Alain Bloch
Setec International
Tour Gamma D
58 quai de la Rapée
75583 PARIS Cedex 12
bloch@inter.setec.fr

Partenaires :

6-T
AlyceSofreco
Setec ITS

La conception des outils de l'accessibilité territoriale : de l'état des lieux au diagnostic en passant par la concertation productive

Laboratoire TVES de l'Université Lille 1 et Onada (Observatoire National de l'Aménagement Durable Accessible)
MEDDTL (DGITM)

Trois sites expérimentaux ont fait l'objet d'une recherche approfondie sur la thématique de l'accessibilité en direction des populations touchées par une déficience visuelle, auditive, cognitive et/ou motrice. Il s'agit ici de conceptualiser et rendre opérationnel un outil permettant de réaliser un diagnostic de l'accessibilité dans différentes configurations spatiales et territoriales :

- Diagnostic dans une gare ou un point d'Arrêt non Géré (PANG) localisé dans un milieu hétérogène (urbain, périurbain, rural) au cœur de la région Picardie
- Diagnostic d'une ligne de transport ferré et routière pour la région Centre
- Diagnostic de la chaîne de déplacements au sein du département du Val de Marne

• Problématique

Avec quels outils peut-on rendre accessible les territoires français et européens ?

Le projet de recherche s'est appuyé sur trois sites pilotes, permettant de développer différentes thématiques complémentaires :

Région Picardie : Accessibilité des pôles d'échanges et nouveaux modes de concertation

Région Centre : Evaluation de l'accessibilité d'un réseau TER en région Centre

Département du Val de Marne : Accessibilité de la chaîne de déplacements

Cet outil issu de la recherche à vocation opérationnelle peut être utilisée sur l'ensemble du territoire national et à différentes échelles de responsabilité administrative. Les outils conceptualisés et réalisés pour ces trois sites constituent une réelle avancée pour un accroissement continu de l'accessibilité territoriale : identifier/visualiser les ruptures d'accessibilité et faciliter les décisions d'actions (pour l'usager et le politique).

Les travaux sont basés sur une approche réglementaire qui prend en compte également les usages de l'espace par les différentes populations. Cela se traduit par l'implication de trois logiques spatiales complémentaires : une logique d'axe (relative aux transports en commun), une logique de point (accessibilité d'un bâtiment) et une logique de chaîne de déplacements qui met en relation l'ensemble des espaces de vie de nos territoires : du logement à un établissement recevant du public en utilisant les transports en commun et l'espace public.

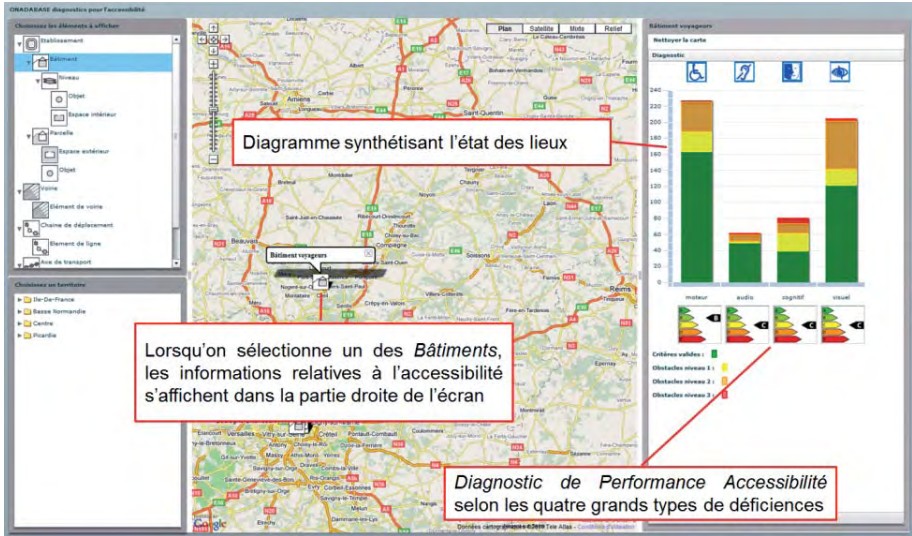
• Déroulement de l'étude et méthodologie

Notre démarche repose sur un processus itératif permettant un va et vient constant entre les besoins des populations, des partenaires et les avancées conceptuelles autour de l'outil développé au laboratoire TVES.

• Principaux résultats et perspectives

Les résultats de cette recherche se concrétisent par la création de nouveaux concepts s'appuyant sur un outil informatique à vocation opérationnelle :

- Création d'un outil permettant l'actualisation des bases de données territoriales sur l'accessibilité (ONADABASE) et ce, à différentes échelles. Cet outil permet également une visualisation des points validés (offrant une bonne accessibilité) et des points de ruptures (non accessibles au regard de la réglementation et du respect de critères de mobilité).
- Création d'un nouveau concept basé sur l'Handimension : dimensionner l'espace sur la base des différentes formes de handicap. Les « handicateurs », permettent de pondérer les critères d'accessibilité au regard de la déficience subie. Par exemple, un ressaut peut être considéré comme un obstacle pour le déficient moteur circulant en fauteuil roulant manuel et, au contraire comme un guide au sol pour les déficients visuels. Les handicateurs permettent dans le cas présent, lors d'un état des lieux (diagnostic accessibilité) d'accorder une valeur de gêne forte pour une forme de déficience et faible voire nulle pour l'autre :
 - un handicateur de Niveau 1 est associé à un critère de contrôle dont le non-respect gêne partiellement l'utilisation de l'objet ou l'usage de l'espace sans en empêcher l'usage autonome
 - un handicateur de Niveau 2 est associé à un critère de contrôle dont le non-respect réduit l'autonomie d'utilisation de l'objet ou d'usage de l'espace
 - un handicateur de Niveau 3 est associé à un critère de contrôle dont le non-respect empêche totalement l'utilisation de l'objet ou l'usage de l'espace



Interface de visualisation des résultats du diagnostic accessibilité ici à l'échelle d'un bâtiment

- Détermination d'un nouveau territoire permettant une concertation productive : le bassin de gare. S'inspirant de la notion de « territoire vécu », le concept de bassin de gare a pour objectif de faciliter la visualisation des interactions entre la population et son territoire. Cela a permis de définir les zones d'influence des gares, mais aussi de rassembler autour de la table de la concertation tous les acteurs impliqués.
- Création d'un nouveau mode de visualisation du niveau d'accessibilité d'un bâtiment à toutes les échelles géographiques : d'une unité administrative, au composant d'un bâtiment (une place de parking, une porte) : le DPA (Diagnostic Performance Accessibilité)

Les perspectives d'avenir viseront à perfectionner l'ergonomie de l'interface graphique notamment en réduisant le nombre de critères affichés simultanément à l'écran à travers une scénarisation plus poussée des questions. A plus court terme, différents développements peuvent être programmés dans le temps :

- Création d'un module statistique
- Cartographie de la voirie selon une logique de recherche d'itinéraires accessibles

Aujourd'hui, les outils s'enrichissent avec notamment l'apparition de solutions techniques associées au problème d'accessibilité observé, identifié et localisé. A ces solutions techniques, il semble aussi indispensable de configurer une base de données qui évalue les coûts des solutions préconisées. Il apparaît également tout à fait pertinent d'ajouter de nouveaux paramètres de contrôle destinés à l'évaluation de l'accessibilité des modes de transport (bus, tramways...), des logements et espaces de travail.

Cette première phase de recherche a dégagé les atouts d'un outil pouvant capitaliser une multitude d'informations ayant trait à la gestion communale ou intercommunale. De ce fait, de nouvelles bases de données pourront se greffer sur cet outil dépassant le cadre unique de l'accessibilité.

Cette recherche apporte un certain nombre de réponses aux chercheurs mais donne également de nouvelles pistes de travail et d'investigations des territoires aux responsables des collectivités : comment mieux appréhender les contraintes territoriales, comment bien identifier les problèmes techniques de mobilité et d'utilisation des services publics et comment répondre au mieux aux légitimes préoccupations des citoyens.

Cette première pierre posée avec les collectivités partenaires, constitue une véritable valorisation de la recherche à vocation opérationnelle.

Conséquences scientifiques des recherches pour le Laboratoire TVES

Mise en place en 2011 d'un consortium Accessibilité dans la Région Nord-Pas de Calais avec différents partenaires associatifs, professionnels du bâtiment, et des chercheurs internationaux

Nouvelles recherches en cours et en préparation :

- Convention de recherche avec un bailleur social « ALCEANE », 2010-2013 : conception d'un outil de diagnostic et de gestion patrimoniale intégrant la dimension architecturale, urbanistique et celle du logement social. Innovation technique, informatique et méthodologie d'investigation de terrain reposant notamment sur les « handicataires » d'accessibilité territoriale
- Convention de recherche avec la commune de Trouville sur mer, 2009-2011 : évaluation d'un outil de diagnostic territorial sur la thématique de l'accessibilité de la voirie et des bâtiments publics communaux. Mise en place globale d'un PMAVEP (Plan de Mise en Accessibilité de la Voirie et des Espaces Publics)
- Mise en place d'une convention de recherche avec Véolia Environnement (cellule recherche et innovation) et le Groupe CityWay, 2011-2013 : développement des outils de diagnostics et de visualisation dans la recherche d'itinéraires accessibles au regard des quatre grandes formes de déficiences tout en intégrant les normes européennes IFOPT
- Mise en place d'un réseau de recherches avec des chercheurs européens et internationaux
- Création d'un progiciel à venir G.EV.U. (Globale Evaluation Urbaine) intégrant de nouveaux paramètres capitalisant des bases de données territoriales.

Conséquences scientifiques des recherches pour ONADA (partenaire du projet)

Mise en place en 2011 d'un consortium Accessibilité dans la Région Nord-Pas de Calais avec différents partenaires associatifs, professionnels du bâtiment, et des chercheurs internationaux

Nouvelles recherches en cours et en préparation :

2009 : ONADA a développé un logiciel avec un partenaire privé afin de réaliser des diagnostics accessibilité « ERP » dans lequel sont intégrés les solutions techniques, les coûts et des indices de gêne. Avec une école d'ingénieurs (ISEN), ONADA a développé un logiciel de diagnostics « voirie » permettant l'élaboration du PMAVEP (Plan de Mise en Accessibilité de la Voirie et des Espaces Publics).

2010 : ONADA a créé un partenariat avec la société WebGeoServices afin de pouvoir utiliser et valoriser les bases de données d'accessibilité de terrain, permettant l'utilisation des interfaces cartographiques que proposent non seulement Google Maps, Google Earth, l'IGN et les services du Cadastre, mais aussi les fonds cartographiques réalisés soit par les utilisateurs soit par ONADA.

Ainsi les informations collectées permettent de capitaliser une multitude d'informations de tous ordres et pas seulement celles relatives à l'accessibilité. Elus et techniciens peuvent ainsi visualiser leurs territoires et pérenniser les informations mais aussi communiquer avec les usagers via des plates-formes collaboratives plus ou moins ouvertes en fonction des autorisations d'accès aux sites ONADABASES.

2011 : ONADA affine, avec un groupement d'associations d'usagers et de fondations, une école d'ingénieurs (POLYTECH) et des collectivités locales partenaires, les indices de gêne afin de réaliser une étiquette fiable de l'accessibilité qui aurait vocation à s'afficher (tel le diagnostic de performances énergétiques) et permettrait aux utilisateurs de la voirie, des espaces publics et des ERP de mesurer le degré d'accessibilité des cheminements qu'ils souhaitent emprunter, soit sur site, soit via le site d'ONADABASE mis à la disposition des collectivités locales et des gestionnaires.

Quelques travaux réalisés avec ces outils depuis 2008:

- Diagnostic ERP de la ville de Villeneuve d'Ascq et programmation des travaux de mise en accessibilité
- Diagnostic d'une partie des ERP du territoire de Trouville
- Diagnostic territorial complet de la Ville de Lezennes (ERP/PMAVEP/CCAPH)
- Référentiels accessibilité des ERP de l'OREAL, IDGROUP et SEPHORA.

Tous ces travaux réalisés par ONADA sont des mises en application des travaux PREDIT à des fins de recherche appliquée afin d'en affiner les résultats et d'optimiser le volet opérationnel.

Contacts :

Franck Bodin
Laboratoire TVES
Université des Sciences et Technologies de Lille 1
35 Rue Sainte Catherine
59000 Lille
bodin.franck@gmail.com

Partenaires :

Région Picardie
Région Centre
Département du Val-de-Marne
SNCF
RFF

SURDyn : Signalétique d'Urgence Dynamique adaptée aux usagers sourds et malentendants

Lescot-Ifsttar
MEDDTL-DGITM

Le projet SURDyn a proposé une solution au problème rencontré par les personnes sourdes et malentendantes qui n'ont pas accès aux informations de perturbation diffusées en mode sonore dans les transports. Cette solution, dont la faisabilité a été testée dans le cadre du projet, est la transcription des messages sonores en messages visuels graphiques.

• Problématique

Certaines informations voyageurs ne sont pas accessibles aux personnes sourdes et malentendantes dans les transports car elles sont délivrées dans une modalité auditive (par haut-parleurs). L'impossibilité d'entendre et de traiter en temps réel les messages d'urgence (évacuation) et de perturbation en cas d'imprévus (retard, annulation de trains...) pénalisent grandement ces voyageurs et soulève des questions tant du point de vue de leur sécurité, de leur confort de déplacement, que de leur droit à bénéficier du même niveau de service que les autres voyageurs.

L'utilisation de supports visuels graphiques pourrait être une alternative à développer pour remédier à cette situation de handicap rencontrée par les personnes sourdes et malentendantes. Le Laboratoire d'Informatique pour la Mécanique et les Sciences de l'Ingénieur (LIMSI) a déjà ouvert une brèche dans cette direction en développant, en partenariat avec la SNCF et Websourd, un signeur virtuel baptisé JADE, destiné à transmettre en langue des signes les messages oraux. Cette solution en cours de mise en place dans les gares est très efficace mais ne peut rester le seul mode de transcription des messages sonores à destination des personnes sourdes et malentendantes. En effet, la langue des signes est peu pratiquée par les personnes devenues sourdes ou malentendantes par accident ou du fait du vieillissement, qui constituent par ailleurs la majorité des personnes sourdes et malentendantes dans la population.

Une fois identifiée comme une piste de solution à approfondir, la transcription graphique des messages sonores pose la question du choix du format à adopter. Des pictogrammes sont-ils plus adaptés pour traduire les messages sonores ou faut-il leur donner un caractère plus dynamique en les animant ? Plus généralement, la transcription de messages sonores en messages graphiques est-elle réalisable ? Peut-on obtenir une solution aisément compréhensible pour les personnes sourdes et malentendantes quelle que soit l'origine de la surdité ? Telles sont les questions qui ont été traitées par le projet SURDyn.

• Déroulement de l'étude

Le projet a été mené en 4 phases :

- 1) Définition et analyse du corpus des messages sonores à traduire, définition de la population cible
- 2) Conception du mode de traduction, réalisation de la traduction de quelques messages et mise au point du protocole expérimental
- 3) Test en laboratoire de la compréhension des messages graphiques, auprès d'un échantillon de la population cible
- 4) Exploitation des résultats et mise en forme des conclusions du projet

Le choix des messages à traduire a été effectué à partir de la base des messages sonores de la SNCF. Cinq messages ont été retenus pour la traduction et le test (figure 1) dont quatre messages de perturbation : changement de voie d'un train (M1), retard d'un train (M2), suppression d'un train (M3), perturbation générale de la circulation des trains (M4), et un message sécuritaire : passage d'un train, se reculer de la bordure du quai (M5). Ces messages sont tous conçus sur le même modèle, dans lequel on retrouve : une première partie visant à attirer l'attention du voyageur (alerte), une deuxième évoquant éventuellement le motif de la perturbation (motif), une troisième décrivant l'événement ou la recommandation exprimée (événement ou guidage).

En référence à la littérature du domaine de l'animation, quatre formats ont été conçus : le format statique avec une image dont le contenu est statique et condensé ; le format progressif : c'est la même image dont le contenu apparaît progressivement, en trois étapes ; le format animé : c'est le format progressif enrichi par des micro mouvements qui lie les éléments ; le format « bande-dessinée » (BD) : il s'agit d'un découpage de l'information en trois images qui apparaissent successivement et qui sont rémanentes.

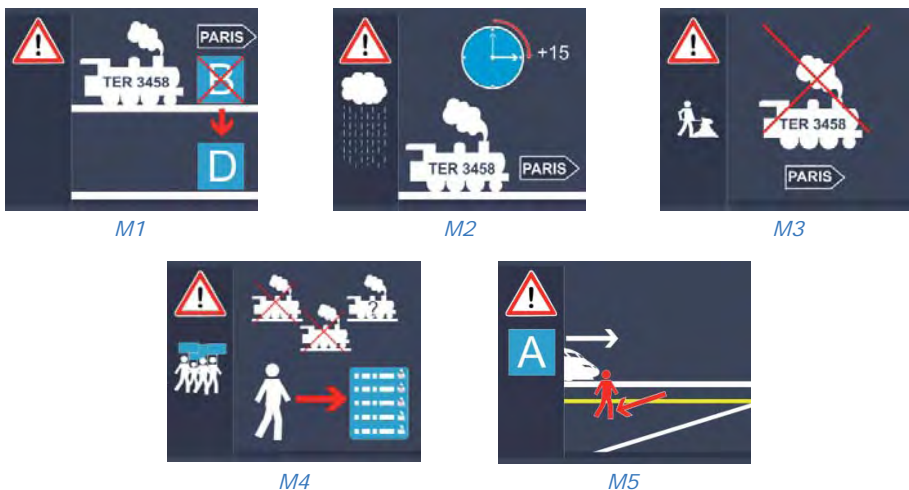


Figure 1 : Les cinq messages en format statique

Trois groupes ont été définis dans la population des personnes sourdes et malentendantes, ciblée par l'étude et au final, l'échantillon de personnes qui ont participé à l'expérimentation a été constitué de : 36 personnes sourdes de naissance, 32 personnes devenues sourdes et 20 personnes ayant une surdité liée à l'âge.

Le protocole expérimental comportait une première phase de recueil des caractéristiques des participants. La 2ème phase consistait à présenter sur un écran en salle les 5 messages dans les 4 formats et à recueillir les verbalisations des participants (compréhension et préférences).

• Résultats et discussion

Globalement, le projet SURDyn montre que la traduction des messages sonores en messages visuels est faisable et compréhensible pour les personnes sourdes et malentendantes, quelle que soit l'origine de leur surdité. L'analyse de la compréhension en distinguant chacun des 5 messages proposés (figure 2) montre que trois messages sont bien compris (M1, M2, M3) un quatrième un peu moins (M5). En revanche, M4 n'a pas été bien compris quel que soit le format considéré (entre 20 et 30% de compréhension). Cet échec est probablement dû à la difficulté de la transcription graphique de concepts abstraits comme la grève ou la perturbation générale de la circulation des trains.

La comparaison des formats montre que le format animé est le mieux compris. Il est également celui qui est préféré, quel que soit le groupe considéré. Ce résultat est en accord avec ceux de la littérature : l'introduction de l'animation favorise le traitement de l'information visuelle.

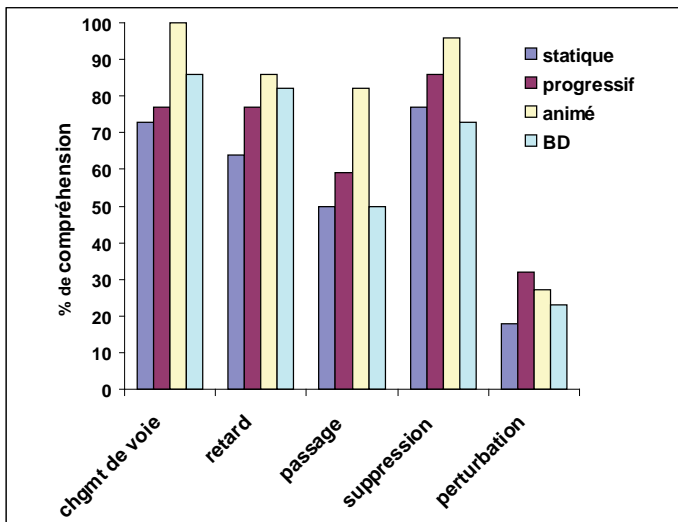


Figure 2 : Pourcentage de compréhension de chaque message selon le format

• Conclusion et perspectives

Le mode de traduction conçu constitue une proposition qu'il conviendra d'améliorer pour la rendre pleinement efficace et acceptable. Plusieurs pistes de suite ont été envisagées. Le matériel conçu pourra également être testé auprès d'autres populations, par exemple les personnes en situation de handicap mental, psychique ou cognitif, les personnes illettrées, ou bien les personnes ne maîtrisant pas la langue du pays. Cette dernière question des différences culturelles a été abordée par le biais d'une coopération impliquant un laboratoire de l'Université de Bourgogne (LEAD) et un chercheur australien, avec une expérimentation reprenant le matériel SURDyn, menée d'une part avec un groupe d'étudiants français, d'autre part avec un groupe d'étudiants australiens. La question des mécanismes cognitifs en jeu lors de la prise d'information visuelle, particulièrement sur des images animées a également été concrétisée avec le LEAD par un co-encadrement d'une thèse de l'Ifsttar/Lescot sur le sujet. Enfin, du point de vue de la poursuite du développement de la solution de traduction proposée, un nouveau projet a été élaboré. Il vise à concevoir un couplage entre les messages SURDyn et le signeur virtuel Jade et à le tester en situation ; impliquant l'Ifsttar/Lescot, le LEAD, WebSourd et le Certu, il a été déposé auprès du Predit en mars 2011, en réponse à l'appel à proposition du GO2 portant sur la gestion des situations de crise et de perturbations dans les transports.

Contacts :

Laurence Paire-Ficout
laurence.paire-ficout@ifsttar.fr

Aline Alauzet
aline.alauzet@ifsttar.fr

Institut français des sciences et technologies des transports,
de l'aménagement et des réseaux
Laboratoire Ergonomie et Sciences Cognitives pour les
Transports
IFSTTAR- LESCOT
25 avenue François Mitterrand
Case 24
69675 Bron Cedex

Partenaires :

CERTU, Centre d'Etudes sur les Réseaux, les Transports,
l'Urbanisme et les constructions publiques
ENTPE, Département Génie Civil et Bâtiment (DGCB), URA
CNRS 1652

*Les messages conçus ont fait l'objet d'un dépôt de brevet.
La propriété intellectuelle appartient à l'Ifsttar.*

Connaissances pour les mobilités dans les régions urbaines

- **Le prix « Connaissances pour les mobilités dans les régions urbaines » a été attribué au projet :**

Le concept de ville cohérente : réponse aux débats entre ville étalée et ville compacte (Université Paris 12)

- **Les autres projets nommés sont :**

- **PARADI : Participation à des activités non résidentielles et analyse des durées investies** (Ifsttar)

- **Stationnement et requalification d'une avenue commerçante dans des communes de banlieue : l'analyse rétrospective d'une concertation dans l'agglomération lilloise**
(Cete Nord-Picardie)

- **La marche au cœur des mobilités : une démarche innovante** (RATP)

PARADI : Participation à des Activités non Résidentielles et Analyse des Durées Investies

Ifsttar, Département Economie et Sociologie des Transports
(Dest)
Ademe

L'objet de cette étude est de s'intéresser, à la fois d'un point de vue théorique et empirique, à la formation des processus individuels relatifs à la participation à des activités hors du domicile, à la dépense en temps lors de ces activités, à la dépense en temps de transport et à la distance totale parcourue. La littérature sur le sujet est abondante mais la plupart des travaux existants ne s'intéressent souvent qu'à une seule de ces dimensions. L'approche proposée montre l'importance et les gains liés au fait de les considérer dans leur ensemble.

• Déroulement de l'étude

L'analyse est réalisée en quatre étapes. Dans un premier temps sont discutés les fondements microéconomiques des aspects extensifs (choix) et intensifs (dépenses) de la demande d'activités hors du domicile et de la demande de transport résultante. Les interrelations entre ces deux blocs (activités et transport), les choix et demandes afférents sont détaillés. Un certains nombres d'hypothèses permettant de générer un cadre normatif qui puisse être utilisé pour des applications empiriques est proposé.

Dans un second temps sont discutées les données provenant de l'enquête globale de transport 2001-2002 d'Île-de-France (DREIF, 2004). Deux sous-populations spécifiques sont étudiées : la population des retraités et celle des actifs en recherche d'emploi. Quatre raisons principales motivent ce choix : le vieillissement de la population, le taux de chômage supérieur à la moyenne nationale en Île-de-France, le fait de ne pas être contraint par l'activité « travail », les relativement grandes proportions d'individus ne sortant pas de leur domicile. De nombreuses statistiques descriptives sont produites pour ces deux sous-populations d'intérêt.

Dans une troisième partie le modèle économétrique est spécifié. Il s'agit d'un système d'équations simultanées en présence de relations causales et induites entre quatre variables clé : sortir ou non du domicile, la durée passée hors du domicile pour réaliser des activités autres que le transport, la durée dépensée en transport, et la distance totale parcourue. C'est un modèle conditionnel dans la mesure où il ne s'intéresse pas aux choix d'activités et de transport (à l'exception du fait de sortir du domicile) mais seulement aux dépenses en temps et la distance totale parcourue.

La formulation statistique du modèle et son estimation en deux étapes, maximum de vraisemblance pour la forme réduite et moindres carrés asymptotiques pour la forme structurelle, moyennant contraintes d'exclusion sur certaines variables exogènes pour identification des paramètres structurels, sont détaillées.

La quatrième partie de l'étude présente les résultats pour les deux populations d'intérêt. De nombreux résultats (estimations et élasticités) sont présentés et interprétés.

• Résultats

Pour la population des retraités, les résultats montrent qu'un accroissement de la vitesse moyenne de déplacement augmente sensiblement la probabilité de réaliser des activités hors du domicile (liée à l'augmentation de l'accessibilité à d'autres destinations), la durée passée à réaliser ces activités, et la distance totale parcourue. Le budget temps de transport, quant à lui, ne varie pas. Pour la population des actifs en recherche d'emploi, l'accroissement de la vitesse moyenne de déplacement n'augmente pas la probabilité de réaliser des activités hors du domicile mais fait croître sensiblement le budget temps de transport et la distance totale parcourue. La durée investie dans les activités autres que le transport diminue considérablement. A court terme, le gain technologique lié à l'accroissement de la vitesse moyenne conduit à spécialiser ses durées d'activités à la recherche d'emploi à des destinations plus lointaines.

Elasticités	Retraités	Actifs sans emploi
Participation (sortir du domicile)	0.52 (1.64)	0.38 (0.67)
Durée des activités	0.80 (2.48)	-2.99 (-3.03)
Durée de transport	0.58 (1.24)	0.91 (2.50)
Distance totale parcourue	1.38 (4.48)	1.95 (4.78)
Accroissement de 1% de la vitesse moyenne de déplacement (t-stat entre parenthèses)		

L'étude plus fine des relations causales entre les quatre variables clés du système montre que leurs interactions sont différentes selon les populations étudiées. Concernant les actifs sans emploi, le processus de participation à des activités hors du domicile n'est pas influencé par les autres composantes du système. Par contre, nous observons des effets croisés statistiquement significatifs et positifs pour les trois autres dimensions du système : plus la durée de transport est grande, plus la durée des activités à réaliser est grande ; plus la distance totale à parcourir est grande, plus la durée passée à réaliser des activités est grande mais moins que proportionnellement ; plus la distance parcourue est grande, plus le temps de transport est grand mais moins que proportionnellement. Pour la population des retraités, les résultats sont similaires. Ils diffèrent essentiellement sur l'importance de deux effets croisés : probabilité de sortir du domicile et durée souhaitée à réaliser des activités autres que le transport, durée des activités et temps de transport.

Elasticité de	Par rapport à	Retraités	Actifs sans emploi
Participation (sortir du domicile)	Durée des activités	0.38 (1.76)	0.37 (0.63)
Participation (sortir du domicile)	Temps de transport	0.26 (0.28)	-0.36 (-0.52)
Participation (sortir du domicile)	Distance parcourue	1.61 (1.40)	0.20 (0.66)
Durée des activités	Temps de transport	3.60 (1.33)	1.08 (3.31)
Durée des activités	Distance parcourue	0.99 (3.86)	0.51 (2.73)
Temps de transport	Durée des activités	0.28 (1.33)	0.91 (3.76)
Temps de transport	Distance parcourue	0.28 (1.71)	0.48 (4.77)
Distance totale parcourue	Durée des activités	1.01 (3.86)	1.92 (3.91)
Distance totale parcourue	Temps de transport	3.62 (1.71)	2.05 (4.56)
Elasticité croisée des variables expliquées (variation de 1%, t-stat entre parenthèses)			

Les résultats montrent par ailleurs l'influence des caractéristiques socio-économiques et démographiques des individus sur les différentes variables étudiées : localisation résidentielle, équipement automobile, titre de transport en commun, âge, revenu, taille du ménage, sexe, jouent différents rôles sur les probabilités de participer à des activités hors du domicile ainsi que les dépenses en temps et distances parcourues. Nous renvoyons le lecteur à la lecture du rapport de l'étude pour une discussion détaillée de ces effets.

• Exploitation des résultats

Cette étude apporte deux contributions. La première est d'ordre méthodologique car elle permet de modéliser de façon explicite les liens qui unissent différentes dimensions intensives (durées et distances) de la demande d'activités et de transport. La seconde est d'ordre empirique car les résultats obtenus montrent que la définition de politiques de transport a des effets fortement différenciés selon les populations étudiées.

Outre le rapport, disponible sur simple demande auprès de l'auteur, le travail effectué a fait l'objet de présentations lors de conférences. Un article est en cours de préparation pour publications dans une revue scientifique.

Contacts :

Matthieu de Lapparent
Ifsttar
Département Economie et Sociologie des Transports
2, rue de la Butte Verte
93160 Noisy-le-Grand Cedex
matthieu.de.lapparent@ifsttar.fr



La ville cohérente : réponse aux débats entre ville étalée et ville compacte ?

LVMT (Ifsttar, Université Paris-Est et ENPC)
Ademe

On désigne par « ville cohérente » un agencement urbain tel que chacun puisse atteindre en moins de x minutes son lieu de travail, x variant de 20 à 45 minutes et ayant pour référence 30 minutes pour le terrain francilien étudié. La recherche vise à répondre aux questions suivantes : cet agencement est-il possible en Île-de-France ? Quelle part de la population concerne-t-il ? Quelles évolutions seraient nécessaires en termes de construction de logements ? Quels en seraient les bénéfices en termes de réduction du trafic automobile ?

• Problématique

La ville étalée inquiète les pouvoirs publics pour des raisons urbaines (tout sauf Los Angeles), environnementales (consommation croissante d'espace et dépendance automobile), sociales (précarisation énergétique des couches moyennes).

Face à ces enjeux, la notion de compacité urbaine, héritée de la ville européenne, s'est imposée bien que, a priori, la compacité de l'agencement n'épuise en rien la question de la maîtrise des distances à parcourir. Si Montreuil et La Défense se situent en zone dense francilienne, il n'est pas indifférent que l'actif résidant à Montreuil travaille à Montreuil ou à La Défense. Ce type de limite est à l'origine du concept de ville cohérente : alors que la notion de ville compacte implique la proximité de tous à tous, celle de ville cohérente implique une proximité de chacun aux principaux endroits où il a à se rendre. La proximité, vertu de la compacité est conservée mais allégée ; la cohérence fonctionnelle y est exigée. Dès lors notre analyse consiste à représenter ce que serait le territoire francilien si l'on se donnait pour contrainte que chacun réside à moins de x minutes de son travail, et à dérouler les conséquences positives et négatives.

• Déroulement : techniques utilisées

Pour mettre en œuvre le concept nous avons retenu un découpage par commune de la région francilienne (excepté pour Paris). Menée à partir du recensement de 1999 (RGP), la qualification des zones est très désagrégée (emplois, ménages, logements). Les distances entre zones de domicile et de travail, calculées à partir du RGP, sont converties en durée par la matrice des temps de parcours de commune à commune en voiture et en transport public (DREIF). Par ailleurs, la description des parcs de logement inclut les prix au m² à l'achat ou à la location.

Pour simuler la ville cohérente, la procédure sépare la population de ménages en deux groupes, les ménages « bien localisés » et les ménages « mal localisés ». Les groupes sont définis à partir d'un seuil de durée de migration en voiture ou en transport en commun, « x ». Tout ménage est classé « mal localisé » si le trajet d'un ou des actifs à leur lieu de travail est supérieur à « x ». À l'issue de la simulation, ce ménage sera «relogé » plus près du lieu de travail de l'actif (ou d'un des deux lieux de travail), et ce, dans les mêmes conditions de logement que les ménages du même type vivant dans le bassin de son lieu d'emploi. Les ménages sont, à cette fin, classés en 108 catégories et les logements en 36 types. Dès lors, un ménage « relocalisé » occupe, en probabilité, un type de logement correspondant à la distribution des logements occupés par des ménages de sa catégorie socio-démographique, présents dans le bassin d'habitat de son emploi.

• Résultats

La taille et la structure de la population concernée : surprises pour partie

Au seuil de 30 minutes, 27 % des ménages d'actifs sont susceptibles de réaffectation résidentielle ; ils sont 42 % au seuil de 20 minutes et 9 % au-delà 45 minutes. Le lieu de travail apparaît comme le principal déterminant de l'éloignement, la probabilité d'éloignement du lieu de travail se montrant en effet insensible au type de secteur locatif (public ou privé), à la taille du logement, et légèrement plus fort pour les propriétaires et accédants.

La concentration de l'emploi, facteur majeur d'éloignement

Si seules 27 communes (sur 1300) appartiennent à des bassins d'habitat aux coûts immobiliers très élevés, elles concentrent 33 % de l'emploi francilien et sont le lieu d'emploi pour près d'un actif sur deux « éloignés » (46 %). La concentration de l'emploi est une origine majeure de la formation de l'éloignement.

Les prix immobiliers et les comportements résidentiels des ménages aisés contribuent à l'éloignement

Pour éclairer les situations d'éloignement résidentiel nous avons comparé, pour tout actif éloigné, le niveau de prix de son environnement résidentiel avec le niveau de prix du bassin d'habitat de son emploi. Pour les ménages éloignés, le niveau de prix de l'environnement de la résidence actuelle est significativement inférieur à celui du bassin d'habitat de son lieu de travail pour les employés (70 % vivent dans un lieu moins cher), et plus équilibrées pour les cadres (42% vivent dans un lieu plus cher), suggérant pour ces derniers une détermination très significative par le voisinage et la centralité. Au final un processus plus qu'un état apparaît : les actifs aux revenus les plus élevés choisissent leur résidence en fonction des aménités, dont celles du niveau social du voisinage. Ce faisant, ils bloquent, par les prix et le stock de logements, l'accès des catégories plus modestes à la proximité de l'emploi, et les conduisent à des choix éloignés.

Le parc immobilier actuel serait-il en capacité de soutenir le jeu des réaffectations résidentielles ?

Dans les simulations, si le nombre de logements « libérés » est égal au nombre de logements « réoccupés » au niveau régional, rien ne garantit l'équilibre au niveau des bassins d'habitat et des types de logements. Les relocalisations induisent des déficits ou des excédents locaux constituant un guide pour les mises en chantier de logements.

Parmi les relocalisations, seules 35 % sont orientées vers des bassins d'habitat où le déficit est supérieur à 10 %. Les déficits sévères concernent les arrondissements parisiens, quelques communes de petite couronne, les appartements locatifs du parc privé et social de 3/4 pièces. Les maisons individuelles sont en excédent généralisé. Pour le logement social, le déficit atteindrait 18 % de l'offre à Paris et 5 % dans les Hauts-de-Seine, des excédents apparaissent partout ailleurs.

Les avantages en termes de distances parcourues en voiture nuancés

Un enjeu important en termes de distances au travail : estimer à partir du RGP, avant et après relocalisation, les distances au travail de la population active seraient réduites de 30%.

Mais un usage des transports publics plus réduit que celui de la voiture, pour le travail : sous l'hypothèse que le transfert de résidence n'entraîne pas de changement de mode de transport, la réduction des distances parcourues en voiture serait de 25% pour les trajets vers le travail et concernerait 10 % des circulations automobiles générales. Les distances au travail des utilisateurs de transport public décroîtraient de 69 %, représentant une baisse de 31 % des distances totales parcourues en transport public un jour donné.

Et un intérêt de la relocalisation plus modeste en tenant compte de tous les enjeux de la mobilité des ménages. Sous l'hypothèse que les populations « relocalisées » adopteraient les mêmes comportements de mobilité (motif, fréquence, mode, distances) que leurs « jumeaux » dans leur nouveau bassin d'habitat, on évalue, à partir de l'enquête Globale Transport (EGT), des baisses de trafic, pour l'ensemble des motifs, à hauteur de 7 % pour l'automobile et de 40 % pour les transports publics.

Contacts :

Marie-Hélène Massot
LVMT
ENPC
6 & 8 avenue Blaise Pascal
Cité Descartes - Champs-sur-Marne
77455 Marne-la-Vallée Cedex 2
massot@ifsttar.fr

Partenaires :

Laboratoire Ville Mobilité Transport
Université Paris Est
Ifsttar
Institut d'urbanisme de Paris
Université Paris Est, Créteil

Quartiers commerçants : évolution des perceptions et des pratiques à l'occasion d'un réaménagement de voirie

CETE Nord-Picardie
MEDDTL (DGITM)

Cette recherche s'inscrit en continuité avec un premier travail de thèse effectué sur le stationnement résidentiel par Sylvie Mathon et soutenu en 2008. L'intérêt de la recherche pour la Communauté Urbaine était de procurer un temps de réflexion et de recul autour des questions de stationnement à l'occasion d'un projet d'envergure, le réaménagement d'un axe structurant de l'agglomération.

• Problématique

Dans un contexte sociétal où la place accordée à la voiture et aux autres modes de transport est en pleine évolution, l'aménagement d'une rue existante procure une opportunité pour penser à nouveau la répartition des espaces en faveur des piétons, des cyclistes ou des transports en commun. La place du stationnement automobile représente généralement un point dur des concertations avec les riverains (résidents, commerçants etc.). La recherche propose d'analyser de manière rétrospective et au travers d'un cas concret, le rôle qu'a tenu la question du stationnement dans le déroulement de la concertation avec les riverains et dans l'évolution des choix effectués entre le projet d'origine et le projet final. Le terrain de la recherche est une avenue structurante de l'agglomération lilloise traversant plusieurs communes de banlieue et comprenant plusieurs quartiers commerçants de proximité. Elle est par ailleurs desservie par une dizaine de stations de métro.

• Méthodologie

La méthode a privilégié une approche partenariale et pluri-disciplinaire. Elle a mobilisé des entretiens semi-directifs auprès des acteurs locaux, une enquête par questionnaire auprès des usagers du métro ainsi qu'une analyse statistique et cartographique permettant de caractériser la situation de stationnement résidentiel.

• Apport et résultats obtenus

La question du stationnement a conditionné le déroulement de la concertation avec les riverains. Dans l'ensemble, les propositions du projet d'origine faisaient l'unanimité auprès des riverains à l'exception du stationnement. Sur ce point, aucune des recommandations proposées par le bureau d'études à l'origine n'a été retenue une fois les travaux effectués, une dizaine d'années plus tard.

Quatre enseignements principaux ressortent essentiellement de la recherche.

Le premier est la nécessité de sensibiliser le grand public aux mécanismes du stationnement, indépendamment de tout projet d'aménagement de rue ou de quartier. L'approche rétrospective a mis en évidence la méconnaissance de la problématique aggravée par le fait que les riverains ne perçoivent pas les enjeux. La concertation devient alors une arme à double-tranchant pour la collectivité locale. La recherche met en évidence ces contradictions et la nécessité d'une réflexion auprès du grand public sur les conséquences en termes de consommation d'espace public, du stationnement de courte et longue durée sur la voirie. L'écart entre les perceptions et la réalité est particulièrement illustré par l'enquête auprès des usagers du métro. L'ensemble des acteurs locaux interrogés s'accordait pour expliquer la saturation du stationnement sur voirie par la présence des stations de métro et des pratiques de rabattement automobile pour terminer le trajet en métro vers Lille (où le stationnement sur voirie est payant). L'enquête a révélé que ces pratiques étaient beaucoup plus faibles que prévues et surtout, le fait des habitants des quartiers voisins.

Le deuxième point est la nécessité de disposer d'un état de référence « 0 » avant travaux. Malheureusement, cet état de départ est rarement établi et ne permet pas de rendre compte de manière objective, de potentiels effets positifs (ex : augmentation du nombre de piétons, de cyclistes) ou négatifs (ex : évolution de la nature des commerces). Il est difficile dans ce cas, de s'appuyer sur un exemple concret pour alimenter une réflexion rétrospective et objective avec les riverains du quartier, une fois les travaux effectués.

Le troisième point porte sur la priorité tacite et consensuelle donnée au stationnement de longue durée sur voirie (ex : résidentiel/riverain) au détriment de la très courte durée (ex : livraison de marchandises, dépose de personnes, courses de proximité etc.). La faible priorité accordée par les riverains (y compris commerçants) aux besoins de stationnement inférieur au quart d'heure contraste avec les enjeux associés et les dysfonctionnements générés. Elle se traduit par des pratiques de double-file sur des espaces réservés aux bus ou aux cyclistes, de stationnement gênant sur les trottoirs ou sur les passages pour piétons, etc. Pourtant, le stationnement de très courte durée participe à la dynamique locale d'une rue commerçante autant que le stationnement de moyenne ou de longue durée, pour lequel des réponses « hors voirie » pourraient être davantage envisagées.

Enfin, la recherche propose une méthode permettant d'anticiper le besoin de stationnement dans une logique de planification urbaine pour éviter une réponse « voirie » quasi-systématique. Elle propose de caractériser les quartiers par un indicateur de sensibilité au stationnement résidentiel (longue durée) en croisant l'équipement des logements en aires privées de stationnement, le taux de motorisation des ménages et le taux d'occupation du bâti sur le non bâti (estimation des marges de manœuvre en dehors de la voirie).

La marche au cœur des mobilités : une démarche innovante

RATP

MEDDTL (DRI)

La marche n'est pas seulement le mode socle de la mobilité, le moyen de relier les autres modes de déplacement. C'est un instrument de connaissance de la ville qui nous renseigne aussi sur la relation entre l'urbain et la mobilité. Modèle de mobilité et modèle d'urbanité sont intimement liés et la marche est un puissant outil pour repenser la mobilité durable. L'étude a donc eu une double vocation. Tout d'abord, un caractère de prospective « exploratoire » dont le but est d'enrichir et de renouveler les regards que nous portons sur ce mode pivot de la mobilité et d'élargir les horizons de pertinence de l'action des acteurs de la marche urbaine. Ensuite, elle s'est inscrite dans une logique de prospective « pro – active » dont le but est de proposer, voire de provoquer des évolutions, de mobiliser de nouveaux acteurs, d'accompagner des projets, de favoriser la conception et l'émergence de nouveaux produits autour de la marche urbaine, tant comme mode de déplacement que comme expérience sensorielle.

• Problématique

La RATP s'est intéressée à la marche, mode pivot des mobilités, dès 2006. Elle lui a consacré en 2008 un chantier de prospective : la marche au cœur des mobilités. De nombreux acteurs, externes et internes à l'entreprise, ont accompagné cette démarche. Des chercheurs l'ont considérablement enrichie. Le renouveau de la marche est, en effet, à la croisée de nouvelles connaissances scientifiques, de nouvelles stratégies urbaines et de nouveaux métiers. Le regard d'un opérateur de mobilité comme la RATP et la démarche de conception innovante qui a été mise en œuvre ont contribué à relancer la réflexion stratégique sur la marche. Au-delà de la démarche en cours dans beaucoup de villes, indispensable, de rééquilibrage de la voirie et de l'espace public au profit des modes alternatifs à la voiture, il nous paraissait nécessaire d'engager une réflexion et une démarche de conception plus globale, transversale, en résonance avec les enjeux de développement durable et de l'évolution de la demande, et de nature à déclencher la mise en œuvre de services et de produits innovants.

Le défi à relever d'une mobilité durable impose en effet, plus que jamais, des attitudes et des solutions novatrices, une nouvelle ingénierie de l'accessibilité urbaine – au sens large, pas seulement comme accès à la mobilité mais comme ressource des lieux - faisant appel à des disciplines variées et à des compétences issues non seulement du domaine des transports mais aussi du design, de l'aménagement des espaces publics, de l'architecture, de la psychologie cognitive, de l'écologie de la perception

• Déroulement de l'étude

Les deux hypothèses de l'étude étaient les suivantes :

- l'intermodalité gagnerait en lisibilité et en attractivité si la marche et une figure « moderne » du piéton s'affirmaient dans les systèmes de représentation et les pratiques de la mobilité urbaine et dans le cadre de politiques intégrées de transport public et d'aménagement de l'espace ;
- l'aménagement des espaces, l'amélioration de la qualité d'usage des lieux, la facilitation de trajectoires piétonnes, cohérentes, continues, agréables et sûres sont des conditions indispensables mais non suffisantes à la conquête d'un véritable statut de mode de transport à part entière et à la promotion de la marche urbaine.

La démarche s'est déroulée en 3 phases :

- une phase de **séminaire de partage des connaissances** : quatre sessions ont eu lieu sur les thèmes : 1/ La marche et la ville qui va avec, 2/ Vers un nouveau contrat de partage de l'espace : du Code de la route au Code de la rue, 3/ Marcher, c'est produire son mode et son espace : vers un « pedestrian empowerment », 4/ Le corps en marche dans la ville : bien-être, santé et performance du marcheur.
- une phase d'**atelier de conception** : il a lieu pendant 3 jours à Genève et Annemasse en collaboration avec le service d'urbanisme de la Ville de Genève et de la société de transport de l'agglomération d'Annemasse (T2A). Il a réuni des collaborateurs de la RATP, de la Ville de Paris, de la Région d'Ile-de-France, du Certu et des chercheurs.
- une phase d'**élaboration de pistes émergentes et de concepts**. C'est la phase « P » (Projet) de la démarche de conception innovante (KCP) qui vise une traduction sous forme d'exploration et d'expérimentations.

• Résultats

La marche est à la fois un mode de déplacement et une expérience urbaine. C'est le mode le plus complémentaire des autres : le plus combinable, le plus 'embarquable'. C'est le mode par excellence des correspondances. Le champ des correspondances – correspondances urbaines, correspondances par la ville alternatives aux correspondances traditionnelles en souterrain dans le réseau métro et RER – s'est avéré très foisonnant au terme de l'étude pour l'opérateur de mobilité. Le voyageur du réseau RATP marche environ 800 mètres par jour dans les espaces de transport. Les résultats ont été mis au profit de travaux sur l'amélioration de l'attractivité de la marche dans les espaces de transport : confort, sécurité, valorisation...Y compris en proposant une alternative à pied en situation perturbée ou pour le plaisir de la ville.

• Exploitation des résultats

Faciliter, simplifier, sécuriser les correspondances métro/bus, tramway/métro, tramway/bus...notamment par la signalétique, l'information voyageur et l'aménagement des espaces constitue un axe important d'exploitation des résultats de l'étude. Il s'est traduit, notamment, dans le prolongement de cette démarche, par l'engagement, en partenariat avec la Ville de Paris, de la recherche « Sécurité des piétons dans un espace public de transport : une affaire d'aménagement et d'ambiance » dans le cadre de l'appel à projets 2008 de la Fondation sécurité routière.

La station est le second élément clé de l'étude. Le piéton a besoin de faire des pauses, de trouver des lieux de haltes ou de reprogrammation de son déplacement. Il peut faire station « chez les autres » (cafés, parcs...) – c'est le concept de « station commensale » issu de l'étude – et ces lieux peuvent être mis en réseaux. Ils invitent aussi à de nouveaux partenariats entre acteurs de la ville.

L'étude a contribué également à la prise en compte du marcheur comme figure centrale de l'écomobilité ouvrant ainsi un champ de services à la mobilité que l'approche centrée sur les modes de transports collectifs ne peut offrir seule. Qu'il s'agisse de l'insertion de transports en site propre ou du renforcement de l'efficacité de réseaux de transport urbain de surface, la marche – mode sobre et durable par excellence – est un outil permettant d'apporter des réponses en adéquation avec les territoires dans leur diversité, les nouveaux usages sociaux des espaces publics et les contraintes économiques.

Enfin, les résultats ont été également valorisés et approfondis dans le cadre du programme Recherche-entreprise Cognition & mobilité co-piloté par la RATP et le Collège de France, bénéficiant en retour de l'enrichissement des connaissances des neurosciences sur la locomotion, les émotions, les pathologies de la marche, en lien avec les enjeux stratégiques de santé publique.

Contacts :

Véronique Michaud
RATP – Délégation à l'innovation et au développement durable
Prospective et conception innovante
54 quai de la Rapée
75599 Paris Cedex 12

Logistique et transport de marchandises

Le défi des transports de marchandises reste à relever, surtout en ce qui concerne les modes interurbains non routiers dont la part de marché est toujours insatisfaisante.

Qualité de service, suivi des marchandises, sûreté, optimisation de l'usage des infrastructures, efficacité des ruptures de charges dans le transport intermodal, interfaces avec le maritime ou l'aérien, innovation dans le transport routier structurent l'effort de recherche.

Les recherches sur les systèmes logistiques doivent préciser les évolutions attendues et les orientations possibles pour les politiques publiques.

Technologies et services pour la logistique et le transport de marchandises

- Le prix « technologies et services pour la logistique et le transport des marchandises » a été attribué au projet :

R-Shift-R (I/II) : Réorganisation du système de transport de fret autour du concept R-shift-R (TL et Associés)

- Les autres projets nommés sont :

- **HSCT : High Speed Cargo Train (Sigma Conseil)**

- **GOST : Plate-forme d'intermédiation couplée à des solutions technologiques permettant le suivi et la sécurisation du transport de conteneurs (CTS Tracking)**

- **DECAN² : Définition des Caractéristiques de Navires fluvio-maritimes adaptés à la mise en oeuvre de services de transport de conteneurs 45 pieds (TL et Associés)**

- **STAF : Systèmes téléopérés pour l'autoroute ferroviaire (TL et Associés)**

HSCT – High Speed Cargo Train

Sigma Conseil
MEDDTL (DGITM) et Ademe



La recherche dénommée High Speed Cargo Train (HSCT), proposée dans le cadre d'ERA-NET, s'inscrit dans les actions à entreprendre pour promouvoir un mode de transport respectueux de l'environnement et « économe en énergie ».

Ce mode de transport permet, en effet, d'obtenir une réduction sensible d'émissions de gaz à effet de serre et de bruit grâce à l'utilisation de la technique ferroviaire à grande vitesse. Le projet repose sur la conception d'un réseau ferroviaire fret utilisant les lignes à grande vitesse existantes et associé à des terminaux multimodaux (aérien/routier/fer) ainsi qu'à des trains dédiés conçus uniquement pour le transport du fret aussi bien aérien que routier, avec une exploitation reposant sur un plan de transport optimisé à l'échelle européenne. En définissant des standards applicables à l'ensemble du fret aérien et routier, tant pour les matériels que pour les terminaux et la chaîne logistique, la recherche HSCT se différencie du projet CAREX strictement limité au domaine du fret aérien entre grands aéroports.

• Problématique

Des tendances ou des enjeux politiques et économiques viennent se superposer à l'évolution du transport de fret cargo et des marchandises express, sur le moyen terme, depuis l'ouverture à la concurrence du fret ferroviaire en Europe. En effet, l'évolution de l'activité des transports aériens et routiers européens se voit freinée aujourd'hui compte tenu des limitations des créneaux aériens de nuit dans les grands aéroports, des fortes contraintes réglementaires de sécurisation du transport routier, du prix du pétrole en augmentation continue et durable et du cadre législatif imposé par la politique de développement durable, etc. Le report de certains flux des transports aériens et/ou routiers vers le ferroviaire à grande vitesse interopérable permettrait, à la fois, de concilier les préoccupations des riverains de ces grands aéroports et le développement des activités des opérateurs de fret tout en limitant les camions sur les axes déjà très sollicités. Conforme aux nouvelles exigences en matière de développement durable et sans dégrader la qualité des prestations commerciales, ce report prendrait bien en compte la problématique du coût de l'énergie tout en répondant aux besoins des clients sur une échelle européenne.



HSCT-un maillon ferroviaire dans la chaîne logistique

• Déroulement de l'étude

Le projet HSCT repose sur les concepts suivants :

- L'utilisation des **lignes à grande vitesse existantes et en projet** au niveau de toute l'Europe, c'est-à-dire les lignes équipées pour des vitesses égales ou supérieures à 250 km/h, ou de l'ordre de 200 km/h ;
- La logistique aérienne appliquée au ferroviaire, le mode ferroviaire intégrant déjà la plupart des paramètres de la logistique routière ;
- La construction de terminaux d'échanges multimodaux spécifiques air-fer, route-fer ou air-fer-route ;
- La construction d'un matériel roulant ferroviaire adapté ;
- La conception d'un réseau et de plans de transport à l'échelle européenne ;
- Les coûts d'investissement et d'exploitation compatibles avec les différents marchés.

C'est ainsi que les dix étapes du projet HSCT portent sur :

- La caractérisation des marchés et du potentiel affectable au nouveau système de transport HSCT;
- Le recueil des éléments réglementaires, juridiques, d'assurances, d'environnement de la grande vitesse ferroviaire et de l'application au fret ;
- La description des standards de la chaîne logistique en vue de créer un réseau de plates-formes ;



- La préparation des éléments de standardisation du matériel ferroviaire grande vitesse pour le fret en réponse aux exigences de la chaîne logistique ;
- La localisation et la conception des terminaux du réseau HSCT ;
- Les services offerts par le HSCT ;
- Le projet HSCT dans le cadre du développement durable : gaz à effet de serre, émissions sonores, apport socio-économique du projet ;
- La proposition d'expérimentation.

• Résultats

Le matériel de transport ferroviaire HSCT est constitué par des rames **HSCT spécialisées** qui doivent être homologuées sur le réseau européen, conçues pour assurer la sécurité du fret et couvrant les différentes fonctionnalités, notamment la **capacité à emporter tous les types de contenants standards de l'aérien et de la route**.

En effet, une étude de faisabilité technique des rames HSCT a été menée à partir des architectures des trains à grande vitesse de voyageurs qui existent actuellement et sont déjà en service sur les réseaux ferrés européens. Les objectifs de cette étude ont porté sur 2 axes d'analyse :

- La définition des fonctionnalités techniques réglementaires du matériel roulant interopérable sur le réseau ferré européen.
- La standardisation des éléments clés du matériel roulant associés à la chaîne logistique (poids, volume, portes, planchers, régulation des températures, etc.).

Les interfaces entre les trains et les terminaux ont été traitées ainsi que la standardisation des fonctionnalités principales des terminaux. La référence aux pratiques de l'aérien a été privilégiée dans les travaux.

L'emplacement des terminaux, raccordés au réseau ferroviaire des lignes à grande vitesse, est basé sur une proximité avec les aéroports dédiés « fret », les compagnies aériennes et les pôles d'activité économique de dimension européenne.

Chaque terminal doit disposer d'un hinterland à même d'offrir un potentiel de flux de marchandises transférable sur les trains à grande vitesse, ces flux étant actuellement assurés par les modes aérien ou routier.

En matière de services, le système HSCT envisage de proposer, au-delà des services de base (transport, livraison, manutention, stockage temporaire, suivi, etc.), de nouveaux services rendus par les terminaux.

L'estimation des flux potentiellement transférable a également été réalisée au cours de la recherche HSCT et a consisté à prendre des hypothèses

prudentes de report des flux entre les principales zones économiques de l'Union Européenne, aux horizons 2015 et 2025.

La structure économique et financière du projet HSCT doit apporter la souplesse nécessaire à la gestion d'un nombre d'acteurs importants (entreprises ferroviaires, propriétaires de rames HSCT, gestionnaires des plateformes HSCT, des opérations logistiques sur les plates-formes, etc.) et à son développement sur le plan européen.

L'équipe de recherche préconise une contractualisation des relations entre l'entité gestionnaire du réseau HSCT et chaque entité plate-forme, la création d'un droit d'accès à la plateforme, etc.

Le bilan environnemental dégage une économie conséquente de produits pétroliers, des émissions de gaz à effet de serre divisées par 10 et de faibles émissions de bruit.

Les conditions d'une expérimentation, enfin, ont été examinées et il est proposé, dans la poursuite de ce projet, de réaliser d'abord une simulation virtuelle du projet HSCT sur 4 scénarios (Paris/Francfort, Paris/Cologne, Lyon/Cologne et Lyon/Liège) afin de valider les scénarios aux plans technique, économique et financier et de retenir ensuite une expérimentation grandeur réelle.



• Exploitation des résultats

Le système HSCT apporte une vraie valeur ajoutée pour répondre à certaines problématiques des marchés aérien et routier actuels et contribuer ainsi au développement de nouvelles offres de transport en Europe garantissant à la fois des conditions de sécurité élevée, un délai de transport court, fiable et maîtrisé et une augmentation des fréquences de livraison.

Contacts :

Yves Bayle
Sigma Conseil
26, rue de la Pépinière
75008 Paris
Mél. yves.bayle@sigma-conseil.fr

Partenaires :

Elcimaï Conseil (France)
Vienna Consult (Autriche)
Prosoft Consult (Autriche)

GOST : Géolocalisation, Optimisation et Sécurisation du Transport de conteneurs

CTS-Tracking
MEDDTL (DRI)

GOST repose sur l'utilisation d'une plate-forme de communication couplée à des solutions technologiques permettant le suivi et la sécurisation du transport de conteneurs.



• Problématique

- Développer un service de sécurisation du transport de fret conteneurisé (meilleur suivi des matières sensibles et protection contre des actes de malveillance) ;
- Réaliser l'intégration de capteurs, de différentes provenances, embarqués dans un système de traçabilité et de protection complet ;
- Valider le concept de plate-forme électronique partagée avec ses interfaces vers des plates-formes propriétaires existantes.

La dimension communautaire sécurisée et interconnectée de cette plate-forme permet une meilleure synchronisation entre les différents acteurs de la chaîne et des gains de productivité sur différents maillons (la RFID facilitera les échanges sur un terminal portuaire par exemple) ainsi que sur l'ensemble de la chaîne de transport (traçabilité complète d'un transport multimodal).

• Déroulement

La mise en place du démonstrateur s'est articulée autour des étapes suivantes :

- Adéquation du système aux besoins
- Conception de l'expérimentation
- Réalisation des outils
- Expérimentation et évaluation
- Préfiguration du futur service et du modèle économique
- Diffusion des résultats

Après confirmation des attentes et besoins auprès des principaux utilisateurs potentiels sur les fonctionnalités à rendre, l'outil logiciel a été mis en place et des interfaces entre systèmes existants ont été réalisés (DDS Logistics ou bien la Soget avec le système AP+ pour les statuts de conteneurs). Des balises satellitaires, GPS/GPRS (en mode autonome ou alimenté) et les étiquettes RFID actives ont pu être intégrées à la plate-forme pour être testées en situation dans une chaîne de transport.

Des expérimentations ont eu lieu autour du transport routier avec suivi d'itinéraires depuis la France vers l'Italie ou bien l'Allemagne. Un prototype de balise autonome de géolocalisation couplée à la lecture de température embarquée en RFID Active a permis de faire un suivi de température lors d'un transport de conteneurs entre la France et la Belgique. Des points de lecture (péage du Pont de Tancarville) ont permis d'analyser des passages et/ou stationnements de matières dangereuses; avec analyse de ségrégation sur la base d'une matrice reprenant l'ensemble des classes de matières dangereuses et les risques associés lorsqu'elles sont en présence. Enfin, il a été possible d'assurer le suivi du transport par barge fluviale avec une balise autonome solaire ainsi qu'une autre barge équipée d'un module pour l'enregistrement des chargements et déchargements de conteneurs par la RFID active sur différents quais le long de la Seine.

• Apports et résultats

La mise en relation des solutions auprès des acteurs concernés appelle au déploiement d'une plate-forme de services visant à favoriser l'autonomie, la capacité technique et économique des TPE et à l'émergence de nouveaux services basés sur les technologies d'information et communication.

L'expérimentation a permis de valider un modèle de plate-forme technologique permettant d'offrir des services basés sur la géolocalisation et l'intégration des données administratives portuaires essentielles à l'activité économique.

Notre plate-forme peut être alimentée par différents systèmes d'information existants (système portuaire, solutions logicielles pour le transit et la traction portuaire...) et bénéficie de remontées d'informations « terrain » (balise GPS/GPRS, informatique embarquée, RFID...).

Objectifs :

- Mettre en œuvre une solution innovante adaptée aux PME
- Proposer une offre de traçabilité à la demande

Certains partenaires sont déjà devenus clients de l'offre de services proposés, d'autres l'envisagent à moyen terme. Une campagne commerciale dédiée est mise en place.

Contacts :

Xavier Briere
Communication Tracking Services
ISEL
Quai Frissard
BP1137
76063 Le Havre Cedex
Mél. x.briere@cts-tracking.com

Partenaires :

CCI du Havre
CRITT Transport & Logistique
DDS Logistics
De Rijke Intermodal
Dreamap
ELA Innovation
JP Geo
Linga
Marfret
Soget
Transports Buffard
Université du Havre

Labellisé par le pôle de compétitivité Novalog

DECAN² : Définition des Caractéristiques de Navires fluviomaritimes adaptés à la mise en œuvre de services de transport de conteneurs 45 pieds

TL et Associés
MEDDTL (DGITM)

Différentes études ont déjà montré l'existence d'un marché potentiel important en termes de report modal d'une partie des flux routiers vers le transport fluviomaritime (trafic routier Sud-Nord entre l'Espagne / le Portugal et la Région parisienne / le nord de l'Europe).

De manière à être viable et pérenne (i.e. pour que des transporteurs routiers et leurs clients choisissent effectivement de transférer une part de leur flux routier vers une nouvelle alternative fluviomaritime), les solutions à mettre en œuvre doivent présenter une efficacité (performances, qualité de service), une rentabilité (pour le transporteur mais aussi les acteurs du service) et une acceptabilité (par le chargeur, en termes d'évolution du processus logistique et de la culture d'entreprise) suffisante.

Ces solutions pourraient s'articuler autour du transport de conteneurs 45 pieds Pallet Wide high cube (45' PW).

• Problématique

Le conteneur 45' PW est l'Unité de Transport Intermodal la plus en adéquation avec les processus des chargeurs, des logisticiens et des transporteurs routiers (ses dimensions internes et son plan de chargement sont quasiment identiques à celui d'une remorque routière classique), ce qui améliore sensiblement l'acceptabilité du service (par les clients potentiels) et donc le potentiel de captation du service.

Le navire est, quant à lui, un des facteurs clés de la définition d'un service, de son efficacité et de sa rentabilité, par sa bonne adéquation aux trafics (en termes de capacité et de vitesse), aux caractéristiques portuaires et de navigation (gabarit Seine), mais aussi par ses performances et son efficacité économique et environnementale. Plusieurs types de navires fluviomaritimes existent, des navires classiques à l'innovant KARVOR, dédiés à un seul type de marchandises e.g. vrac ou bien mixtes e.g. conteneurs / Roro. Néanmoins, ils n'ont pas été dimensionnés afin d'optimiser une offre visant les logistiques conteneurs 45' PW et une navigation mixte en Seine et en mer (golfe de Gascogne, Manche, mer du Nord...).

• Déroulement de l'étude

Le projet DECAN² vise à :

- identifier les paramètres des navires à adapter aux caractéristiques des services à déployer en fonction de la demande ;
- déterminer les technologies à utiliser (manutention, motorisation, communication...)
- il doit conclure quant à la faisabilité de nouveaux services de transport fluvio-maritime basés sur des navires innovants.

La méthodologie adoptée a consisté en :

- une approche à la fois globale et locale des Sociétés, Techniques et Territoires concernés, de leurs interrelations, dans le passé, le présent et le futur ;
- un processus de collecte de données papier et terrain reposant sur des entretiens avec des chargeurs, transporteurs, opérateurs fluvio-maritimes, architectes, équipementiers, organismes professionnels et les pouvoirs publics ;
- un processus de modélisation et de simulation de flux, économique et environnementale.

DECAN² est organisé en quatre phases :

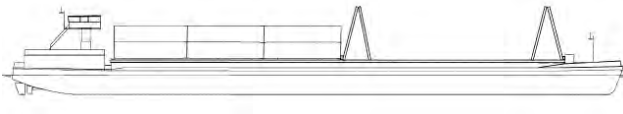
- phase 1 : Etat de l'art ;
- phase 2 : Définition des règles d'adéquation entre services et navires ;
- phase 3 : Choix technologiques et évaluation d'impacts ;
- phase 4 : Bilan et préconisations.

L'état des lieux général du fluvio-maritime a décrit un mode de transport aux multiples avantages, notamment en termes de zone de chalandise accessible, d'impact sur l'environnement, de respect des délais, de dégradation/perde des marchandises. De son côté, le conteneur 45' PW présente plusieurs intérêts, notamment une taille quasi identique à celle d'une caisse de semi-remorque qui permet aussi de charger 33 euro-palettes. Ainsi, il semble opportun de proposer un navire fluvio-maritime pour le transport de conteneurs 45' PW sur la Seine. Il s'agit de chercher à répondre aux attentes des acteurs concernés, qu'ils soient clients potentiels, opérateurs du service ou décideurs. Les travaux ont dès lors consisté à définir les règles d'adéquation entre services et navires. Ces règles ont été établies en considérant six typologies de navires et cinq services différents (Île de France <-> Dublin, Île de France <-> Londres, Île de France <-> Bilbao, Île de France <-> Leixoes, Île de France <-> Rotterdam). Au vu des résultats des analyses et sur la base du cahier des charges établi, les services desservant Londres, Bilbao ou Leixoes depuis l'Île-de-France ont été retenus. Une analyse prospective a ensuite permis de déterminer les éléments essentiels

à intégrer pour une adaptation optimale des solutions aux scénarios d'évolution future.

• Résultats

Les études économiques et environnementales, la comparaison au mode routier et maritime, l'équilibre et l'importance des flux, ainsi que la flexibilité par rapport au taux de remplissage, aux délais d'acheminement, au niveau de gerbage des conteneurs sur le navire, ou à la variation du prix des carburants, ont conduit à retenir un navire mixte (vrac / conteneurs), de 155m de long et 14,5m de large (5000 tonnes de port en lourd) sur un service Ile de France-Bilbao. La motorisation est segmentée et de type diesel-électrique, couplée à un système SCR. Afin d'optimiser la manœuvrabilité, le navire est équipé de propulseurs latéraux, d'un bulbe d'étrave, de deux propulseurs d'étrave à l'avant, et de deux hélices à pas variable à l'arrière.



Ce couple service/navire conduit à des gains économiques de 32% par rapport au mode maritime et 19% en comparaison du tout route. Il permet par ailleurs de réduire les émissions de CO2 de 59% par rapport à la route et 33% par rapport au mode maritime.

Exploitation

La construction du navire et la mise en œuvre du service pourraient être envisagées bénéficiant de programmes de subvention nationaux ou européens. Différentes recherches ultérieures sont aussi envisagées, pour d'autres environnements par exemple le Rhône.

La mise en œuvre de ce service se fera tout d'abord par prise de décision d'un armement de réaliser un transport de conteneurs 45' PW (complété par du vrac si besoin) entre l'Île-de-France et Bilbao. La première étape sera ensuite la construction des navires (2 navires sont au minimum nécessaires sur ce service afin qu'il soit viable), précédée par une recherche de capitaux, et si possible de subventions, ainsi que par la prise de contact avec les ports d'origine et de destination, les loueurs de conteneurs, ainsi que le transporteur routier, afin de mettre en place un service intégré de bout en bout. Une démarche commerciale devra être entreprise en même temps que la construction du navire, afin d'avoir identifié les premiers marchés concrets qui permettront le démarrage du service à la livraison des navires.

¹ Leixoes est un port maritime desservant le nord du Portugal, notamment la région de Porto

Contacts :

Yann Tréméac
TL & Associés
22 rue Pasteur
92300 Levallois-Perret
Mél. Yann.tremeac@tl-a.com

Partenaires :

Voies Navigables de France (VNF)
Centre d'Etudes Techniques Maritimes Et Fluviales (Cetmef)



R-shift-R : Réorganiser la chaîne des moyens, pour améliorer la qualité et la rentabilité du transport de fret par le rail, grâce au concept R-shift-R

TL et Associés

Ademe (plan VPE) et MEDDTL (DRI)

Depuis les années 70, le fret ferroviaire français a reculé inexorablement. De grands projets d'infrastructures sont prévus, posant la problématique de leur financement. Parallèlement, différentes solutions de ferroutage existent, tandis que de nouveaux concepts émergent comme R-shift-R (« Road shift Rail »).

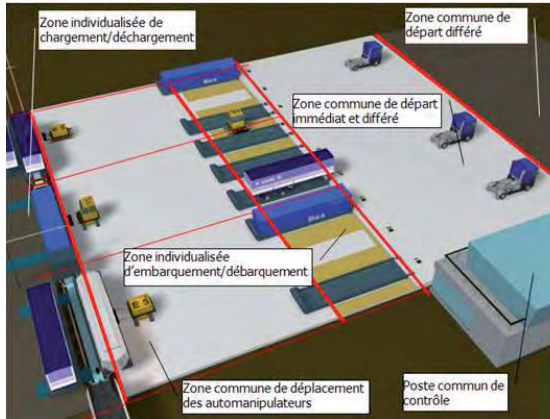
• Problématique

R-shift-R (RSR) est un concept de ferroutage innovant permettant un transfert route-rail rapide et qui met en œuvre une architecture de rupture :

- un même type de wagon susceptible d'embarquer tous les conditionnements utilisés à ce jour par le mode routier ;
- une motorisation permettant de s'adapter en adhérence et en consommation au profil des voies (passage de cols en montagne) ;
- un maillage fin du territoire avec des distances entre terminaux pouvant descendre en dessous de 200 km, avec une extension géographique vers des zones moins denses ;
- une rotation rapide des rames grâce à la désynchronisation des opérations de chargement/ déchargement et d'embarquement/ débarquement qui limite le temps d'arrêt sur les terminaux ;
- un pilotage des flux de contenants sur terminal afin de maîtriser les temps d'immobilisation des tractions routières.

Cette innovation repose sur différents leviers technologiques :

- un wagon monobloc court sans châssis démontable pourvu d'un praticable (plateau amovible sur lequel est déposé le contenant) ;
- une propulsion répartie sur chaque wagon ;
- un bogie pourvu d'un mécanisme de variation de hauteur ;
- un système de manutention automatique assurant les déplacements sur terminal depuis/vers des travées d'embarquement/débarquement route vers/depuis des emplacements rames.



Dans un contexte de réflexion long terme, il semble important de pouvoir étudier la mise en œuvre d'innovations de rupture comme le concept RSR et sa capacité à structurer une offre de fret ferroviaire rentable et compétitive.

• Déroulement de l'étude

L'objectif du projet est d'étudier la viabilité du concept RSR, soit :

- caractériser de manière détaillée les différents sous-systèmes constitutifs du concept et le comparer aux alternatives existantes ;
- étudier des scénarios de déploiement et en identifier les enjeux technologiques, infrastructurels, et économiques ;
- proposer des pilotes.

Dans ce cadre, le projet est divisé en trois phases réparties sur 18 mois :

- phase 1 : état des lieux du système de transport ferroviaire ;
- phase 2 : évolutions autour du concept RSR ;
- phase 3 : mise en perspectives et conclusions.

La méthodologie adoptée a reposé sur :

- une approche à la fois globale (« macro ») et locale (« micro ») du secteur ferroviaire, de son offre, de la demande des acteurs et de leur adéquation ;
- un double processus de collecte de données « papier » (rapports, études et bases de données existants) et « terrain » (interviews en face à face de professionnels du secteur) ;
- l'utilisation du simulateur STEF, d'outil du type Excel, MapPoint, ou de modélisation mécanique 3D.

La première partie des recherches a permis de confronter le concept à la demande et au marché et au travers d'un diagnostic de tirer des axes d'amélioration du concept. Ainsi, pour la plupart des acteurs rencontrés au cours du projet, une nouvelle solution de transport combiné, venant compléter les solutions actuelles, pourrait avoir sa place.

Sur la base de ce constat, le projet RSR s'est penché sur la faisabilité technique d'un bogie à hauteur variable. Une solution technique, avec des vérins hydrauliques, a ainsi pu être validée et intégrée à l'architecture du bogie. La faisabilité de la motorisation autonome du wagon a également été validée, tout comme les systèmes annexes tels que le freinage.

La construction et l'évaluation des scénarios d'implémentation ont ensuite permis d'étudier la viabilité économique de la solution RSR. L'ensemble des simulations réalisées met clairement en évidence l'existence de domaines de pertinence de RSR. Les économies d'échelle produites par RSR sont très importantes lorsque le niveau de fréquence est élevé, mais dans de nombreuses simulations, le point mort du bilan est atteint pour des niveaux de fréquence comparables à ceux des services actuels : les performances potentielles de RSR apparaissent au moins équivalentes, voire supérieures aux systèmes existants. Les simulations ont aussi mis en lumière des incertitudes qui résultent de l'insuffisante connaissance de différents éléments de coût. La poursuite du développement technologique de RSR permettra d'avancer vers un bilan plus précis. Les simulations ont aussi fait apparaître certains points critiques du système, comme l'importance des coûts fixes dans le bilan économique. Enfin, elles ont permis de préciser quels éléments clés du contexte extérieur conditionnent l'économie d'un service tel que RSR, comme la productivité du matériel roulant et la vitesse des sillons, ou encore le gabarit.

Il s'est enfin agi de mettre en perspective les résultats, en étudiant les impacts liés au déploiement du concept, en comparant RSR aux alternatives existantes, et en proposant des développements ultérieurs à mener. Différents scénarios ont ainsi été détaillés (à minima, médian avec intégration dans une structure existante, et spécifique, par création d'une rame complète).

• Résultats obtenus et exploitation envisagée

Le projet a permis d'avancer sur les spécifications et la caractérisation du concept. De nombreux points restent cependant encore en suspend qui requièrent la mise en œuvre d'études ultérieures. La capacité d'intégration de RSR dans les chaînes de flux porte à porte reste à approfondir. L'équilibre des flux, la constitution de convoi, la transmission de données, l'implantation sur le territoire, la remorque porte-conteneur, l'intégration au processus portuaire...sont autant de points sur lesquels les acteurs du projet doivent avancer davantage. Il conviendra également de spécifier comment s'articule, dans les différentes configurations des réseaux, le fonctionnement des terminaux et de saisir comment s'ordonneront les organisations logistiques. Il semble par ailleurs crucial de développer un outil de simulation, et en plus d'une maquette et d'un démonstrateur 3D, des dossiers de communication et des argumentaires de la solution destinés à des acteurs décideurs. De même, si le projet a pu valider la faisabilité technique du concept RSR, de très nombreux points technologiques restent à finaliser par exemple la suspension, le freinage, la motorisation, le châssis, le circuit hydraulique, ou encore le comportement dynamique de la rame à haute et basse vitesse dans les tunnels. Par ailleurs, la mise en œuvre du concept, s'il s'avère techniquement et financièrement viable, devra faire l'objet d'une certification à l'échelle nationale et européenne.

La mise en œuvre d'un démonstrateur serait l'aboutissement du projet. Il pourra se structurer autour de l'investissement de différents acteurs industriels (e.g. Alstom, Bertin) et de financements publics à l'échelle nationale et/ou Européenne.



Contacts :

Yann Tréméac
TL & Associés
22 rue Pasteur
92300 Levallois-Perret
Mél. Yann.tremeac@tl-a.com

Partenaires :

Laboratoire d'Economie des Transports
INSA Lyon
Association pour la Promotion du Ferroutage

STAF : Systèmes Téléopérés pour Autoroutes Ferroviaires

TL et Associés
MEDDTL (DGITM)

Les augmentations répétées des prix du pétrole alliées à l'engorgement et à la saturation des circuits routiers ont amené depuis plusieurs années à chercher des solutions alternatives au tout route. Le Grenelle de l'environnement a souligné l'importance de trouver des alternatives au transport routier longue distance et le gouvernement promet des aides substantielles pour le développement des infrastructures nécessaires et la libération de sillons ferroviaires. Différentes techniques ont ainsi été développées.

C'est notamment le cas du concept d'autoroute ferroviaire reposant sur la technique Modalohr. Le concept est fondé sur l'utilisation d'un wagon surbaissé et articulé pour le transport de semi-remorques routières standards et de tracteurs.

Il repose sur des phases de transport ferroviaire et des ruptures de charge sur terminal. La qualité de service, productivité et rentabilité des ruptures de charge sont des paramètres cruciaux, déterminant la capacité effective de transfert modal des flux routiers vers l'autoroute ferroviaire.

Le projet STAF s'inscrit dans ce contexte d'optimisation de la rupture de charge

• Problématique



L'automatisation de la rupture de charge rail/route dans le concept Modalohr est source potentielle d'amélioration du service. Cependant, la complexité de certaines

opérations limite les possibilités d'intégration de systèmes automatisés. La présence d'opérateurs humains reste requise pour certaines tâches, et l'interface entre systèmes automatisés et manuels restent difficile à gérer. Ceci limite les gains de productivité et de rentabilité initialement envisageables par l'automatisation (et par conséquent son intérêt). La téléopération peut permettre de lever un certain nombre de barrières en mettant en œuvre des coopérations homme/machine dans lesquelles certaines fonctions échoiront à l'opérateur, d'autres à la machine.

C'est dans ce contexte que TL & Associés et Lohr Industries ont monté le projet STAF (« Systèmes Téléopérés pour Autoroutes Ferroviaires ») avec pour objectif de concevoir, développer, tester puis mettre en œuvre le pilote d'un système téléopéré dédié au transfert de remorques sur des terminaux d'autoroute ferroviaire, avec :

- des tracteurs de remorques routières dédiés aux terminaux rail/route, simplifiés (sans cabine), propres (motorisation électrique), et téléopérés ;
- un système de désattelage automatique des remorques et des tracteurs ;
- l'infrastructure sol (réseaux de capteurs) et air (transmission de données) ;
- le système de contrôle-commande global et l'interface homme-machine (IHM) associée.

• Déroulement de l'étude

Le projet est organisé en deux lots de travaux : le lot n°1 a pour objectif d'étudier la faisabilité du système, de fixer les choix technologiques et d'élaborer la spécification fonctionnelle. Le lot n°2 vise à concevoir et élaborer un prototype, et mettre en œuvre un démonstrateur. Le lot n°1 du projet a été lancé pour une durée de 9 mois dans le cadre du Predit.

Le lot n°1 du projet était découpé en trois tâches :

- tâche 1 : analyse de l'offre ;
- tâche 2 : analyse de la demande ;
- tâche 3 : élaboration des spécifications fonctionnelles.

La méthodologie adoptée s'est structurée autour de l'approche TST (Techniques, Sociétés, Territoires). Employée lors de projets européens et nationaux (ANR, Predit), elle repose sur une combinaison originale de théories socio-économique et systémique. Elle permet de décrire la manière dont les sociétés utilisent des techniques sur des territoires en fonction du temps : il s'agit de considérer le passé, de manière à comprendre le présent et construire un futur adapté à court, moyen et long termes.

La première partie du projet a ainsi consisté à étudier l'offre actuelle et les expériences passées. Il a tout d'abord été question de la technique Modalohr. Les processus ont été décrits en termes physiques, logiques, et administratifs. Les éléments constitutifs du système comme le wagon ou les systèmes d'information ont été détaillés, ainsi que les installations fixes sur le terminal. Il s'est ensuite agi d'étudier différentes alternatives existantes, afin d'apporter des éléments de réflexion au projet. Un panorama des systèmes téléopérés en service ou en cours d'intégration dans des domaines tels que la défense, la sécurité, les ports, les hôpitaux... a ensuite été dressé.

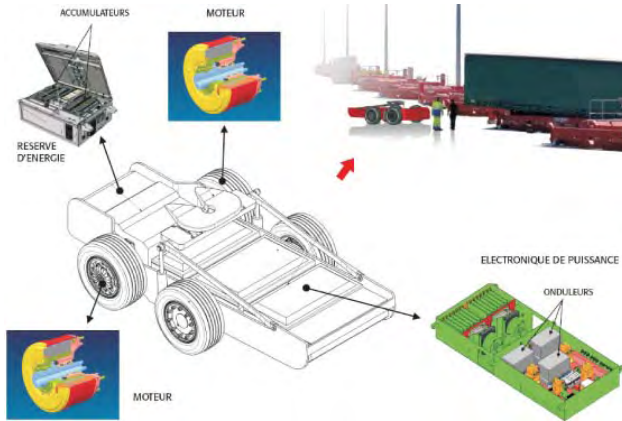
Les principales briques technologiques qui les composent ont été détaillées, comme les techniques de vision, de localisation, de transmission de données ou encore des IHM. Enfin, les partenaires se sont attachés à dresser un bilan des évolutions envisageables à divers horizons (court, moyen et long termes) sous des angles variés : réglementaire, technologique, organisationnel ou économique ; il a permis d'alimenter les réflexions et lancer les pistes à creuser dans la suite de l'étude.

Sur cette base, le projet STAF s'est penché sur le besoin (actuel et futur) des acteurs. Il s'est agi de décrire les attentes des acteurs (qu'ils soient exploitants du service, du terminal, fournisseur de traction ferroviaire, gestionnaire d'infrastructure, transporteurs et logisticiens, Etat...) et leurs besoins spécifiques en rapport avec leur activité et les objectifs (performances, qualité de service, rentabilité, emplois et conditions de travail, sécurité, respect de l'environnement...) qu'ils veulent atteindre.

Il s'est enfin agi de réfléchir au système à offrir pour répondre aux besoins exprimés. Différentes alternatives à la solution actuelle ont été définies en s'attachant à décrire pour chacune le principe et les changements induits par leur mise en œuvre. Différents scénarios prospectifs ont alors été proposés afin d'étudier les impacts provoqués par des évolutions envisageables (technologique, réglementaire, de trafic...) et ainsi valider la robustesse du système. Une analyse fonctionnelle a ensuite été entreprise qui a permis d'identifier les fonctions à remplir par le système et leur déclinaison en termes de fonctionnalités nécessaires pour répondre aux besoins exprimés par les acteurs. Il s'est alors agi de procéder à une évaluation technico-économique des solutions définies précédemment.

- **Résultats obtenus et exploitation envisagée**

Le principal résultat à retenir est l'intérêt pour une solution reposant sur un véhicule tout électrique automatisable et téléopérable, avec des fonctions d'assistance à la conduite grâce auxquelles l'opérateur peut mieux appréhender les opérations et optimiser son travail, permettant ainsi, à main d'œuvre équivalente, de doubler les cadences des navettes et donc de gagner en productivité pour faire face à la montée en puissance du service. Des économies d'échelle sur les coûts de main d'œuvre et de maintenance d'un véhicule simplifié en résultent et, dans le même temps, l'impact environnemental des opérations de manutention est réduit.



En conclusion, l'aboutissement du lot n°1 marque la fin du développement du concept STAF « sur le papier ». Il convient désormais de le confronter plus systématiquement à la réalité opérationnelle. Différents développements ultérieurs sont d'ors et déjà envisagés, à mettre en œuvre dans le cadre de programmes de recherche (bi-)nationaux (Deufrako, Predit, ANR, Ademe...) ou européen (FP7 DG RTD) :

- la mise en œuvre d'un pilote (lot n°2) en conditions réelles d'exploitation (Aiton, Perpignan...) ;
- la téléopération d'autres activités du transport.

Contacts :

Yann Tréméac
 TL & Associés
 22 rue Pasteur
 92300 Levallois-Perret
 Mél. Yann.tremeac@tl-a.com

Partenaire :

Lohr Industries

Connaissances pour la logistique et le transport de marchandises

- Le prix « Connaissances pour la logistique et le transport des marchandises » a été attribué au projet :

LMD : Logistique mutualisée durable (EuroMedTextile)

- **Les autres projets nommés sont :**

- **Massifier les flux pour intégrer le transport fluvial dans les chaînes logistiques portuaires** (Ifsttar)

- **EVAL : Méthodologie d'évaluation des innovations en logistique urbaine** (Laboratoire d'Economie des Transports , Lyon)

Massifier les flux pour intégrer le transport fluvial dans les chaînes logistiques portuaires : étude des impacts économiques et environnementaux. Le cas du transport fluvial conteneurisé

Unité de recherche SPLOTT, Ifsttar
MEDDTL (DGITM)

Moins de camions, plus de trains, de péniches et de navires pour transporter les marchandises : telle est l'une des volontés principales du Grenelle de l'environnement. Sauf que, jusqu'à présent, le camion ne cesse de gagner des parts de marché sur les autres modes, démontrant ainsi, par les faits, son adaptation aux réalités du marché.

Le développement du transport combiné en France nécessite de comprendre son fonctionnement, par comparaison aussi celui du transport routier, pour en tirer les enseignements appropriés. La desserte conteneurisée des ports maritimes par la voie fluviale en fournit un bon exemple.

- **Un marché en plein essor, un bilan énergétique favorable**

En France, le transport des conteneurs maritimes par la voie fluviale, entre Le Havre et la région parisienne via la Seine et le port de Gennevilliers, entre Marseille/Fos et la région lyonnaise via le Rhône et le port Edouard Herriot, donne l'exemple d'un transport combiné en plein essor.

Un premier travail a consisté à dresser un bilan énergétique, en prenant l'exemple de la Seine. Quelles sont les émissions de carbone générées par un transport combiné fleuve-route en intégrant les pré et post acheminements routiers à partir de Gennevilliers? Quelles auraient été ces émissions si les conteneurs acheminés par la voie fluviale l'avaient été par la route ? Les résultats montrent un bilan énergétique en faveur du transport combiné, avec des gains de 20 à 50% par rapport à la route. Les gains varient en fonction de la destination finale. Ils sont plus importants lorsque les convois utilisés sur la Seine ont une forte capacité. Ils dépendent aussi étroitement de la manière dont le transport routier est organisé.

• Être au service des clients chargeurs

Le succès des services combinés fleuve-route nécessite une adhésion de la part des clients chargeurs. Six conditions sont essentielles, en premier lieu un service porte à porte. Cela suppose un opérateur de transport qui coordonne tous les maillons et tous les intervenants de la chaîne de transport combiné. Le prix porte à porte doit être inférieur à celui de la route, de l'ordre de 10 à 20% afin d'espérer un effet de levier : il existe à cet égard d'importants écarts entre les marchés desservis autour du terminal de Gennevilliers (Figure 1). Les services doivent proposer une fréquence suffisante et une fiabilité identique à celle de la route. Ce n'est pas tant la durée du transport qui compte que le respect de l'heure de livraison, pour insérer le flux de marchandises, juste à temps, dans les cycles de production et/ou de distribution. Des services additionnels par rapport à la route peuvent faire la différence : notamment la possibilité de dédouaner la marchandise sur le port fluvial et non dans le port maritime, ce qui permet de gagner du temps et de l'argent et d'utiliser les temps de parcours sur la voie d'eau et de stationnement sur le terminal fluvial pour stocker les conteneurs et ajuster le délai de livraison. La localisation des terminaux est essentielle : l'implantation du terminal de Gennevilliers au cœur de l'agglomération favorise une forte proximité par rapport au marché. Enfin, la voie d'eau permet aux chargeurs, notamment aux grands groupes de distribution, d'associer, dans l'esprit des consommateurs, leurs enseignes avec la notion de développement durable.

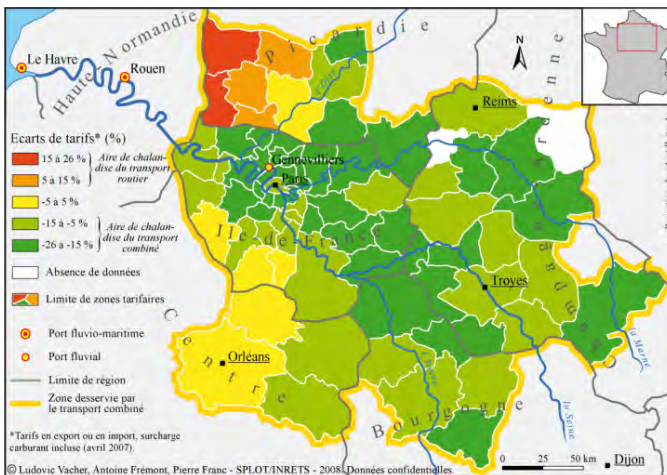


Figure 1: différence de tarif entre le transport combiné fleuve-route et un tarif routier One Way entre Le Havre et le Bassin parisien : cas d'un conteneur vingt pieds

• Une implication très forte des grandes compagnies maritimes

La croissance des trafics fluviaux à partir de 2000 est directement corrélée à l'implication de trois compagnies maritimes (Maersk, MSC et CMA-CGM) dans le transport combiné. L'implication de gros donneurs d'ordre, qui maîtrisent des volumes suffisamment importants pour les concentrer sur la voie fluviale, est essentielle au succès du transport combiné.

Le transport combiné leur offre la possibilité de tirer les prix terrestres vers le bas en jouant sur la massification des flux sur la partie fluviale. Pour elles, à la suite des investissements réalisés dans les terminaux portuaires, il s'agit d'accroître leurs parts de marché sur la région parisienne, hinterland principal et immédiat du port du Havre. La concurrence est essentielle. En outre, le transport combiné devient un outil supplémentaire dans la gestion du parc de conteneurs. Il permet aussi une moindre dépendance par rapport à la route en cas de pénurie de l'offre routière. Comme les chargeurs, ces armements peuvent en tirer un profit en termes d'image.

Ces trois compagnies maritimes ont investi dans la commercialisation et l'exploitation de services de transport combiné. En bout de chaîne, les compagnies de navigation fluviale ou les routiers pour les pré et post acheminements, n'ont qu'un simple rôle de transporteur, totalement dépendant de ces intégrateurs de services.

L'objectif des compagnies maritimes, via l'intégrateur de services, est de parvenir à offrir un prix attractif par rapport à la route, tout en ne perdant pas d'argent. Le prix du transport combiné devient le prix de référence sur le marché. Sur un transport combiné fleuve-route, les deux principales variables d'ajustement pour faire baisser les coûts sont la taille des convois fluviaux – plus les convois sont importants, plus le coût à la boîte est faible – et l'optimisation des pré et post acheminements à partir du terminal intérieur pour minimiser le coût du transport routier. L'existence de subventions publiques permet à ces opérateurs d'équilibrer financièrement leurs services.

• Quels enseignements ?

Les conditions à réunir pour un service combiné viable économiquement sont certes, l'existence d'un axe de transport combiné, mais surtout l'existence d'un volume minimum afin de mettre en œuvre les économies d'échelle propres à ce type de transport. Cela suppose l'existence d'un marché où les trafics sont concentrés. De plus, la chaîne de transport doit être organisée en porte à porte, avec de la fréquence, de la fiabilité et un prix attractif par rapport à la route.

Sa pérennité et son équilibre financier passe par la massification sur la partie rail ou voie d'eau et la minimisation des pré et post acheminements.

De telles conditions sont rares à réunir. Il faut donc ne pas disperser les efforts et travailler sur les points de concentration du trafic. Cela milite en faveur d'un choix très limité de plates-formes intérieures, localisées à bon escient dans les plus grandes agglomérations. Mais il faut aussi et surtout que certains gros clients chargeurs ou de gros faiseurs de volume, comme dans notre exemple les compagnies maritimes, soient directement impliqués dans la chaîne de transport combiné parce qu'il y va de leur intérêt.

En outre, la recherche montre que le développement de transports massifiés par la voie d'eau est essentiel pour conforter l'hinterland de proximité des ports français par rapport à leurs concurrents européens.

Contacts :

Antoine Frémont
Ifsttar
Systèmes Productifs, Logistiques, Organisation des Transports
et Travail (SPLOTT)
Site de Marne-la-Vallée
«Le Descartes 2»
2 rue de la Butte Verte
93166 Noisy le Grand Cedex
antoine.fremont@ifsttar.fr



LMD : Logistique Mutualisée et Durable

EuroMedTextile et Bénédicta-Heinz
Ademe

La mutualisation, un nouveau levier stratégique et gisement de productivité, permet aux entreprises de transport et de stockage de faire des capacités logistiques résiduelles et invendues (qui atteignent 30 à 40%) non plus des sources de surcoûts et de destruction de valeur, mais des sources de création de valeur et d'économies, et de réduction des émissions de GES.



• Problématique

Aujourd'hui, la logistique est soumise à des défis multiples notamment une mutation de la distribution et des modes de consommation (développement de l'e-commerce, passage d'une économie de masse à une économie de mass-customisation...) qui augmente les besoins en transport, qui accroît les retours à vide et affaiblit les taux de remplissage et qui, au total renforce l'empreinte CO2 des marchandises transportées. Par ailleurs l'augmentation des prix des carburants fragilisent les trésoreries des transporteurs et, sur d'autres aspects, les impératifs du Grenelle de l'environnement imposent des contraintes nouvelles...

Pour les industriels, les organismes professionnels et les experts, une mutation des business modèles et une optimisation des capacités de logistique s'imposent. Dans ce contexte, la mutualisation devient une composante à part entière de la stratégie des entreprises logistiques car elle permet entre autres :

- d'allier croissance économique et préservation de l'environnement (optimisation des chargements / remplissage, optimisation du « bilan carbone »...)
- de renforcer flexibilité et réactivité dans un contexte économique volatile
- de faire des espaces vacants, qui atteignent 30%, non plus des sources de surcoûts et de destruction de valeur, mais des sources de création de valeur et d'économies, de réduction des émissions de CO2 et un atout concurrentiel.

Dans ce contexte économique et logistique, le projet Logistique Mutualisée et Durable (LMD) a été initié et mené à terme par un consortium multi-disciplinaire : le projet LMD trouve son originalité dans l'idée de faire des capacités logistiques sous-exploitées et vides un levier pour la création de valeur économique, écologique et énergétique.

• Déroulement de l'étude

Le projet LMD a eu pour objectif 1) la conception et le développement d'un prototype de plate-forme logicielle permettant la mise en commun et la gestion mutualisée de capacités logistiques (entrepôts, camions...) ainsi que 2) le développement de méthodologies de pilotage de processus de collaboration. Les solutions technologiques et managériales qui ont été développées dans le cadre du projet visent à fédérer une base de connaissances nouvelles dans le domaine de la mutualisation logistique. Il constitue la 1ère réflexion R&D menée sur la mutualisation intelligente appliquée au secteur du transport de marchandises et de la logistique interurbaine.

Pour assurer le succès de son déroulement, le projet LMD a reposé sur une structure à plusieurs niveaux et a été subdivisé en groupes de travail.

Les principaux objectifs du projet furent les suivants :

Objectif 1	Gestion générale du projet, recensement des besoins. Evaluation & validation et dissémination.
Objectif 2	Développement d'un ensemble de méthodologies dédiées à la logistique collaborative et au transport intelligent, et d'une cartographie des schémas logistiques et des bonnes pratiques.
Objectif 3	Développement d'un outil de gestion et de pilotage d'un réseau distributeurs/prestataires/fournisseurs (tableau de bord) et d'un site web communautaire (bourse pour la mutualisation des espaces logistiques vacants).
Objectif 4	Développement d'un système d'information coopératif (BPM), adaptatif, doté d'intelligence et agile.
Objectif 5	Développement de logiciels d'optimisation et de mutualisation de moyennes logistiques.

• Résultats obtenus

Le principal livrable du projet LMD consiste dans une version ALPHA de la plate-forme logicielle d'aide à la mutualisation et à la collaboration inter-entreprises. Ce prototype de plate-forme compte cinq modules complémentaires et interopérables :

- module « tableau de bord » avec un ensemble d'indicateurs de performances logistiques,
- module « système d'information coopératif » à base de systèmes multi-agents,
- module logiciel de massification & Bin-Packing 3D (palettisation)
- module logiciel de modélisation– simulation – optimisation des livraisons mutualisées de marchandises (GMA, Multidrop, Multipick...),
- module web communautaire pour la gestion d'une « Communauté Étendue » (bourse...).

Outre ces résultats technologiques, le projet LMD a permis le développement, sur la base des bonnes pratiques, d'un modèle économique avec un ensemble de méthodologies pour le management d'une communauté d'entreprises.

Les travaux R&D ont permis d'apporter des innovations de rupture et plusieurs idées nouvelles (business modèles...). L'ensemble des résultats du projet LMD ont été validés auprès de la 1^{ère} initiative française de mutualisation : le groupement Pooling. Cette initiative, dédiée à la mutualisation logistique au départ à l'échelle du département de l'Oise, implique les groupes Carrefour, Banania, Bénédicta, Lustrucru, FM Logistic. Le projet LMD a prouvé par l'exemple qu'il est possible d'optimiser les espaces vacants au sein d'une communauté étendue d'entreprises partenaires afin de les transformer en source de valeur durable, tant au niveau économique et environnemental que sociétal.

Le principal point fort des résultats du projet LMD, reste la démonstration faite que la mutualisation est un levier important de productivité et de création de valeur pour les entreprises logistiques. Cette pratique aura permis aux entreprises du groupement Pooling de renforcer leur compétitivité en créant de la valeur avec les capacités résiduelles et invendues, de réduire de 5 à 15 % les coûts logistiques et de générer jusqu'à 25% d'économies en nombre de camions nécessaires au transport des produits à livrer. Cette réduction du nombre de camions en circulation permet la réduction des empreintes en CO2.

Le consortium LMD est convaincu que la mutualisation devient, et sera encore plus à l'avenir, un axe stratégique pour toutes les entreprises logistiques contemporaines.

• Exploitation des résultats

Le projet LMD est une source d'enrichissements significatifs avec la production de concepts et de connaissances nouvelles et utiles permettant de rationaliser les processus logistiques et de transformer les surcapacités de sources de coûts et d'émissions inutiles de GES en des sources de création de valeur. Le projet LMD a par ailleurs montré l'importance d'une étroite collaboration entre recherche publique et monde industriel. La participation des entreprises logistiques membres du projet Pooling a permis de valider l'ensemble des travaux de R&D et de mettre en lumière plusieurs idées et concepts originaux. Ces concepts ont été repris dans d'autres projets liés à la mutualisation de la logistique urbaine (projet « logistique urbaine Mutualisée et Durable » dont le coordinateur est Presstalis)... Ces concepts et idées doivent également être repris dans un projet lié à la mutualisation de la logistique maritime et fluviale (projet « Fluviale 2.0 » qui sera coordonné par DHL). D'autres idées ont été reprises par quelques projets portant sur la mutualisation, sélectionnés dans le cadre de l'appel à propositions du PREDIT-GO4 «Transport de marchandises 2009 ».

Un des partenaires du projet a créé une entreprise (4S Network sas) dont le but est de valoriser une partie des travaux et résultats du projet LMD. Par ailleurs, un des partenaires du comité de pilotage (FM Logistic) a décidé de renforcer son offre de logistique mutualisée afin de se positionner comme le premier acteur intégrateur logistique entre distributeurs et industriels. Enfin, des chercheurs du partenaire EuroMedTextile ont créé une entreprise (JASSP sas) pour valoriser certaines solutions technologiques issues du projet.

Les travaux LMD ont fait l'objet de 7 publications scientifiques.

• Perspectives

Le projet LMD envisage des suites avec des projets pilotes pragmatiques autour des thèmes de la mutualisation et du partage durable d'espaces vacants dans une chaîne logistique multimodale. La phase 2 du projet LMD aurait pour objectif de construire des offres « Produits/Services » opérationnelles, packagées et flexibles apportant une valeur ajoutée perçue par l'ensemble des entreprises maillons d'une chaîne logistique multimodale.

Un nouveau consortium et une nouvelle direction de projet seront mis en place pour mener la phase 2 du projet LMD (logistique multimodale). Plusieurs entreprises sont intéressées à participer à LMD. L'objectif principal de cette phase 2 sera la création d'une véritable communauté étendue d'entreprises partenaires, ayant la volonté de partager des processus, des outils et des moyens.

Contacts :

Xavier Perraudin
4S Network SAS
38, rue Camille Corot
92500 Rueil-Malmaison
xperraudin.lmd@gmail.com

Sami Sboui
EuroMedTextile
3, rue Jean Mermoz
94430 Chennevières-sur-Marne
sami.sboui@euromedtextile.com

Partenaires

École des Mines de Nantes
CNRS-Laboratoire d'Informatique de Paris 6
Université de Picardie Jules Verne

EVAL : Méthodologie d'évaluation des innovations en matière de logistique urbaine

Laboratoire d'Economie des Transports (CNRS, Université Lyon 2 et ENTPE)
MEDDTL (DRI)

En matière de logistique urbaine naissent chaque jour de nouveaux projets qu'il convient d'évaluer, notamment afin de connaître les bénéfices qu'ils apportent à la collectivité comme aux autres acteurs. EVAL fournit une grille de lecture de ces bénéfices, par le biais d'une recommandation à utiliser une liste d'indicateurs essentiels et complémentaires dans les évaluations de nouveaux projets, par le prisme des dimensions du développement durable.

• Problématique

Dans le cadre du Programme National « Marchandises en Ville » (PNMV) né au sein du PREDIT dans les années 1990, la puissance publique (ministère, agences ou entités territoriales) a souhaité encourager l'émergence de projets innovants en logistique du dernier kilomètre, notamment en favorisant l'expérimentation, et en finançant tout ou partie de leur évaluation. L'objet de ces évaluations est avant tout de statuer sur la viabilité économique des projets, mais aussi de quantifier les avantages apportés à la collectivité.

Il existe ainsi un foisonnement de rapports d'étude préalable ou de rapports d'évaluation de projets innovants de logistique urbaine, sans qu'il y ait de cohérence entre les critères utilisés et plus généralement entre les méthodologies d'évaluation mises en œuvre. Il en résulte une difficile lisibilité des avantages apportés par ces projets et une impossible comparabilité.

Le premier souci de cette recherche était donc de répondre à la demande du PNMV d'être en capacité d'harmoniser les évaluations, afin d'apporter aux porteurs de projets et aux collectivités un canevas clair de ce qui est attendu dans une évaluation de projet. Les objectifs affichés, tant des porteurs de projets que des collectivités, étant l'inscription de la logistique urbaine dans une démarche de développement urbain durable, nous avons placé notre démarche dans cette même logique.

• Déroulement de l'étude

Le Laboratoire d'Économie des Transports (Université de Lyon), et les deux bureaux d'études partenaires (Interface Transport et Gérardin Conseil) ont travaillé de concert pour assurer une variété de points de vue.

L'étude a nécessité trois étapes préalables :

- une définition des clefs d'entrée de la recherche, du périmètre de la logistique urbaine et la déclinaison de l'expression du développement durable ;
- la prise de connaissance des démarches comparables, notamment de la « grille RSTO2 » promue par le CERTU, qui présentait les mêmes objectifs qu'ÉVAL, dans une perspective plus large car elle concerne tout projet urbain ;
- le recensement et la mise en commun de quinze rapports d'évaluation sur des projets en matière de logistique urbaine, en cours, concrétisés ou abandonnés.

Dans cette dernière étape, nous avons mobilisé à la fois le réseau des chercheurs, des bureaux d'études, des collectivités et des porteurs de projets qui sont impliqués dans les questions de logistique urbaine. Cela nous a permis de travailler sur un large éventail de rapports d'évaluation, touchant à toutes les dimensions jusqu'ici explorées en termes d'innovation : nouveaux véhicules ou motorisations, nouvelles organisations, nouvelles réglementations, nouveaux modes de distribution.

Dans la phase principale de cette étude, nous avons relevé quelles étaient les variables utilisées dans chacun des rapports, et dans quelle dimension du développement durable chaque variable intervenait. Ensuite, nous avons classé les indicateurs selon leur importance et leur fréquence d'utilisation. Nous avons en outre préparé, en distinguant variables, ratios et indicateurs, une définition précise rendant compte de la variété des situations et des circonstances dans lesquelles ils peuvent être utilisés.

• Résultats

Cette recherche a abouti en premier lieu à une série de recommandations incontournables pour mener à bien l'évaluation d'un projet. Une liste d'indicateurs classés par ordre d'importance et par contexte d'usage a été constituée, selon les trois axes du développement durable. Puis, une définition précise des indicateurs à utiliser dans ces évaluations a été proposée.

Deux familles principales d'indicateurs de suivi sont dégagées, celle d'un « noyau dur » que nous considérons comme indispensable pour considérer un rapport d'évaluation complet, et celle d'indicateurs complémentaires qui peuvent être utilisés à des fins de précision ou pour faire part de spécificités du projet. Les indicateurs couvrent cinq domaines : économique et commercial, technique et logistique, social, environnemental et réglementaire et occupation de l'espace. Parmi les indicateurs du noyau dur se trouvent, par exemple :

- dans le volet économique, le montant des investissements, les charges d'exploitation, les subventions ;
- dans le volet technique et logistique, le nombre de colis livrés, le nombre de positions, la durée des arrêts d'une tournée de livraison ;
- dans le volet social la formation/insertion ;
- dans le volet environnemental les variations de la consommation énergétique, des émissions de polluants ;
- dans le volet réglementaire l'encombrement de la voirie, les stationnements en double file...

Nous définissons en outre un groupe d'indicateurs permettant une mise en contexte du projet. Enfin une liste d'indicateurs synthétiques intégrant plusieurs dimensions est proposée. Parmi ces indicateurs on peut citer l'efficacité, la simplicité, la cohérence, la pertinence, la viabilité du projet.

Dans un deuxième temps, EVAL fournit un descriptif précis des indicateurs proposés, précisant notamment le mode et la fréquence de collecte qu'il est recommandé de respecter et la définition de chacun des champs observés.

• Exploitation des résultats et perspectives

Une première application de cette grille a été effectuée dans le cadre d'une recherche, par une comparaison de deux projets de logistique urbaine, l'un à Paris, une plate-forme pour un opérateur de messagerie express, l'autre à Bristol en Angleterre, un centre de distribution urbaine pour les flux de distribution finale. Il en ressort que la grille est adaptée à ces deux projets de types et de pays différents, ce qui constitue un encouragement à la généralisation de la démarche.

L'apport de cette grille d'évaluation est lié à la fois à son noyau dur qui en donne toute sa pertinence et sa force, en permettant notamment de comparer la portée respective des projets, mais également à la capacité de faire varier la classification des ratios complémentaires en fonction des objectifs premiers du projet. Ainsi, si une expérimentation doit particulièrement stimuler l'emploi ou l'insertion, le poids que l'on donne aux ratios sociaux peut augmenter par rapport aux indicateurs économiques.

Deux types d'acteurs sont susceptibles de s'approprier cette grille : d'une part, les porteurs de nouveaux projets, qui bénéficient grâce à ce travail d'un canevas d'évaluation ex ante ou ex post ; d'autre part, les collectivités publiques, qui sont soucieuses de ne pas disperser les aides aux innovations, et qui bénéficient grâce à EVAL de recommandations pour attribuer un label aux nouveaux travaux d'évaluation.

Par ailleurs, une deuxième phase de travaux doit permettre au projet de gagner en opérationnalité : nous envisageons la construction d'un démonstrateur, tant à destination des porteurs de projet que de la collectivité. Celui-ci devrait prendre la forme d'un logiciel qui renseigne chacun des indicateurs et présente à l'utilisateur les dimensions qui ne seraient pas suffisamment prises en compte dans son projet d'évaluation.

Contacts :

Jean-Louis Routhier
Laboratoire d'Économie des Transports
Institut des Sciences de l'Homme
14 avenue Berthelot
69363 Lyon Cedex 07
jean-louis.routhier@let.ish-lyon.cnrs.fr

Partenaires

Interface Transport
Gérardin Conseil

Compétitivité de l'industrie des transports

Cruciale pour notre pays, la compétitivité des industries, des opérateurs de transport et des territoires est présente dans tous les axes de travail du Predit 4. C'est la cas également du recours aux progrès permis par les technologies de l'information et de la communication.

Ces deux aspects sont souvent liés aujourd'hui et un traitement transversal, centré sur une approche industrielle, est nécessaire.

Il s'applique principalement aux outils et processus de conception et de production ainsi qu'aux systèmes complexes impliquant les technologies de l'information et de la communication. Les recherches sur l'utilisation de nouveaux matériaux et celles sur la mécatronique (intégration de l'électronique et de la mécanique) prennent une importance croissante.

- **Le prix « compétitivité de l'industrie des transports » a été attribué aux projets :**

- **AROS : Suite logicielle pour la conception et le prototypage rapides d'applications distribuées robustes pour la sécurité et la mobilité dans les transports** (Armines)

- **O2M : Outils de modélisation mécatronique** (Valeo)

- **Les autres projets nommés sont :**

- **MasCotTe : Maîtrise et contrôle des temps d'exécution** (Université Paul Sabatier/Irit, Toulouse)

- **EXPAMTION : Expérimentation d'une infrastructure de simulation partagée entre tous les acteurs de la chaîne de conception mécatronique** (Simpoe SAS)

- **GALVAsTRIP : Galvanisation et résistance à la fatigue des aciers Trips à haute teneur en silicium** (LMBPS, ENI Metz)

- **Easy grip : Chaînes à neige composite** (Joubert Productions)



AROS : Automotive Robust Operating Services

Armines – Mines ParisTech
Agence nationale de la Recherche

Le monde de l'automobile vit une profonde mutation, notamment par l'accroissement constant de la part de l'électronique dans la valeur d'un véhicule. Cette partie de la valeur – très haut de gamme – pose des problèmes complexes pour son développement.

Intempora SA commercialise depuis 10 ans le logiciel RTMaps, un logiciel issu des travaux de Mines ParisTech. Intempora compte aujourd'hui 10 employés et RTMaps est aujourd'hui utilisé dans le monde entier par les acteurs majeurs de l'automobile, notamment VALEO. Aujourd'hui, basé sur les concepts et la méthodologie de RTMaps, le projet AROS développe une nouvelle plate-forme de développement temps réel orientée composants afin de franchir une nouvelle étape : celle des systèmes distribués, en plein essor.

• Problématique

Les Systèmes de Transport Intelligents intègrent de plus en plus de fonctions complexes : des capteurs (GPS, laser, radar, caméras), des systèmes de communication – de véhicule à véhicule, ou de véhicule à infrastructure – mais aussi des algorithmes. Ces derniers sont de plus en plus complexes, incluant par exemple du traitement d'images ou encore de la fusion de capteurs. Ces algorithmes sont de moins en moins déterministes, ce qui remet en cause les techniques employées jusque là dans les systèmes embarqués (exécution synchrone par exemple).

De fait, la conception de tels systèmes fait apparaître de nouvelles problématiques :

- comment faciliter le prototypage de telles applications ?
- comment passer rapidement d'un prototype à une application industrielle ?
- comment aller plus loin en termes de complexité sans sacrifier la fiabilité ?

Fort de l'expérience de RTMaps, AROS offre une solution innovante :

- **AROS est agile** : développé par et pour des ingénieurs de l'automobile, AROS facilite le développement d'applications et leur maintenance.
- **AROS est distribué** : les applications AROS peuvent être distribuées de manière transparente sur un réseau hétérogène.
- **AROS est dynamique** : les composants applicatifs peuvent être connectés et déconnectés dynamiquement.
- **AROS est fiable et sécurisé** : les fautes sont confinées localement. Les données échangées entre les composants sont chiffrées par un algorithme AES.

• Déroulement de l'étude

Tout d'abord, Valéo a coordonné l'écriture du cahier des charges fonctionnel d'AROS (ou cahier d'exigences), allant de la vue client jusqu'aux fonctionnalités techniques avancées : cette phase garantit l'adéquation des développements avec les besoins industriels.

Ensuite, l'architecture du cœur d'AROS (Engine) a été définie, puis développée, essentiellement par Armines et Intempora. Un certain nombre de composants sont venus enrichir ce cœur :

- Tout d'abord DOHC, qui est la gestion de la mémoire et des objets, adaptée aux applications temps-réel ainsi que Chassis, un code permettant d'assurer l'indépendance vis-à-vis du système d'exploitation.
- Puis l'interface de conception d'applications d'AROS, appelée « Injector » et développée sous Eclipse (assurant la portabilité).
- Ensuite Cables, qui est une Architecture Orientée Service (SOA) permettant de réaliser facilement des applications distribuées puissantes. Outre des concepts liés aux systèmes embarqués (p. ex. les services différés), ses caractéristiques incluent les propriétés suivantes :
 - robustesse : chaque processus est isolé et les fautes sont confinées;
 - portabilité (Cables fonctionne déjà sous Windows, UNIX et MacOS),
 - chiffrement et compression des données (multi-protocoles).
 - support d'IPv6 et de Zeroconf (découverte automatique de services),
- NJN, le logiciel de conception d'application orienté composants, une surcouche de Cables, est encore à l'état de prototype.

La dernière phase du projet consiste en des démonstrations et leur validation par Valéo, prévues pour septembre 2011. Deux démonstrations très différentes doivent permettre de valider, non pas les applications, mais la manière dont AROS permet d'améliorer leur développement.

Première démonstration : un véhicule « Stop'n'Go », conduite par Valéo sur sa VW Passat CC. AROS permet de connecter un modèle de contrôleur conçu avec MATLAB/Simulink à la voiture et donc de faire de la simulation « Hardware in the loop ». Une fois le modèle réglé, le code AROS sera généré et exécuté dans le véhicule. L'objectif est de montrer les capacités d'AROS à fonctionner en coopération avec MATLAB/Simulink, couramment utilisé dans l'industrie. Et de montrer AROS comme système de contrôle d'un véhicule, non plus en phase de prototypage mais en phase d'exploitation.

Deuxième démonstration : un système de gestion de trafic avec serveur robuste, par l'INRIA. Des véhicules (4 Citroën C3) transmettent leurs informations à un serveur (deux PC redondants) qui estime l'état du trafic et le renvoie à la flotte, chaque véhicule l'envoyant à l'iPad embarqué pour visualisation. L'objectif est de montrer la robustesse d'AROS pour des applications coopératives et très distribuées.

• Résultats

Le consortium AROS a prévu dès l'origine le transfert et la valorisation des ses résultats. Une partie du code d'AROS est ainsi déjà en exploitation.

- l'interface de conception d'applications, « Injector », est aujourd'hui intégrée par Intempora dans RTMaps 4, la nouvelle génération de leur outil.
- le logiciel Cables devrait sous peu être disponible en Open Source, sous licence GPL pour les applications non commerciales, et sous licence propriétaire pour les applications industrielles. Intempora SA prépare dès aujourd'hui sa commercialisation.

Notons que Cables a déjà été testé et exploité dans des cadres variés :

- dans le robot CoreBots, vainqueur de la compétition CAROTTE (cf. Illustration 1) ;
- sur le stand ModuloWatt au Mondial de l'Automobile 2010 (système de recharge électrique automatique), grâce à l'INRIA, partenaire du projet AMARE (cf. Illustration 2) ;
- dans le cadre des démonstrations de Cybercar à la Rochelle (cf. Illustration 3.).
- Cables a été retenu par le projet européen HAVE-IT.

• Perspectives

Le projet AROS est en cours jusqu'en septembre 2011. Les modules déjà en phase de valorisation – Injector et Cables – vont bénéficier des démonstrations pour être améliorés. A terme, un troisième produit, NJN, pourrait voir le jour.

Le consortium compte poursuivre ses développements et recherche des partenaires potentiellement intéressés pour exploiter ces technologies dans le cadre automobile ou dans d'autres cadres (réalité augmentée, robotique, etc.).



Illustration 1 : Le robot CoreBots, vainqueur de la compétition CAROTTE organisée par la DGA et l'ANR. CoreBots a pour base le code issu du projet AROS.



Illustration 2 : Le stand ModuloWatt au Salon de l'Automobile 2010. L'application AMARE a été développée en utilisant Cables.



Illustration 3 : CyberCar en démonstration à La Rochelle. Son système de communication s'appuie sur Cables.

Contacts :

Arnaud de La Fortelle
Mines ParisTech
Centre de Robotique
60, boulevard Saint Michel
75006 Paris
arnaud.de_la_fortelle@mines-paristech.fr

Partenaires :

Valeo
Inria
Intempora SA

Labellisé par le pôle de compétitivité SYSTEM@TIC.

MasCotTE : Maîtrise et Contrôle des Temps d'Exécution

Institut de Recherche en Informatique de Toulouse (CNRS, INPT, UPS, UT1, UTM)
Agence nationale de la Recherche

Le projet MasCotTE visait à explorer les différentes voies pour maîtriser le calcul du pire temps d'exécution et à définir les bonnes pratiques pour une utilisation correcte des mécanismes d'optimisation dynamique du temps d'exécution présents dans les calculateurs.

• Problématique

Comme dans l'aéronautique, les constructeurs automobiles doivent considérer avec toujours plus d'attention la sécurité des passagers tout en offrant de plus en plus de fonctionnalités. L'ajout de fonctionnalités passe par l'utilisation de systèmes informatiques qui se complexifient et il est nécessaire de garantir le respect de contraintes temps réel.



Ce projet s'attaquait aux différentes méthodes de calcul de temps d'exécution maximum et visait à produire des outils exploitant ces méthodes pour deux architectures cibles : le Star12x (un processeur très simple) et le MPC5554 (un processeur intégrant des mécanismes d'accélération dynamiques). Les deux méthodes abordées étaient l'analyse statique et le test. Le test repose sur une exécution des programmes sur le processeur cible. Toutefois, pour pallier au manque de la cible qui est souvent observé en début de développement d'un produit, l'étude portait également sur la génération de simulateurs de processeurs précis au cycle près.

• Déroulement de l'étude

L'étude s'est déroulée de manière fortement parallèle compte tenu du caractère étendu des recherches menées. Outre des réunions plénières et téléphoniques régulières, deux ateliers ont permis des échanges très fructueux entre les partenaires, un point fort de ce projet étant un transfert de connaissances des partenaires académiques vers les industriels.

Une étude d'ordre théorique en début de projet, puis beaucoup plus pratique, concernait l'utilisation des mécanismes d'accélération présents dans le MPC 5554 (prédiction de branchement, mémoires caches, scratchpad). D'un point de vue théorique, l'étude portait essentiellement sur le moyen de brider ces éléments sans pour autant perdre totalement leur gain en performance. Plusieurs articles sur ce sujet ont été publiés. D'un point de vue plus pratique, des expérimentations ont été menées pour quantifier l'effet de ces mécanismes et de leur bridage.

Une autre étude a porté sur un outil de génération de simulateurs précis au cycle près (Harmless). L'idée-maîtresse est de pouvoir transcrire rapidement une description d'un processeur dans un langage adapté à cet effet et de générer automatiquement le simulateur du processeur. Cette étude a duré tout le long du projet et continue pour intégrer la description de processeurs plus complexes. Les résultats en termes de temps de génération et de vitesse du simulateur sont remarquables.

Le troisième outil (PathCrawler) vise à produire des jeux de tests pertinents pour mesurer le temps d'exécution du programme. En effet, trouver tous les jeux de tests d'un programme semble impossible pour un programme réel. Par ailleurs, cela amènerait à des temps de test prohibitifs. Pour se faire, il utilise des techniques d'analyse statique et une technique comparable à l'exécution symbolique dynamique.

La quatrième étude concernait un outil d'accueil de techniques d'analyse statique (Ottawa) permettant de déterminer sans exécution du programme (ni sur la cible, ni sur un simulateur) le temps d'exécution de celui-ci sur les deux cibles du projet.

Tous ces outils ont été testés et comparés sur des benchmarks par les auteurs des outils et sur une application réelle de Renault (80 000 lignes de code C) par la société Geensys qui a comparé ces outils avec d'autres outils s'en rapprochant et proposés dans le commerce.

• Résultats

Le projet a été la source de 12 publications et a permis d'étendre les fonctionnalités des 3 outils Harmless (génération de simulateurs), Ottawa (outil d'analyse statique), PathCrawler (outil de génération de tests).

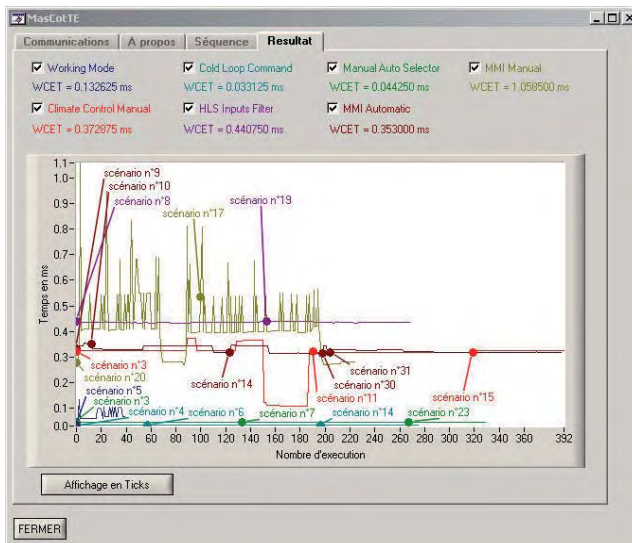
• Exploitation des résultats

L'outil Ottawa (www.otawa.fr) est open-source. Plusieurs universités l'utilisent et des industriels sont intéressés par son exploitation. Il a été utilisé et étendu dans le cadre du projet européen FP7 Merasa.

L'outil Harmless (<http://p2a.rts-software.org/>) est également open-source et son développement continue.

PathCrawler

(<http://www-list.cea.fr/labos/fr/LSI/test/pathcrawler/index.html>) est disponible sous licence. Les résultats des études comparatives entre ces outils et des outils commerciaux similaires ont été directement exploités par les partenaires du projet et quelques autres industriels qui nous ont demandé copie de ces résultats.



Contacts :

Pascal Sainrat
IRIT, Université Paul Sabatier
118 Route de Narbonne,
31062 Toulouse Cedex 9
sainrat@irit.fr

Partenaires :

CEA
FreeScale
Geensys
Institut d'Electronique fondamentale (université Paris Sud)
IRCCyN(Nantes)
IRISA (INRIA-Rennes)
LAAS-CNRS (Toulouse)
Renault

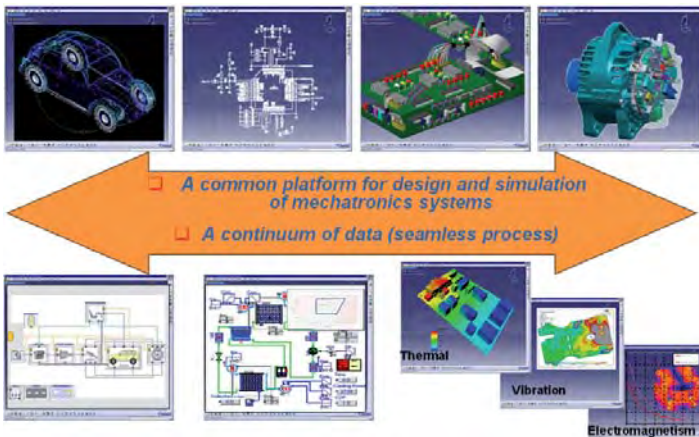
Labellisé par le pôle de compétitivité SYSTEM@TIC



O2M : Outil de Modélisation et de conception Mécatronique

Valeo
Fonds unique interministériel

Le programme O2M développe une nouvelle génération d'outils pour étayer le processus de conception mécatronique. Il met à la disposition de la filière automobile les instruments nécessaires pour faire face à des marchés très dynamiques avec des produits toujours plus complexes. Il assure la transition vers de nouvelles pratiques de conception, et permet à nos ingénieurs de se concentrer sur les tâches à haute valeur ajoutée pour les rendre encore plus compétitifs.



• Problématique

Aujourd'hui il n'existe pas de solution globale pour supporter le développement des produits mécatroniques, de nombreuses ruptures entre les outils interviennent pendant le processus de conception. Ce dernier est par conséquent très chronophage, et comporte de nombreux risques en termes de fiabilité, de sécurité, de performance et d'échec d'industrialisation. Pour répondre à cette problématique, O2M développe une nouvelle plate-forme logicielle collaborative basée sur les fonctions natives du PLM¹, et considère tous les niveaux du processus de conception : pré-dimensionnement, conception détaillée, simulation et validation multi-physique.

¹ Product Lifecycle Management : outil de gestion des activités de la R&D qui concerne la définition des produits, la gestion de leurs différentes configurations et de leurs évolutions tout au long de leur cycle de vie.

La solution gère l'ensemble des données du processus de conception. Elle intègre les différentes étapes de modélisation : besoins et exigences, conception fonctionnelle, logique et physique, ainsi qu'une modélisation 3D pour étayer la simulation multi-physique spécifique à la mécatronique.

• Déroulement de l'étude

Le projet a été réalisé en deux phases successives :

- phase 1 : formalisation des processus et spécifications des besoins, faisabilité, maquettage sur la base de scénarios métier ;
- phase 2 : spécifications détaillées et mise à disposition progressive de la plate-forme de modélisation de produits mécatroniques.

A partir de l'analyse détaillée de scénarios réels et industriels de conception de produits mécatroniques, la phase 1 a permis d'identifier les difficultés rencontrées par nos ingénieurs et de proposer des nouvelles solutions pour les résoudre. La phase 2 a permis de réaliser les prototypes. Un plateau projet a été mis en œuvre pour permettre l'intégration de ces prototypes sur la plate-forme; il a accueilli les différents partenaires pour contribuer à la validation des résultats.

Pour fédérer les actions des différents sous projets un scénario métier "fil rouge" a été mis en œuvre lors de la validation des prototypes : la conception du groupe motopropulseur (GMP) d'un véhicule électrique.

Supporté par l'infrastructure collaborative, socle de l'ensemble du processus et garant de la cohérence et la complétude des méthodes et données, le projet est organisé en sous-projets métiers :

- processus de conception mécatronique ;
- pré-dimensionnement multi domaine ;
- conception électronique en environnement 3D ;
- analyse de robustesse et optimisation multi-physique ;
- compatibilité électromagnétique ;
- interconnexions et comportement du câble ;
- base de données mécatroniques, matériaux et lois de comportement.

• Résultats

Si le projet comporte des livrables correspondants naturellement à l'amélioration de logiciels existants ou à la création de nouveaux modules, il comporte aussi une part importante de création d'outils métiers : méthodologies, modèles de simulation, bancs de tests et de mesures, caractéristiques de matériaux.

Pour la part logicielle, on notera les avancées suivantes :

DASSAULT SYSTEMES : évolutions importantes de la plateforme V6 PLM 2.0 pour prendre en compte les spécificités de la mécatronique et de l'intégration de l'électronique dans le 3D. Automatismes permettant de réduire les cycles de simulations multiphysiques intégrant notamment la compatibilité électromagnétique et la thermique, ainsi que des simulations comportementales. Evolutions de l'environnement PLM Systems pour prendre en compte l'optimisation du système mécatronique.

ALTAIR Engineering : optimisation des codes de calculs et nouveaux champs d'application.

CADLM : algorithmes d'optimisation pour la conception de produits, interfaçage avec la plate-forme pour le pilotage de cycles d'optimisation du groupe moto-propulseur.

CEDRAT : amélioration sensible des produits existants InCa3D et Portunus et intégration avec la plate-forme.

En termes scientifiques le projet a abouti à la soutenance de 10 thèses et a généré plus d'une quarantaine de publications.

Le **CNRT**, le **LNE** et l'**IRSEEM** ont développé des moyens d'essais et des méthodologies spécifiques, afin notamment de valider les nouveaux modèles proposés.

• Exploitation des résultats

DASSAULT SYSTEMES a développé de nouvelles solutions pour mieux s'implanter sur les nouveaux marchés de la mécatronique, et notamment l'amélioration des échanges avec les outils de CAO électroniques ou de câblage, permettant de réduire sensiblement les cycles de modélisation. Les solutions seront progressivement intégrées dans l'offre de l'éditeur. Les avancées du projet se révèlent d'ores et déjà un argument de vente efficace pour l'acquisition de nouveaux contrats, notamment dans l'automobile.

Le **CEDRAT** a développé ses outils pour mieux aborder le marché de la simulation CEM (Compatibilité Electromagnétique) conduite et rayonnée, avec de nouveaux atouts. Sa connexion avec la plate-forme PLM lui ouvre de nouvelles perspectives d'intégration dans les systèmes d'information R&D. Le projet a permis à la PME de répondre à une problématique stratégique critique pour son développement.

ALTAIR a amélioré sensiblement les performances de calcul de ses outils. Les partenaires du SP2, sous l'impulsion de **CADLM**, ont développé des méthodologies d'optimisation multiphysique.

Les grands partenaires, comme **LEONI**, **RENAULT** ou **VALEO**, ont optimisé les processus de conception : certains processus qui nécessitaient un retour au support papier (schémas de conception) sont maintenant outillés et pour le moins partiellement automatiques. Les méthodologies de prédimensionnement des systèmes ont progressé avec une démarche collaborative entre constructeurs et équipementiers et sont partiellement outillés.

La participation active de PME a permis de créer un écosystème porteur pour elles de nouveaux marchés, à titre d'exemple : **EIRIS Conseil** sur la conception des systèmes mécatroniques, **Sherpa Engineering** et **CADLM** pour l'optimisation des produits pendant la phase de conception.

Contacts :

Denis Barbier
Valeo Management Services
Direction R&D Groupe
43, rue Bayen
75848 Paris Cedex 17
denis.barbier@valeo.com

Partenaires :

ALTAIR ENGINEERING - ARMINES-CDM - CADLM -
CEDRAT S.A. - CNRS DELEGATION NORMANDIE (CNRT)-
CONTINENTAL AUTOMOTIVE - DASSAULT SYSTEMES - DPS
- ECOLE CENTRALE DE LYON (AMPERE) - EIRIS Conseil -
ENS CACHAN (SATIE) - ENSEA - ESTACA - GRENOBLE INP
(G2ELab) - IRSEEM - LEONI - LIGERON - LNE - RENAULT
- SAMTECH - SCHNEIDER TOSHIBA INVERTER EUROPE -
SHERPA ENGINEERING - SUPELEC - SUPMECA - THALES
- UNIVERSITE DE VERSAILLES SAINT-QUENTIN - VALEO
ETUDES ELECTRONIQUES - VALEO MANAGEMENT SERVICES -
VALEO SECURITE HABITACLE

*Labellisé par les pôles de compétitivité SYSTEM@TIC et
Mov'éo*

EXPAMTION : Expérimentation d'une infrastructure de simulation partagée par tous les acteurs de la chaîne mécatronique de conception

Société SIMPOE
Fonds unique interministériel

Les fournisseurs des constructeurs automobiles ne disposent généralement pas de moyens nécessaires pour faire face aux avancées technologiques régulières des architectures haute performance : ainsi la généralisation du « multi-core¹ » pose le problème de l'optimisation des codes applicatifs². D'autre part, ces PME/PMI ne disposent pas des capacités humaines et financières suffisantes pour accéder en interne à la simulation et ne peuvent pas toujours accéder à la simulation collaborative dans la Supply Chain (la chaîne d'approvisionnement des équipementiers automobiles).

Le travail collaboratif défini dans le projet EXPAMTION permettra à des PME/PMI de la Supply Chain de gagner en compétitivité et aux éditeurs de logiciels de proposer de nouveaux produits.

Ce projet est un grand défi économique et technologique dans lequel interviennent non seulement les différents groupes d'utilisateurs tels que le consortium de la Supply Chain, mais aussi des fournisseurs de technologies tels que les éditeurs de logiciels, un industriel constructeur de systèmes haute performance et des laboratoires experts du domaine.

Une des grandes orientations du DAS « mécatronique » de Mov'eo consiste à développer les outils de conception liant l'ensemble des métiers mécaniques et électroniques. L'enjeu est d'optimiser des produits très complexes qui exigent de maîtriser une large gamme de compétences (dimensionnement mécanique, thermique, compatibilité électromagnétique, électronique, routage, etc.....) sur l'ensemble du cycle de conception. Dans la feuille de route correspondante, un premier projet a déjà été engagé pour un grand outil logiciel appelé O2M (voir Page XX). Mais ces outils exigeront d'impliquer l'ensemble des acteurs de la chaîne de conception.

Le projet EXPAMTION a été initié pour faire face à ces difficultés, et il est l'étape suivante dans la feuille de route du DAS.

Il a pour objectifs de :

- associer dans la chaîne de simulation et de conception tous les fournisseurs de rangs différents, grands groupes et PME, quelles que soient leur taille et leurs compétences actuelles, de façon à expérimenter de nouvelles méthodes de conception collaboratives basées sur une utilisation

¹ Un « multi-core » est un microprocesseur possédant plusieurs « cœurs » sur la même puce. Le cœur est l'unité de calcul du processeur qui lit et exécute les instructions du programme.

² Un « code applicatif » est un code informatique propre à la nature de l'application développée (on parle aussi de « code métier »).

massive et performante de la simulation multi-domaine. La compétitivité de tous les acteurs en sera renforcée ;

- expérimenter sur des grands défis, difficiles à relever aujourd'hui, le travail collaboratif de l'ensemble de la supply chain et aboutir, par exemple, à des produits permettant de réduire les émissions de CO2 de 2 à 6% grâce à l'optimisation du poids des structures, du système d'échanges et de refroidissement et de la commande mécatronique de la ventilation ;
- identifier, dans les entreprises de tailles différentes, le niveau de compétences et la disponibilité des ressources qui doivent être associées au nouveau mode de travail collaboratif proposé. De la sorte, un cahier des charges et une méthodologie de formation pour l'ensemble des acteurs de la filière pourront être élaborés : il ne suffit pas de mettre à disposition un outil, il faut simultanément fournir à l'ensemble des utilisateurs les moyens de s'approprier cet outil ;
- définir un modèle économique pour un tel espace collaboratif de simulation, partagé entre les différents utilisateurs (industriels et académiques) et permettre à des PME spécialisées d'ancrer sur le territoire un moyen de conception haute performance pour la compétitivité de l'industrie automobile mécatronique ;
- transférer à d'autres filières ayant des problématiques similaires de supply chain (aéronautique, mécanique, industrielle...) les connaissances acquises sur l'organisation industrielle et les moyens à mettre en œuvre.

Les retombées de ce projet seront multiples :

- **la compétitivité et l'attractivité des acteurs industriels** (équipementiers de rangs différents, constructeurs) du monde automobile. Elle pourra se juger à l'accroissement du nombre de produits qui pourront être conçus en toute sécurité et dans des délais plus réduits ;
- **la croissance de PME associées à des nouveaux besoins industriels**, correspondant à des nouvelles procédures de la filière automobile en électronique et mécatronique ;
- **la possibilité** qui sera ouverte pour **ancrer sur le territoire des moyens exceptionnels** pour la conception mécatronique de produits automobiles innovants. Le projet sera de ce point de vue un des éléments fondateurs pour l'émergence du Centre de Compétences en Mécatronique – nommé MOVEOTRONICS – que le Pôle Mov'eo souhaite créer pour promouvoir l'attractivité du territoire, le développement d'emplois et la compétitivité des entreprises ;
- **des outils et moyens uniques pour augmenter la fiabilité et la qualité des dispositifs électroniques et mécatroniques automobiles**, qui sont des enjeux majeurs pour l'innovation. Le développement des moyens de conception associés à ces impératifs sont des nécessités majeures auxquelles doit répondre l'industrie automobile.

- **Les verrous actuels**

La mécatronique exige une conception et une optimisation multi-physique et multi-compétence. Cette technologie se heurte toutefois à plusieurs difficultés. La nécessaire conception collaborative entre les acteurs et, en particulier, les PME de la supply chain ne se concrétise pas aisément. Par ailleurs, l'optimisation mécatronique par simulation reste difficile et l'optimisation par parallélisation des codes reste impossible pour les PME éditeurs, et même pour les plus importantes.

C'est pourquoi il est nécessaire d'expérimenter une conception collaborative avec TOUS les acteurs de cette supply chain. Elle doit être basée sur les logiciels de simulation commercialisés et permettre l'accès à l'ensemble des expertises et ressources humaines, matérielles et logicielles nécessaires à la résolution des problèmes qui se posent. C'est à cette condition que les grands défis techniques de la filière mécatronique automobile pourront être relevés.

- **Un exemple de grand défi relevé**

Grâce au projet EXPAMTION, il va être possible d'optimiser la face avant d'un véhicule intégrant le moulage plastique, l'efficacité de la mécatronique des échangeurs de chaleurs, l'aérodynamique de style, le niveau de bruit etc...



Style + Gain en consommation et réduction de CO2 (2 à 6%)

Contacts :

Denis Barbier
Valeo Management Services
Direction R&D Groupe
43, rue Bayen
75848 Paris Cedex 17
denis.barbier@valeo.com

Partenaires :

CETIM, VALEO, INTES, MDP, CADLM, Université de Versailles-Saint-Quentin, Université de Technologie de Compiègne, BULL, ALTAIR

Projet labellisé par les pôles de compétitivité Mov'éo et System@tic

GALVAsTRIP : Galvanisation et résistance à la fatigue des aciers trips à haute teneur en silicium

Laboratoire de mécanique, biomécanique, polymères et structures, Ecole nationale d'Ingénieurs de Metz
Agence nationale de la Recherche

Le Predit vise à permettre l'essor de technologies de qualité, fiables, sûres et efficaces favorisant la réduction de l'émission de gaz à effet de serre par les véhicules. Le développement de véhicules plus légers, nécessitant une consommation moindre, sans transiger sur les performances mécaniques des composants automobiles afin de maintenir leur sécurité, entre tout à fait dans ce cadre. Le projet Galvastrip apporte une contribution dans ce domaine en proposant l'emploi d'acier à haute résistance mécanique.

• Enjeux, problématique et état de l'art

Aujourd'hui, les trois moteurs principaux de la recherche dans le domaine du développement des véhicules sont :

- les enjeux économiques relatifs aux économies en carburant dont les fluctuations de prix peuvent avoir une forte incidence,
- les enjeux écologiques appuyés par les législations environnementales de plus en plus sévères,
- la sécurité des passagers et des piétons, la mortalité par accident de la route étant toujours trop élevée.

Le développement de véhicules plus légers mais qui ne transigent pas avec les normes de sécurité s'impose alors comme une nécessité. Il est possible de parvenir à cet objectif par l'utilisation de tôles en acier à haute résistance mécanique (AHRM), en conservant, voire en améliorant les performances des organes structurels du véhicule. En effet, les propriétés mécaniques intéressantes de ces aciers à résistance élevée rendent possible l'affinement des tôles. Une étude canadienne publiée en 2007 montre que 10% de réduction du poids du véhicule se traduit par 5 à 8% de réduction de la consommation de carburant. Ces chiffres apparaissent également sur le site de l'Ademe.

L'acier TRIP est un acier à transformation de phase identifié comme un acier à très haute résistance mécanique : une réduction de l'épaisseur de 20% par rapport à un acier standard peut être atteinte. Seulement, une épaisseur de tôle plus fine implique un plus grand risque de ruine par corrosion. La galvanisation au trempé à chaud est la technique de protection anti-corrosive classiquement employée dans le cas des pièces en acier automobiles de forme complexe ou mécano-soudées, après fabrication. Le procédé de galvanisation s'effectue en deux étapes principales : (1) la préparation de surface par le passage des pièces d'acier à traiter dans des bains successifs (dégraissage, décapage, et fluxage), et (2) l'immersion dans un bain de

zinc liquide à une température de 450°C, pendant quelques minutes. Le revêtement de zinc ainsi obtenu est métallurgiquement lié au substrat d'acier, par la réaction de double diffusion qui s'opère entre l'acier et le zinc dans le bain de zinc et qui est stoppée lors du refroidissement à l'air. Chaque couche intermétallique η , δ , ζ a des propriétés mécaniques et chimiques propres. Les différences de coefficient de dilatation entre le fer et le zinc notamment provoquent des contraintes résiduelles lors du refroidissement à la sortie du bain de zinc, qui induisent des fissures dans les couches intermétalliques Fe-Zn fragiles δ et ζ .

Les principaux composants automobiles sont soumis à des sollicitations mécaniques auxquelles ils doivent résister, par exemple aux niveaux de la suspension (pivots, bras de suspension, berceau). Par conséquent, différents travaux ont été menés sur la tenue en fatigue des aciers galvanisés depuis les années 70. Il s'avère que la galvanisation au trempé à chaud peut réduire de façon plus ou moins importante la durée de vie de l'acier. Diverses études antérieures, menées dans des conditions différentes, avaient abouti à des résultats contradictoires concernant l'influence de la galvanisation au trempé à chaud sur la résistance à la fatigue pour un acier à haute résistance mécanique.

L'objectif de GalvaStrip est de déterminer sans ambiguïté l'effet de la galvanisation au trempé à chaud sur la résistance à la fatigue de différents AHRM galvanisés dans les mêmes conditions industrielles.

• Approche scientifique et technique

Deux classes d'aciers AHRM sont étudiés dans des conditions permettant la comparaison : un acier à transformation de phase TRIP800 à haute teneur en silicium et deux aciers micro-allié HLE (Haute Limite Élastique) de nuances HE360DR et S420MC. L'intérêt de l'utilisation de ces AHRM est leur bonne combinaison résistance-élongation permettant une optimisation du poids du véhicule. Mais leur comportement en fatigue après galvanisation et les mécanismes responsables des évolutions des propriétés mécaniques ne sont pas bien connus. Le projet GalvaStrip s'est attaché à :

- contrôler la réaction du zinc avec l'acier TRIP dont la teneur en silicium était susceptible de déclencher l'effet Sandelin¹;
- comprendre les mécanismes de formation des composés intermétalliques ;
- observer l'évolution des propriétés mécaniques de l'acier suite à la galvanisation et évaluer la dégradation de la tenue en fatigue ;
- identifier les causes de la dégradation et comprendre les mécanismes d'endommagement afin de remédier au problème.

¹ L'effet Sandelin est dû à la présence de silicium en quantité importante et se traduit par un épaississement indésirable de la couche de galvanisation

• Résultats scientifiques obtenus et exploitations

L'analyse de l'ensemble des résultats obtenus par microscopie optique et électronique (composition chimiques, microfractographie, quantification de fissuration) sur des éprouvettes brutes, galvanisées et traitées thermiquement après et avant sollicitation mécanique en traction nous conduit aux résultats suivants :

- les fissures s'élargissent et sont stoppées ou déviées à l'interface au cours des sollicitations en fatigue dans le cas des aciers TRIP et HE360DR. Par contre, dans le cas de l'acier S420MC, la rupture de fatigue a été identifiée comme conséquence de la propagation des fissures des couches delta. L'hypothèse de fissuration à partir des couches intermétalliques est donc infirmée dans le cas des aciers TRIP800 et HE360DR.
- l'acier TRIP800 reste intéressant par rapport aux deux autres aciers ; la chute de la limite de fatigue de 10% est la moins forte pour l'acier TRIP800, contre respectivement environ 20 % et 30% pour les aciers HE360DR et S420MC. Par ailleurs, la galvanisation de l'acier S420MC, de résistance à la rupture plus élevée que l'acier HE360DR, présente peu d'intérêt ; les propriétés en fatigue chutent pour coïncider avec celle de l'acier HE360DR galvanisé.
- le traitement thermique n'a pas d'effet néfaste sur la tenue en fatigue dans le cas des aciers TRIP800 et HE360DR, contrairement au cas de l'acier S420MC.

• Discussion

Le projet Galvastrip a atteint ses objectifs. La réaction de galvanisation sur l'acier TRIP est maîtrisée dans l'environnement industriel. L'usage d'une panoplie d'aciers était une bonne suggestion de GALVA45. La comparaison des résultats obtenus sur les trois aciers apporte un éclairage nouveau. Elle montre en particulier que les causes sont multiples, et que les solutions doivent être adaptées. Les causes de la dégradation des performances en fatigue de l'acier TRIP galvanisés sont mieux cernées. Nous avons écarté les hypothèses usuelles pour concentrer l'attention sur la fragilisation par l'hydrogène, le développement d'une rugosité d'interface ou l'effet d'une corrosion par piquûre qui se produirait pendant le séchage après le fluxage² et avant que l'acier entre dans le bain. Si l'hydrogène est responsable de la fragilisation, il est nécessairement produit, et diffuse dans l'acier, au moment de la décomposition du flux.

² Le fluxage est la dernière opération préalable à la galvanisation proprement dite. Cette opération a pour objet d'éviter l'oxydation de l'acier avant son immersion dans le bain de zinc et de faciliter la réaction fer-zinc dans le bain.

• Conclusions

Nous avons identifié les mécanismes de détérioration de différents aciers : TRIP800, S420MC et HE360DR pour leurs sensibilités au fluxage, et à la fissuration à partir des couches intermétalliques. Nous avons constaté que la galvanisation abaisse la limite de fatigue des trois aciers dans des proportions variables (HE360DR : -18 % ; S420 MC : -28 % et TRIP800 : -10%). L'acier TRIP800 galvanisé est presque deux fois plus performant qu'un acier standard galvanisé.

Contacts :

Zitouni Azari
LaBPS – ENIM,
1, route d'Ars Laquenexy
57078 Metz
azari@univ-metz.fr

Partenaires :

GALVA 45 (Escrennes, Loiret)
Bureau d'études Etienne Petit (Marly, Meurthe et Moselle)

Chaîne à neige composite



Joubert Productions
Oséo

Easy Grip® est une nouvelle génération de chaîne à neige composite ultra performante et très simple d'utilisation. Elle s'adresse à la plupart des voitures chaînables et garantit un montage / démontage ultra facile.

• Problématique

En situation de conduite sur route fortement enneigée, seules les chaînes restent efficaces pour maîtriser son véhicule. En revanche, leur mise en œuvre est fastidieuse, longue et salissante. La boîte de rangement des chaînes est lourde à manipuler et les chaînes ont tendance à s'emmêler. Joubert Productions a essayé de prendre en compte toutes ces contraintes pour réaliser une solution qui facilite la vie de beaucoup d'automobilistes. L'entreprise a imaginé un dispositif léger, facile à monter/démonter, propre, pratique à ranger et aussi efficace que les chaînes métalliques, en associant des textiles hautement techniques.



• Déroulement de l'étude

Easy Grip® - fruit de la collaboration entre le groupe Joubert Productions et le groupe Michelin

- **Joubert** : expert en matière de Recherche et Développement de textiles techniques
- **Michelin** : expert en adhérence au sol et leader dans le développement de solutions de mobilité

Les recherches approfondies des deux acteurs ont conduit à une solution innovante et simple d'utilisation qui fait l'objet de plusieurs brevets.

Les étapes de développement ont été accompagnées de nombreux tests en laboratoire et sur le terrain afin de mesurer les capacités d'adhérence d'Easy Grip dans les conditions les plus extrêmes.

Les tests poussés se sont concentrés sur :

- l'amélioration de l'adhérence au sol sur la neige, la glace ou le verglas
- l'endurance et la résistance des différents matériaux composites.

Easy Grip est un dispositif antidérapant amovible prévu pour augmenter l'adhérence des véhicules sur neige, glace et verglas.

Les chaînes Easy Grip, dites « textiles », comprennent une **bande d'adhérence** (1) destinée à venir au contact de la bande de roulement de la roue. Elle est maintenue en place au moyen d'un **câble externe** (2), d'un câble interne tendeur et de plusieurs **sangles croisées** (6). Ces sangles sont positionnées sur la face externe de la roue.

La bande d'adhérence est constituée d'un filet réalisé en matière textile. Ce filet est réalisé par tricotage de **cordons** (3), formant ainsi les mailles du filet. Les mailles du filet forment un certain nombre de crampons qui assurent l'adhérence recherchée sur surfaces enneigées.

Les cordons constituant le filet sont réalisés en polyamide. Ils sont renforcés par une âme en aramide (matériaux hautement résistant).

Le filet est fermé au moyen d'une sangle – **bande de jonction** (4) – réalisée en polyamide ou polyester.

Les **clips métalliques** (5) présents au niveau de différentes intersections des mailles du filet permettent d'améliorer l'adhérence de la chaîne sur des surfaces gelées : glace, verglas.

L'adjonction de polyuréthane (élastomère), permet d'augmenter fortement la résistance à l'abrasion des chaînes Easy Grip.

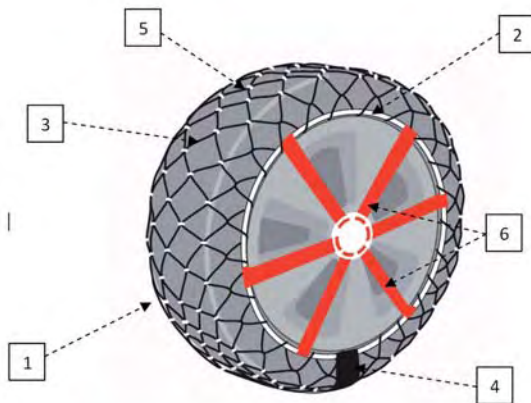


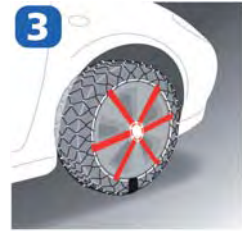
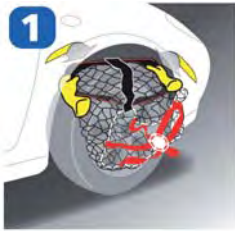
Fig. 1 : Éléments constitutifs de la chaîne textile Easy Grip

• Résultats

Sans équivalent sur le marché, les chaînes à neige composite Easy Grip® offrent des performances optimales dans toutes les conditions climatiques : neige, glace ou encore verglas.



Facile à installer, les chaînes à neige composite Easy Grip® se montent et se démontent en 2 minutes chrono. Ce dispositif est idéal pour les véhicules disposant de passages de roues réduits.



La structure exclusive de la maille en polyamide renforcée d'un cœur en aramide assure une motricité et une adhérence maximale sur neige.



Avec les 150 anneaux en acier galvanisé par roue, la chaîne à neige composite Easy Grip® permet une accroche exceptionnelle sur la glace et le verglas, y compris en virage et freinage.



Pour une sécurité optimale, le Système réfléchissant NVS 'Night Vision Security' accroît la visibilité latérale nocturne du véhicule.



Les chaînes Easy Grip sont compatibles avec les dispositifs ESP et ABS des véhicules



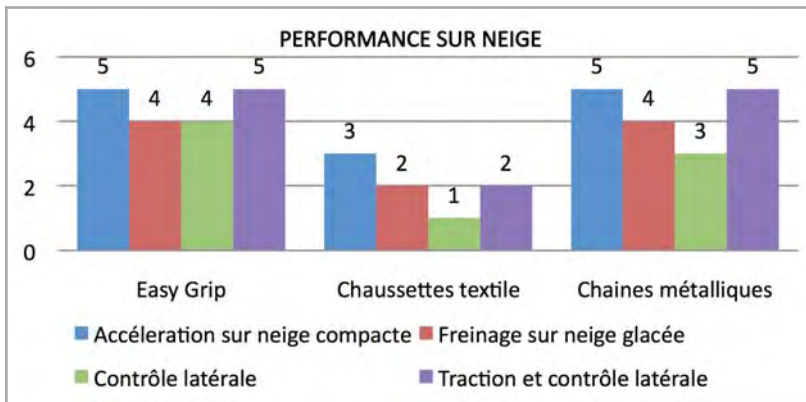
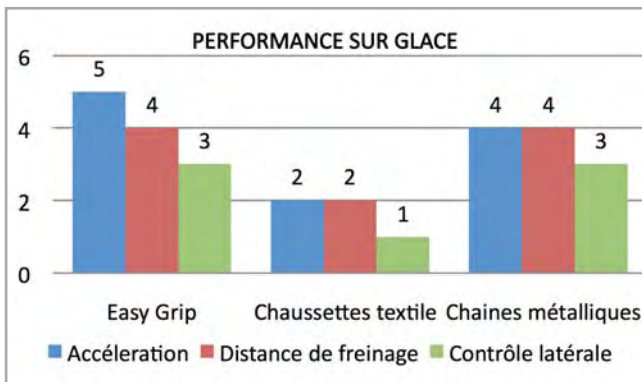
Leur utilisation assure une conduite plus souple en éliminant les bruits et les vibrations.

Easy Grip® a satisfait aux essais dynamiques les plus sévères, aux tests de démarrage, guidage, endurance, virage, freinage et freinage d'urgence les plus draconiens.

Le dispositif antidérapant Easy Grip a été testé par les plus grands laboratoires européens et conformément aux normes en vigueur.

- le laboratoire UTAC pour la conformité à la norme expérimentale française XP R-12-781
- le laboratoire TÜV Rheinland pour l'obtention du TUV GS
- le laboratoire TÜV Austria pour l'obtention de la norme autrichienne Ö Norm V5121

• Résultats des tests réalisés par TÜV



Easy Grip® est la première chaîne à neige composite conforme à l'Arrêté du Ministère des Transports du 18 juillet 1985 et reconnue comme équipement spécial quand le panneau B26 est en vigueur.

Produit de l'année 2010 - Marketing de l'innovation

En 2010, la chaîne composite Easy Grip est élue **Produit de l'année** dans la catégorie accessoires automobile.



• Exploitation des résultats

Lancé en 2007, Easy Grip ne cesse de progresser. Cette gamme couvre maintenant 80% du parc automobile européen. Une gamme pour les 4x4 et les camping-cars est également disponible.

Les chaînes Easy Grip sont commercialisées dans plusieurs pays européens comme l'Allemagne, l'Autriche, le Danemark...mais également aux Etats Unis et au Japon.

La gamme de chaînes composite Easy Grip continue de se développer et de faciliter la vie de nombreux automobilistes. Une nouvelle gamme Poids Lourds est en cours de développement et devrait arriver sur le marché sous peu.

Ce dispositif est breveté (brevet FR 0653832)

Contacts :

Joubert Productions
Champ de Clure
B.P.N° 67
63600 AMBERT
rkaelin@joubert.fr
www.joubert.fr

Partenaires :

Société de Technologie Michelin
Michelin Recherche et Technique SA

Politiques de transport

L'irruption du long terme dans les enjeux d'aujourd'hui, par le biais des questions climatiques notamment (par exemple l'objectif du "facteur 4" à l'horizon 2050), impose un effort accentué de prospective et une révision de beaucoup de nos outils de prévision et d'évaluation. Par voie de conséquence, les méthodes et outils de régulation (financements et tarifications notamment) doivent également être réexaminés à la lumière de ces enjeux.

Une attention particulière est accordée aux aspects sociaux, au travers des questions d'équité et d'acceptabilité.

- **Le prix « politiques de transport » a été attribué au projet :**

Prospective pour un financement durable des transports publics (Laboratoire d'Economie des Transports, Lyon)

- **Les autres projets nommés sont :**

- **Etat et secteur privé dans la modélisation des déplacements urbains en France, 1960-2005 - 1^{ère} phase et recherche complémentaire** (Laboratoire Techniques, Territoires et Sociétés, Marne-la-Vallée et Ifsttar)

- **Carbone : gestion du transport et de la mobilité dans le cadre du changement climatique** (ENS Cachan)

- **Des réseaux lents contre la dépendance automobile ; 1^{ère} phase et recherche complémentaire** (Université d'Avignon)

- **Les transports et le facteur 4 : entre diversification des signaux et réforme fiscale** (CNRS-EHESS)

Etat et secteur privé dans la modélisation des déplacements urbains en France, 1960-2005 - 1^{ère} phase et recherche complémentaire

Laboratoire Techniques, Territoires et Sociétés (CNRS, ENPC, Université de Marne-la-Vallée) et Ifsttar
MEDDTL (DRI)

Cette recherche constitue une première tentative d'analyse de l'histoire de la modélisation des déplacements urbains en France, des années 1960 au milieu des années 2000. Pour ce faire, nous avons adopté une perspective particulière, qui envisage la modélisation comme un processus de production : nous nous sommes intéressés à la fois aux différents acteurs qui ont produit ce type de modélisation, aux « matières premières » (enquêtes sur la mobilité) et aux « moyens de production » (logiciels et machines informatiques) nécessaires à sa production et sa mise en œuvre. En mobilisant ce cadre analytique, nous avons mis en évidence une trajectoire historique qui est marquée par deux temps forts : présence centrale de l'Etat français dans un premier temps (années 1960 et 1970), montée en puissance des bureaux d'études privés (souvent d'origine étrangère) et du génie logiciel commercial et international, dans un second temps.

• Problématique

Qu'il s'agisse de concevoir et d'évaluer la pertinence d'une nouvelle infrastructure ou de tirer le meilleur parti des infrastructures existantes, l'ingénieur et le décideur politique ont besoin de connaître le nombre de déplacements que l'on y dénombrera dans le futur. Ces prédictions sont obtenues à l'aide de modèles, dont l'usage remonte aux années 1950. Or, malgré son impact durable sur la fabrication et le fonctionnement de la grande ville moderne, ce type de modélisation a suscité jusqu'à présent peu de travaux relevant des sciences humaines et sociales. C'est dans ce « vide » qu'intervient notre recherche. Outre sa plus-value informationnelle, par son accent sur la longue durée elle peut aider aussi à déceler les différents facteurs qui ont été favorables (et défavorables) à la construction et au maintien d'une expertise de haut niveau dans ce domaine (voir plus bas).

• Déroulement de l'étude

Le déroulement de la recherche a été conditionné à la fois par notre conception de la modélisation comme un « processus de production » (supra) et par la perspective historique que nous avons adoptée. Les différents éléments de notre cadre analytique (acteurs, enquêtes sur la mobilité,...) ont été ainsi analysés essentiellement à l'aide de techniques relevant de la science historique. Nous avons fait également un usage, limité pour le moment, d'entretiens avec une série d'acteurs individuels qui ont joué un rôle important dans ce champ de la modélisation.

• Résultats

Regardée à travers notre grille d'analyse, la trajectoire de la modélisation des déplacements urbains en France met en évidence deux grandes périodes distinctes.

La période 1960-1975 est caractérisée par une production nationale originale en matière de modélisation des déplacements urbains. La présence de l'Etat central est ici décisive. Ce sont ses ingénieurs, les ingénieurs du corps des Ponts et Chaussées en premier lieu, qui importent ce type de modélisation des Etats-Unis et organisent son implantation et son développement en France. Durant les années 1960 et le début de la décennie suivante, des ingénieurs travaillant pour l'Administration produisent directement plusieurs modèles sur les gros ordinateurs de l'époque. Parallèlement, ils sollicitent d'imposants bureaux d'études français – certains privés, d'autres publics ou para-publics – qui s'impliquent activement aussi dans la modélisation des déplacements urbains. Cette activité intense de modélisation nationale originale s'arrête vers le milieu des années 1970. L'Administration choisit alors parmi les « produits » disponibles sur le marché de la modélisation un nombre réduit de modèles. Standardisés, ces modèles sont diffusés et massivement mis en œuvre à travers le territoire national, grâce notamment aux services locaux du Ministère de l'Equipement.

La seconde période identifiée va des années 1980 au milieu des années 2000. Plusieurs caractéristiques la différencient et l'opposent à la période précédente. Tout d'abord, l'Administration se retire progressivement du champ de la modélisation des déplacements en se contentant, pour l'essentiel, d'actualiser les données sur la mobilité des ménages et de gérer au quotidien les modèles du passé (en les adaptant, par exemple, aux nouveaux supports informatiques). Le retrait de la puissance publique de ce domaine d'expertise, phénomène observé aussi dans d'autres pays comparables à la France, entraîne une montée en puissance du secteur privé, qui devient ainsi le vecteur principal du changement dans les pratiques observées en matière de modélisation des déplacements urbains en France à partir des années 1980. Mais contrairement à l'expérience de pays voisins comme l'Allemagne et l'Angleterre, le secteur privé en France est dominé par des bureaux d'études d'origine étrangère. Ayant tissé des rapports étroits avec la recherche académique, ces bureaux, bien plus imposants que leurs homologues français et qui opèrent au niveau international, ont su incorporer dans leurs pratiques plusieurs nouveautés théoriques en matière de modélisation. Cette montée en puissance des grands bureaux étrangers internationalisés s'accompagne d'un autre phénomène : le développement de plusieurs logiciels commercialisés au niveau mondial, souvent développés par ces mêmes bureaux, qui sont massivement importés et utilisés depuis les années 1990 en France à la fois par des consultants privés et par l'Administration.

• Exploitation des résultats (1ère phase)

Outre la plus-value informationnelle qu'elle apporte, notre étude peut alimenter une série de débats plus généraux, tels que la question de la commercialisation des savoirs scientifiques, l'implication grandissante des experts privés dans des politiques publiques, l'internationalisation de l'expertise et la place (de « domination » ou de « subordination ») des différents pays dans ce mouvement. Elle peut aider également à mieux cerner les différents facteurs qui ont été favorables (et défavorables) à la production et au maintien d'une expertise de haut niveau dans le domaine de la modélisation : relations entre l'Université, l'Administration et le secteur privé, politiques publiques de recherche, nature des programmes de formation académique et professionnelle.

• Perspectives

L'analyse du cas français ici présenté fait partie d'un programme de recherche plus large en cours soutenu par le Predit 4; dont l'ambition finale est de réaliser une étude comparative de la trajectoire de ce type de modélisation en France et en Amérique du Nord (Etats-Unis et Canada) depuis la seconde guerre mondiale. Cette étude croisée des « réussites » et des « échecs » de trois trajectoires nationales permettra d'approfondir l'analyse des différents éléments qui ont le plus d'impacts sur la constitution et le maintien d'une expertise de haut niveau dans ce domaine. En offrant une analyse sur une longue période des pratiques et de l'organisation du champ de ce type de modélisation en France, aux Etats-Unis et au Canada, elle peut utilement éclairer les politiques futures (françaises) de soutien de recherche dans ce champ.

Contacts :

Konstantinos Chatzis,
Laboratoire Techniques, Territoires et Sociétés (LATTS)
Ecole des Ponts ParisTech
6 et 8, avenue Blaise Pascal
Cité Descartes
77455 Marne-la-Vallée Cedex 2
chatzis@enpc.fr

Carbone : gestion du transport et de la mobilité dans le cadre du changement climatique

Ecole normale supérieure de Cachan
MEDDTL (DRI)

L'étude porte sur l'impact de divers types de mesures politiques dans le domaine du transport sur les émissions de GES. Une méthodologie multipolaire a été adoptée, qui prend en compte les différents niveaux d'action. Parmi les thèmes étudiés figurent le cadre macro-économique et international, le choix des instruments, l'impact d'un péage urbain sur la forme urbaine et les émissions de GES ainsi que l'impact d'un investissement en infrastructure pour un mode de transport de fret très économe en émissions de GES.

Quelques conclusions obtenues par l'étude :

1. La valeur du carbone est fonction des accords internationaux, et peut donc très fortement varier selon la nature de la coopération entre les états
2. L'équité de la taxe carbone dépend principalement de l'affectation de ses recettes
3. Une taxe carbone ne pourra jouer le rôle d'une taxe à l'importation de pétrole que si un accord global climatique est obtenu
4. Dans un monde non-coopératif, une norme de consommation spécifique peut être un instrument plus intéressant qu'une taxe carbone grâce à son plus grand impact sur le développement technologique mondial

• Problématique

La problématique de la limitation des émissions de GES s'étend à l'échelle mondiale : l'ensemble des nations à la recherche d'un accord sur la limitation sont concernées. Elle porte sur le long terme, et concerne tous les niveaux de la société, jusqu'au citoyen lorsque ce dernier choisit ses déplacements et ses modes associés. Une étude de l'impact des mesures politiques dans le domaine du transport se doit de tenir compte de ces différentes échelles et de leurs interactions.

• Déroulement de l'étude

Une approche horizontale a été adoptée, partant de manière relativement autonome de plusieurs points de vue orientés vers certains aspects importants et significatifs pour le domaine des transports. Ces points de vue ont porté notamment sur la macroéconomie, ainsi que sur certains aspects liés à la dimension urbaine et interurbaine. Par la suite, nous avons tenté de mettre en évidence les interactions et les convergences entre ces différents regards, affinant nos études en fonction des couplages décelés. Certains paramètres macroéconomiques obtenus ont ainsi été utilisés comme données d'entrée pour les autres études. Ce travail d'intégration a pu être réalisé grâce aux différentes réunions d'avancement du projet, durant lesquelles les résultats intermédiaires des différents groupes ont pu être discutés par toute l'équipe.

Les différents travaux réalisés dans le cadre de ce projet mettent en œuvre des outils mathématiques ou statistiques variés, parfois innovants. Par exemple, la contribution macroéconomique repose sur l'utilisation d'un modèle d'équilibre général, le modèle GEM-E3, qui est notamment utilisé par la Commission Européenne dans le cadre des négociations climatiques.

Des aspects dynamiques et d'incertitudes inhérents à la problématique traitée ont aussi été pris en compte lorsque nécessaire. C'est ainsi que l'analyse type d'un projet d'infrastructure réalisée a été effectuée avec un modèle de simulation permettant la prise en compte de paramètres incertains.

• Résultats

Le prix d'un droit d'émission sur le marché international reste un des marqueurs les plus importants permettant d'apprécier le coût d'une politique dans le secteur des transports. Il a été montré que la valeur cible du carbone dépend fortement de la définition géographique du marché des droits d'émission. Une restriction de l'étendue de ce marché conduit à une augmentation de la valeur de référence du carbone et donc à une redéfinition importante de l'ampleur des politiques à mettre en œuvre pour la France.

L'automobile, un émetteur important de CO₂, constitue aussi une source d'autres externalités négatives, comme les accidents et la congestion. Les politiques actuelles de contrôle de ces externalités reposent principalement sur une combinaison de taxes sur l'essence et de normes de consommation pour les voitures. Une amélioration du contrôle de ces externalités conduira à une évolution vers un autre système de taxation, où la taxe sur l'essence sera substituée par des taxes carbone, des taxes sur les accidents, des mesures s'adressant spécifiquement à la congestion, des taxes sur les autres externalités.

La taxe carbone ne peut donc constituer l'unique mesure permettant de réduire les émissions de CO₂. Elle ne doit pas être rejetée pour autant. Combinée à des taxes permettant de capter la rente des producteurs de pétrole, elle devrait s'inscrire dans cette refonte plus profonde de la fiscalité.

L'efficacité, la redistributivité d'une mesure politique comme la taxe carbone peut être améliorée par une analyse récurrente des comportements des consommateurs, permettant d'appréhender la diversité des réponses possibles. Les résultats de cette analyse faciliteront la définition et la mise en place de mesures d'accompagnement ou de compensation appropriés.

L'incertitude autour de l'environnement international constitue un facteur important à prendre en compte lors de l'évaluation de l'impact des mesures politiques. Il faut bien constater qu'un accord du type de celui négocié à Kyoto, basé sur des objectifs de résultats, a rarement permis d'obtenir les résultats escomptés. Il est probable qu'il n'y aura pas d'accord international efficace en matière de réductions d'émissions avant longtemps. La question devient alors de déterminer des politiques nationales efficaces à la réduction des émissions dans un monde qui n'est pas nécessairement coopératif.

Dans ce cadre, la mise en place de mesures réglementaires telles que des normes ou des incitations fiscales sur les véhicules fixant ou favorisant l'utilisation de technologies plus sobres, s'avère comme une piste permettant d'offrir des résultats globalement plus efficaces qu'une politique de prix pure. Cela est principalement dû à des effets de réseau comme la propagation des retombées technologiques.

Des mesures adaptées de tarification du transport urbain conduisent à un gain de bien-être accompagné d'une réduction des émissions. Ces mesures permettront aussi la modification à long terme de la structure urbaine, entraînant une réduction de la place allouée à l'automobile.

L'incertitude inhérente de la problématique des émissions ainsi que les aspects dynamiques à long terme se trouvent renforcés par les différents chemins qui s'offrent pour le futur. En conséquence, les analyses coûts-bénéfices des projets d'investissements gagneront à prendre compte de manière explicite de l'incertitude, des aspects dynamiques et de l'environnement global.

Ces recommandations sont le fruit d'exercices de modélisation qui possèdent leurs limites, de par les hypothèses sur lesquels ils reposent.

Ce sont plutôt les intuitions mises en évidence par les modèles qui constituent l'apport de ce travail.

• Exploitation des résultats

Les résultats ont été présentés à l'occasion de la Conférence WCTR 2010 (Lisbonne). Des travaux poursuivent actuellement les pistes ouvertes par l'étude.



Contacts :

André de Palma
ENS Cachan
Département d'Economie et de Gestion
61, avenue du Président Wilson
942305 Cachan Cedex
andre.depalma@ens-cachan.fr

Partenaires :

Laboratoire THEMA, Université de Cergy Pontoise
Ecole normale supérieure de Cachan
Ecole nationale des Ponts et Chaussées
Katholieke Universiteit Leuven



Prospective pour un financement durable des transports publics

Laboratoire d'Economie des Transports (CNRS, Université de Lyon et ENTPE)
MEDDTL (DRI)

Les politiques de mobilité durable visent à réduire l'usage de la voiture en ville, ce qui suppose que des alternatives crédibles soient offertes aux citadins. Le recours au transport collectif est la mesure la plus souvent mise en avant par les élus comme par les citoyens, mais cela nécessite un développement important de l'offre. Or la question du financement des réseaux de transport public est récurrente. Si l'instauration du Versement Transport a permis de résoudre cette question dès les années 70, la dérive des coûts d'exploitation et les contraintes de plus en plus fortes sur les finances des collectivités nécessitent aujourd'hui d'estimer le besoin de financement en lien avec la progression de l'offre. L'objectif principal de cette recherche est de tenter de chiffrer ce besoin à l'horizon 2015, en prolongement des tendances passées et de souligner les risques et les opportunités, en fonction des stratégies mises en œuvre.

• Problématique

Malgré un développement soutenu de l'offre et des politiques de déplacements urbains en faveur des transports collectifs, la fréquentation des réseaux ne semble progresser que dans les plus grandes agglomérations équipées de transports en site propre. La conséquence en est une croissance forte des contributions financières des autorités organisatrices de transport (AOT), tant du fait des investissements consentis, qu'en raison d'un déficit d'exploitation qui s'aggrave. La recherche entreprise analyse les causes de ce constat et tente d'explorer les marges de manœuvre possibles pour atténuer cette dérive financière qui inquiète les AOT. Peut-on espérer à moyen terme un système de financement plus pérenne ? Au-delà de la recherche de nouvelles sources de financement, l'hypothèse principale de cette recherche met en avant la nécessité d'une plus grande efficacité dans la conception et la structure de l'offre, en lien avec les objectifs d'une mobilité durable.

• Déroulement de l'étude

Un premier travail de réflexion collective sur la situation financière des réseaux a été mené dans le cadre d'un séminaire associant une dizaine de chercheurs, autour d'auditions de divers acteurs impliqués dans le transport public urbain (AOT, consultant, élus,...). En parallèle, une dizaine de monographies sur des réseaux français et européens ont été réalisées pour étudier l'évolution du besoin et de la structure du financement au cours de la période 1995-2005.

Enfin, une approche plus macroscopique a été entreprise, grâce au concours du GART (Groupement des Autorités Responsables de Transports) et de l'UTP (Union des Transports publics), sur la base des statistiques tirées de l'enquête nationale annuelle auprès des réseaux sur cette même période. Des projections à l'horizon 2015 ont pu être construites, en fonction de la taille des agglomérations, afin de pouvoir simuler en back-casting diverses stratégies d'action visant à stabiliser la contribution des collectivités. Outre une situation au fil de l'eau, 4 scénarios ont été construits pour apprécier les marges de manœuvre et l'intensité de l'effort à réaliser.

• Résultats

Les analyses conduites montrent la nécessité d'une réforme en profondeur des conditions de production et de tarification des transports publics urbains, si l'on veut éviter une dérive inquiétante du « coût public » à la charge des collectivités. Le rendement du Versement Transport semble avoir atteint son maximum, notamment dans les réseaux de plus de 250 000 habitants, alors que la progression de la contribution des usagers suppose à la fois d'augmenter la fréquentation et les tarifs. Les investissements lourds consentis ces dernières années accroissent le coût d'exploitation au km, et les charges liées au financement et à l'amortissement. La recherche de nouvelles sources de financement ne doit pas masquer la nécessité d'une restructuration forte de l'offre dans le sens d'une plus grande efficacité, ce qui peut entraîner des arbitrages difficiles entre les quatre « missions » du transport public : le rôle social traditionnel, la lutte contre la congestion, la revalorisation des espaces centraux et l'amélioration de l'environnement.

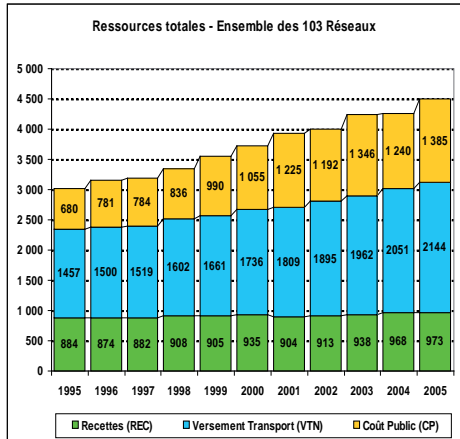
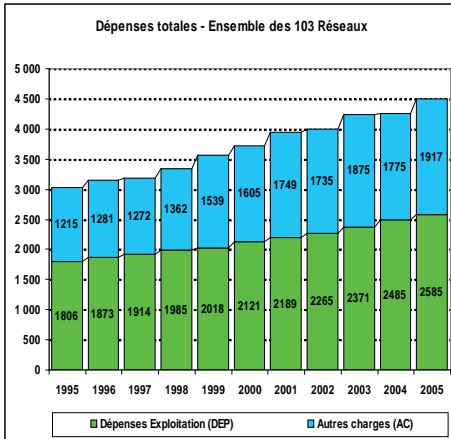
Les quelques scénarios analysés permettent de mesurer l'ampleur des efforts à consentir en fonction des objectifs visés. Atteindre une structure durable du financement des transports publics suppose de rechercher une plus grande performance des réseaux, tant sur le plan des coûts d'exploitation (productivité interne et externe) que sur ceux de l'attractivité de l'offre (vitesse et niveaux de service) et de la tarification (consentement à payer des clients). C'est le prix à payer pour éviter que la contrainte financière croissante n'entraîne des coupes sombres dans les niveaux d'offre proposés (ce qui se pratique de fait depuis 2009). Une « remise à plat » des réseaux semble ainsi incontournable, et quelques expériences européennes montrent que les résultats suivent.

• Exploitation des résultats

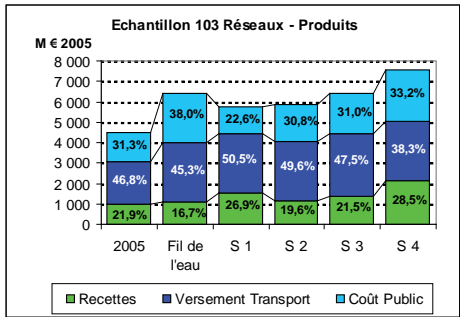
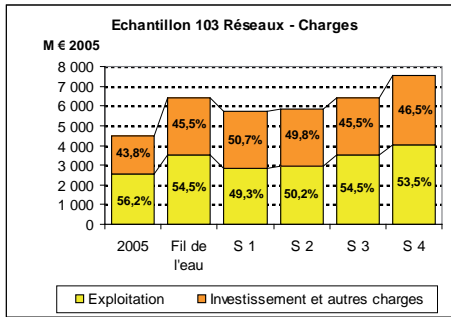
Les résultats de cette recherche ont été largement diffusés, dans des revues professionnelles et scientifiques, et ont été présentés à la Commission Financement Tarification du GART, ainsi qu'à l'UTP, mais aussi auprès de certaines AOT. Des collaborations ont ainsi pu être établies avec ces AOT pour avancer sur la question de la mesure de la performance des réseaux de transport collectif, et plus particulièrement sur les lignes de bus. Cela débouche sur un nouveau projet de recherche sur « l'amélioration de la

performance économique des réseaux par l'optimisation des lignes » (financé dans le cadre du PREDIT 4), qui cherche à mettre en évidence les facteurs explicatifs des différences en termes d'efficacité commerciale, mais aussi à apprécier la contribution des lignes aux objectifs des politiques de déplacement (recherche en cours).

• Illustrations



Evolution des coûts et recettes des réseaux de TCU de 1995 à 2005 (103 réseaux, Meuros 2005)



Comparaison des coûts et recettes des réseaux de TCU à l'horizon 2015 selon divers scénarios

• Objectifs et moyens d'action des scénarios :

- **Fil de l'eau** : prolongement des tendances observées sur la période 1995-2005
- **S1 : assainissement de la situation financière** des réseaux : réduction de la dérive des coûts d'exploitation + accroissement de la fréquentation et des tarifs (par rapport au fil de l'eau)
- **S2 : stabilisation du R/D** à son niveau de 2005 : stabilisation des coûts d'exploitation au niveau de 2005 et accroissement du nombre de voyages
- **S3 : stabilisation de la part du coût public dans le total des ressources**, à son niveau de 2005 : augmentation du produit du VT + augmentation de la recette par voyage et du nombre de voyages par véhicule.km
- **S4 : mobilité durable : accroissement de 50 à 70% des voyages** (selon la taille des réseaux) : accroissement de l'offre, du nombre de voyages par véhicule.km et des tarifs

Contacts :

Bruno Faivre d'Arcier
Laboratoire d'Economie des Transports (LET)
Institut des Sciences de l'Homme,
14 avenue Berthelot,
69007 Lyon
bfdarcier@let.ish-lyon.cnrs.fr

En collaboration avec Mounia MOUDJED, doctorante au LET
Ont contribué au séminaire de recherche :
Luc BAUMSTARK, Yves CROISSANT, Pierre-Yves PEGUY, Damien
PONS, Nicolas PUCCIO, William ROY – LET
Marie-Hélène MASSOT – LVMT
Jean-Pierre ORFEUIL – CRETEIL
Didier VAN DE VELDE – Delft University (P-B)

Des réseaux lents contre la dépendance automobile ?

UMR Espaces (CNRS et Université d'Avignon)
MEDDTL (DRI) et Ademe

Après avoir montré que le type d'accessibilité générée par les réseaux routiers actuels (leur métrique) favorise la possibilité de l'étalement urbain et est intrinsèquement favorable à l'accessibilité automobile, nous proposons un nouveau type de métrique « dite lente » qui induit les externalités inverses et qui de ce fait est intrinsèquement favorable à l'auto-construction de territoires urbains plus durables.

• Problématique

D'où que l'on parte et où que l'on aille, plus on va loin avec une voiture, plus le trajet est efficace, car plus la part du déplacement effectuée sur une infrastructure rapide est importante. En effet, la forte hiérarchisation des réseaux par la vitesse pousse les individus à effectuer des trajets arborescents pour lesquels ils rejoignent au plus vite les voies rapides afin de diminuer leur temps total de déplacement.

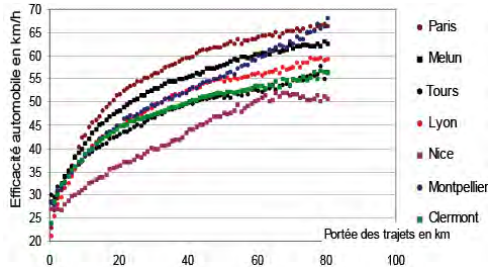


Figure 1 : Variation de l'efficacité des trajets automobiles en fonction de leur portée pour quelques agglomérations françaises

Cette métrique « accélérante » des réseaux routiers actuels joue un rôle permissif quant à la dispersion des lieux de vie. Relativement au rapport « nombre d'opportunités accessibles / temps de transport », elle encourage même les individus à aller toujours un peu plus loin puisque leur choix s'élargit plus vite en proportion que n'augmente leur temps de transport. Elle permet donc l'espacement sans que les individus n'en payent le prix réel en termes d'augmentation de leur budget temps de transport.

De plus, comme cette métrique rapide n'existe que pour le mode automobile, puisque pour les autres modes la vitesse est peu ou prou partout la même, elle revient à favoriser dans la structure même des réseaux l'usage de l'automobile en augmentant son efficacité relative, dès lors que la portée des trajets augmente.

A partir de ce constat nous avons cherché à obtenir une métrique n'ayant pas les mêmes externalités négatives que la métrique accélérante actuelle, voire même une métrique qui favoriserait intrinsèquement la concurrence modale et la lutte contre la séparation des lieux de vie et qui serait ainsi cohérente avec les politiques actuelles d'aménagement.

Nous avons ainsi développé le concept de métrique lente. Dans un espace fonctionnant avec une métrique lente plus on va loin, moins les trajets sont efficaces. La métrique lente s'obtient en jouant sur la topologie des réseaux routiers (en particulier leur connectivité), les vitesses autorisées (baisse et homogénéisation des vitesses) et la disposition de feux de circulation, dont le nombre et les durées sont liés par une loi de puissance. En résumé, avec une métrique lente, plus on va loin plus la probabilité d'être freiné par des feux ou des vitesses réduites est forte et donc moins le trajet est efficace.

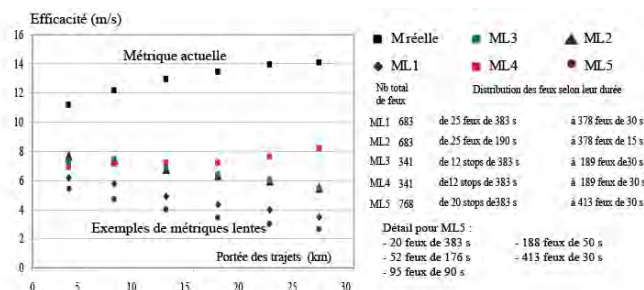


Figure 2 : Quelques simulations de métriques lentes pour le réseau de Carpentras

Cette métrique originale permet de limiter l'efficacité du système automobile, y compris sur les longs trajets, ce qui laisse une possibilité à la concurrence modale de se développer.

Comme elle revient par ailleurs à « faire payer en temps » la séparation des lieux de vie (chaque kilomètre en plus parcouru pèse plus dans le temps de transport total) elle revient à intrinsèquement encourager les individus à limiter l'espacement de leur lieux de vie, sous peine de voir leur budget temps de transport exploser (ce qui est cohérent avec les objectifs de l'aménagement). Elle revient donc à valoriser la proximité physique entre les lieux, et donc la densité, dans le calcul des accessibilités. Cette métrique peut être appliquée sur l'ensemble du territoire puisqu'elle est valable, toute comme la métrique accélérante actuelle, quelles que soient les origines destinations des trajets. On peut toutefois envisager qu'elle ne s'applique qu'à l'échelle des territoires du quotidien. Pour les trajets interurbains, qui sont à la base du développement et de la compétitivité économique, il paraît plus judicieux, comme le propose Marc Wiel (Ville et Automobile, 2002) de maintenir une métrique rapide grâce à des infrastructures dédiées (autoroutes) mais en tarifant leur usage de façon à interdire leur utilisation pour les trajets de proximité. Cette tarification dissuasive permettrait d'éviter le mélange de flux relevant de logiques différentes (fonctionnement quotidien vs flux interurbains), qui est en grande partie à l'origine des problèmes de fluidité rencontrés aux abords des agglomérations.

• Déroulement de l'étude

La mise au point de la métrique lente s'est réalisée à l'aide de simulations basées sur l'utilisation des systèmes d'information géographique. Plusieurs cas réels ont été simulés comme l'agglomération d'Avignon, de Carpentras ou encore celle de Dallas. Par ailleurs, afin d'aider au calibrage des métriques lentes et de simuler leurs effets sur le trafic (et à l'inverse l'effet du trafic sur les métriques) nous avons développé le système multi-agents S3 Smart Slow Speed.

• Résultats

Les simulations effectuées ont montré que le calibrage de cette métrique est « délicat » car il dépend de nombreux paramètres : structure du réseau (hiérarchisation, connectivité), nombre, durée et localisation des feux ainsi que de l'intensité du trafic à prendre en charge.

Synthétiquement, nous avons pu mettre en avant :

- que d'autres métriques que la métrique accélérante issue des réseaux hiérarchisés par la vitesse peuvent être mis en place ;
- que la structure hiérarchisée des réseaux, généralement considérée comme un acquis, n'est pas nécessairement celle qui fournit la meilleure accessibilité, en particulier à courte et moyenne portée, mais qu'en revanche elle rend les réseaux très sensibles à la congestion ;
- qu'une métrique lente peut être mise en place sur de vastes espaces avec relativement peu de moyens (peu de feux) et sans générer de problème de congestion particulier ; l'homogénéisation des vitesses qui fait partie du dispositif rendant même les réseaux moins sensibles à la congestion ;
- que la métrique lente représente un levier intéressant pour inscrire dans la structure même des réseaux la possibilité d'une compétition modale en limitant sur les trajets longs la qualité de l'accessibilité automobile ;
- et enfin que la mise en place d'une métrique lente ne se résume pas à une réduction nette de l'accessibilité, mais qu'elle opère avant tout une redistribution des bénéfices de l'accessibilité produite par les réseaux au profit des trajets courts c'est-à-dire au profit des individus ayant des comportements allant dans le sens de la durabilité. Elle œuvre donc à l'inverse de la métrique actuelle qui avantage les individus se déplaçant sur une longue portée et qui sont pourtant les moins nombreux.

La métrique lente constitue donc, au même titre que les politiques actuelles de régulation des vitesses, un moyen pour redonner du poids à la densité au détriment de la vitesse dans la fonction qui définit l'accessibilité à une ressource (population, emplois, commerces etc.), fonction qui définit l'attractivité relative des lieux. Elle est un moyen de rendre la densité attractive à travers les gains de temps individuels qu'elle seule va permettre, ce qui la rend cohérente avec les politiques d'aménagement actuelles visant à lutter contre l'étalement urbain.

• Perspectives

Pour faire de la métrique lente un outil opérationnel de chrono-aménagement il reste à mieux explorer les effets de sa mise en place sur les stratégies de localisation des ménages et activités, travail qui est actuellement en cours (ex : pour quel calibrage des vitesses, et donc quelle perte de temps, les ménages et activités changeront-ils de localisations et pour aller où ?). Mieux connaître les changements de localisation consécutifs à la mise en place d'une métrique lente, qui bouleverserait la logique de fonctionnement actuelle des territoires, apparaît par ailleurs comme une nécessité pour mieux définir les politiques d'accompagnement nécessaires, notamment en termes de logements. Si on veut enclencher une auto-organisation de la ville allant dans le sens de la durabilité, c'est-à-dire faire en sorte que l'utilité individuelle aille dans le même sens que l'utilité collective (par exemple en redonnant une valeur économique à la densité), encore faut-il donner à la population les moyens de faire les « bons choix » notamment en termes de localisation des logements en proposant une offre adéquate, condition sine qua non de l'acceptabilité du changement de fonctionnement des territoires.

Une deuxième phase du projet « métrique lente » consiste donc à savoir dans quelle mesure elle peut être un levier pour parvenir à découpler l'accessibilité de la mobilité automobile et ainsi rendre les territoires urbains plus durables et plus équitables pour ceux qui n'ont pas actuellement accès à la mobilité automobile. Peut-on grâce à la métrique lente, qui n'est qu'un stimulus et non une fin en soi, enclencher une auto-organisation des territoires urbains permettant d'avoir une ville lente mais accessible, fortement indépendante des énergies carbonées, ce qui la rendrait plus équitable et plus « profitable » aux individus, condition de l'acceptabilité des mutations à entreprendre ?

Contacts :

Cyrille Genre-Grandpierre
UMR ESPACE
Université d'Avignon
74, rue Louis Pasteur
Case n°17
84029 Avignon Cedex 1
cyrille.genre-grandpierre@univ-avignon.fr

Partenaires :

UMR 8504 Géographie-Cités (CNRS et Université Paris 1)

Les transports et le facteur 4 : entre diversification des signaux et réforme fiscale

Centre International de Recherche sur l'Environnement et le Développement (CNRS, EHESS)
MEDDTLL (DRI)

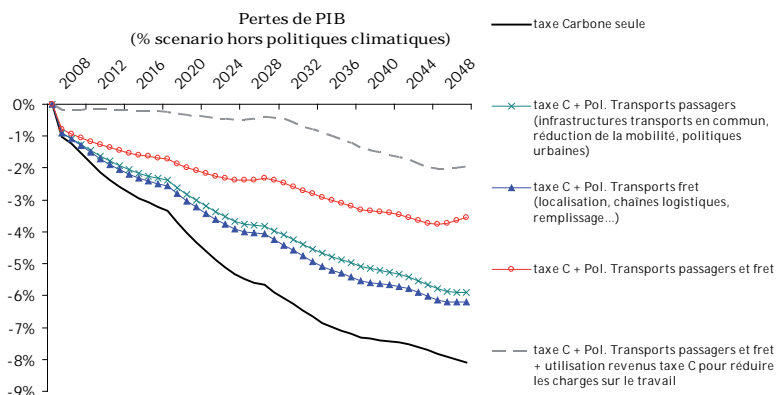
L'étude éclaire l'arbitrage transports/autres secteurs, dans le cadre d'une division par 4 des émissions de gaz à effet de serre à l'horizon 2050. Elle montre qu'une seule tarification carbone ne permet pas d'infléchir de manière suffisamment significative les émissions du secteur des transports si bien que les contraintes de réduction d'émission sont reportées sur les autres secteurs, induisant un coût macroéconomique important. L'infléchissement des émissions du secteur des transports requiert un dispositif de politiques publiques qui permette d'en circonvenir les effets distributifs complexes et l'inertie particulière. Ces politiques publiques spécifiques au transport réduisent les coûts macroéconomiques d'un objectif ambitieux comme le Facteur 4.

Les transports représentent une part importante des émissions de CO₂ françaises (36% en 2006). C'est de plus le secteur où les émissions croissent le plus rapidement. La réalisation d'un objectif de Facteur 4 (diminution par 4 des émissions de carbone à l'horizon 2050) ne saurait donc se faire sans un volet « transport » significatif. Ceci pose deux types de problèmes :

- La déclinaison intersectorielle du Facteur 4 : une répartition homogène sur l'ensemble des secteurs pourrait conduire à une inefficacité économique de grande ampleur tant les possibilités de « décarbonisation » sont hétérogènes.
- Si l'émergence d'un prix du carbone (sous forme de taxes ou de Permis d'Emission Négociables) est nécessaire pour accompagner toute politique climatique, il n'en reste pas moins que dans certains secteurs, et principalement dans les transports, le prix du carbone n'est pas le seul paramètre de commande à envisager.

C'est pourquoi tout volet « transport » des politiques climatiques ne saurait être développé indépendamment d'une réflexion générale sur l'intégration des transports dans une vision d'ensemble d'un futur à faible contenu carbone.

Cette étude propose de développer des résultats numériques en support à cette réflexion quant à l'évolution potentielle des transports dans un monde Facteur 4. Elle teste grâce au modèle d'équilibre général IMACLIM quelle est la part quantitative attribuée aux transports dans une politique F4, non pas sur la base de courbes de coût marginal sectoriel, mais sur la base de la maximisation de la croissance une fois introduits les effets d'équilibre général inter-sectoriels. L'intérêt de disposer d'un modèle d'équilibre général calculable en économie ouverte est (i) de donner un cadre cohérent à la réflexion en représentant l'ensemble des interactions économiques entre secteurs et les effets de diffusion des politiques envisagées, et (ii) d'intégrer l'ensemble des contraintes liées à la compétitivité internationale. Dans ce cadre d'équilibre général, a été introduite une représentation des déterminants de la demande de transport qui aille au-delà du coût d'usage statique, pour tenter de prendre en compte les jeux de prix relatifs à l'œuvre dans la formation de comportements « captifs », liés à l'étalement urbain (donc induits par l'état des marchés de l'immobilier et du foncier), aux infrastructures en place, à l'organisation des chaînes logistiques de production et de distribution, etc.



*Coût macroéconomique des variantes de politiques Facteur 4
(Variations de PIB par rapport au scénario hors politiques climatiques)*

Les expériences numériques menées dans le cadre de cette étude mettent en évidence trois conclusions majeures.

Premièrement, le secteur des transports est moins sensible à une tarification du carbone que la plupart des autres sources d'émissions. Les alternatives techniques font défaut à infrastructures constantes, et les infrastructures sont caractérisées par une forte inertie. En outre, les carburants supportent d'ores et déjà une forte fiscalité, qui amortit mécaniquement l'impact de toute taxe supplémentaire. Enfin, un prix unique renchérit effectivement les transports par rapport à un indice général des prix, mais pas nécessairement par rapport aux « consommations » qui lui sont effectivement substituables : ce sont fondamentalement les prix du foncier, de la construction, ainsi que l'évolution des loyers, ou encore les prix des transports en commun, qui détermineront si la tendance à l'extension urbaine, donc la croissance des besoins de mobilité, va se poursuivre. En conséquence de ces facteurs de rigidité, un objectif même assez ambitieux de réductions d'émissions, s'il est poursuivi par la mise en œuvre d'un prix unique, sera de peu d'effet sur les émissions des transports et se traduira surtout par de fortes réductions des émissions des autres sources, ce qui induit un coût macroéconomique important.

Deuxièmement, si en matière de politiques climatiques le principe économique de minimisation des coûts se traduit, en première analyse, par la préconisation d'un prix unique et généralisé du carbone¹, cette préconisation théorique ne tient pas toujours lorsqu'elle est confrontée aux réalités des comportements et des marchés, ce notamment dans le cas des transports. En particulier, en négligeant les conséquences distributives de l'instauration d'un signal unique, elle fait l'hypothèse d'une séparabilité systématique entre les critères d'efficacité (minimisation du coût agrégé) et d'équité (juste distribution de ce coût entre les agents). Cette hypothèse repose sur la capacité de la puissance publique à organiser une politique distributive, indépendamment de ses autres objectifs de politique publique. Or, la forte variabilité des parts budgétaires consacrées par les ménages français à l'énergie n'est que faiblement corrélée à leur niveau de vie -elle dépend plutôt de facteurs comme le type d'habitat, la localisation résidentielle, la distance de cette localisation au lieu travail et la desserte en transports en commun du trajet correspondant, etc. En conséquence, la séparabilité des critères ne va plus de soi : il peut être politiquement plus aisé de mettre en œuvre une politique moins simpliste que celle d'un prix unique, qui combine les objectifs de l'efficacité et de l'équité. Ainsi, au-delà d'une seule tarification du carbone, l'infléchissement des émissions du secteur des transports requiert un dispositif de politiques publiques qui permette d'en circonvenir les effets distributifs complexes et l'inertie particulière. Ces politiques publiques spécifiques au transport permettent de réduire les coûts macroéconomiques d'un objectif ambitieux comme le Facteur 4.

¹ Un tel signal incite en effet à entreprendre toute réduction d'émissions dont le coût lui est inférieur, quelle que soit la source d'émissions considérée, ce qui permet in fine d'atteindre un objectif de réductions donné au moindre coût possible.

Enfin, des politiques externes au secteur de l'énergie et des transports, visant à utiliser l'effet de levier des revenus d'une taxe carbone pour réduire d'autres fiscalités distorsives, peuvent permettre de contenir d'avantage les effets économiques négatifs du Facteur 4. Le message général qui ressort est sur la nécessité d'articuler dans le temps des mesures internes et externes au secteur transport (planification urbaine, immobilier, énergie, fiscalité).

Contacts :

Jean-Charles Hourcade
Centre International de Recherche sur l'Environnement
et le Développement
45 bis avenue de la Belle Gabrielle
94736 Nogent-sur-Marne Cedex
hourcade@centre-cired.fr

Coopération internationale

La contribution à la construction de l'Espace Européen de la Recherche est un objectif fort du Predit 4. A cet effet, le Predit s'efforce de développer des stratégies de complémentarité avec le PCRD et de favoriser la participation d'équipes françaises à ce programme. Les coopérations européennes multilatérales se développent principalement dans le cadre de l'Era-net transport. En particulier, le Predit a été un élément-moteur du montage et du lancement de l'Era-net+ « Electromobilité ».

Sur le plan bilatéral, des liens privilégiés sont entretenus avec le programme allemand « Mobilität und Verkehrstechnologien », dans le cadre de la coopération Deufrako.

Cette focalisation européenne est complétée par quelques actions internationales comme la coopération franco-californienne « Calfrance ».

- **Le prix « Coopération internationale » a été attribué au projet :**

RAPS : Influence de la structure temporelle de la gêne, la performance cognitive et le sommeil (SNCF)

- **Les autres projets nommés sont :**

- **OpenFret : Contribution à la conceptualisation et la réalisation d'un Internet physique (MINES-ParisTech)**

- **PETRIS : Perception du risque dans différents modes de transports : comparaison franco-norvégienne (LVMT)**

- **EuroTPU : Entre échelles locale et communautaire : vers un gouvernement multi-niveaux de la politique européenne des transports urbains (Ecole polytechnique fédérale de Lausanne)**

OpenFret : Contribution à la conceptualisation et à la réalisation d'un hub rail-route de l'Internet physique

Mines-Paris Tech
MEDDTL (DRI)

Le projet OpenFret a étudié la question de la multimodalité (rail-route) pour le transport des marchandises par une mutation de l'organisation logistique dans son ensemble. Cette mutation a pour objectif de passer d'une logistique de marchandises largement fragmentée et dédiée à une logistique de conteneurs modulaires, durables, intelligents et routés dans un système de prestations logistiques universellement interconnectées : un Internet « Physique », en l'occurrence Physical Internet (PI).

OpenFret s'inscrit à la pointe d'une initiative de recherche internationale sur la logistique, les systèmes de transport, de manutention et de production, qui inclut actuellement des universités et des entreprises en Europe et en Amérique du Nord.

Cette initiative de l'Internet Physique est motivée par le caractère non durable de la logistique sous sa forme actuelle.

• Problématique

Alors que nos économies modernes ont accru considérablement leur dépendance envers la logistique, son développement apparaît insoutenable au regard de nombreux faits. Donnons trois exemples¹.

- Une progression exponentielle des flux de marchandises avec une augmentation de l'ordre de 37% des t.km transportées à l'horizon 2025 par rapport à 2005, selon le rapport Fret 2030.
- Un impact environnemental majeur : le transport de marchandises est en passe de devenir l'un des principaux postes d'émission de CO₂ en France (14%) et il a cru de l'ordre de 23% entre 1990 et 2006 alors que l'objectif global est une diminution de l'ordre de 30% en 2020 et de 80% en 2050 selon les dernières décisions européennes.
- Un report modal des marchandises en recul en France, du fait d'une divergence accrue entre l'offre de trains complets et les exigences de volume, de flexibilité, de productivité et de ponctualité des chargeurs.

Face à cette situation, les progrès technologiques (motorisation ou autres) ont été ou seront absorbés par la croissance des besoins. Il apparaît cependant une piste au niveau de l'organisation de la logistique. En effet, les prestations logistiques et de transport sont à la fois peu efficaces et utilisatrices de moyens relativement polluants : plus de camions que de trains, des camionnettes, etc.

¹ Voir le Physical Internet Manifesto pour plus d'éléments à ce sujet et sur le concept <http://www.physicalinternetinitiative.org/>

Nous postulons que la situation actuelle résulte du cadre dans lequel se sont organisées les prestations logistiques et qui nous semble devoir être dépassé.

• Déroulement de l'étude

Le changement de paradigme proposé ici s'appuie sur l'idée que la logistique qui repose aujourd'hui sur des réseaux de prestations en général dédiés devrait être pensée comme un système de type Internet où les réseaux seraient interconnectés grâce à un cadre de fonctionnement commun facilitant le passage des interfaces.

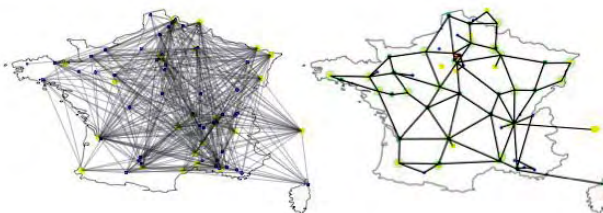
Dans ce cadre les biens sont conteneurisés et, tels les « paquets » d'Internet, sont routés par leur adresse PI vers leur destination en utilisant les moyens de transport, de stockage et de manutention partagés les plus efficaces. Il s'agit donc en développant une suite de protocoles et de standards de conteneurs communicants de se diriger vers une organisation distribuée et ouverte. Le travail mené dans OpenFret a exploré les conséquences de ce changement d'organisation à deux niveaux, celui de la structuration des prestations logistiques : celui des réseaux et de l'organisation et celui d'un « routeur », ici un hub rail-route.

Devant l'ampleur potentielle de ce projet, celui-ci ne peut être qu'international. C'est pourquoi l'équipe de chercheurs d'OpenFret s'est constituée autour d'une équipe en France, en Suisse et au Canada et en lien avec Physical Internet Initiative où sont représentés les pays européens, les Etats-Unis et le Canada avec des ouvertures en cours vers l'Asie.

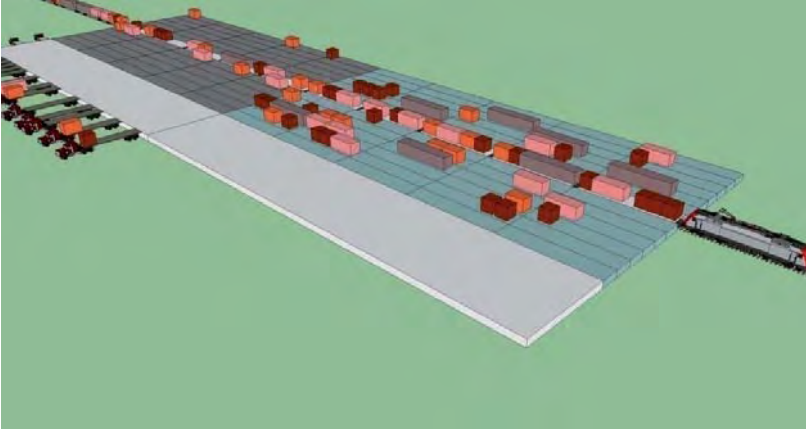
• Résultats

Le projet OpenFret a abouti à plusieurs résultats. Un approfondissement du concept de l'Internet Physique et la définition de ses principaux constituants, notamment la structuration des transferts de données et de marchandises sous la forme d'un modèle structuré en couches (Open Physical Systems Interconnection, OPSI) fondé sur le modèle OSI.

L'analyse du passage à l'Internet Physique sur la topologie des réseaux de prestations logistiques et la nature des flux (concentration et diminution des t.km), par le passage de réseaux étoilés superposés au réseau maillé comme illustré par la figure suivante (hors flux internationaux).



La mise en œuvre d'une telle architecture nécessite des hubs multimodaux efficaces. Dans le cadre d'OpenFret, il a été proposé une architecture modulaire pour cet élément clé et la modélisation globale en 3D de son fonctionnement. Ce hub traite les rames de manière séquentielle avec une zone de déchargement suivie d'une zone de chargement et en distinguant un côté Rail-Route et un côté Rail-Rail (vers les rames suivantes) à l'arrière de la figure suivante.



Ce hub rail-route transfère une suite de conteneurs PI de section compatibles avec les conteneurs actuels. Les caractéristiques clés d'un tel hub ont ensuite été déterminées par un modèle analytique à partir d'hypothèses technologiques de temps opératoires entre 45s et 60s, de mix de PI conteneurs et de taux de déchargement. Les résultats s'expriment sous la forme d'un temps de traitement par rame compris entre 15 et 60 min, une longueur de hub (partie active) de l'ordre de 200m à 600m. La meilleure performance étant atteinte pour la solution la plus automatisée et la plus compacte avec plus de 10 000 mouvements de PI conteneurs possibles par jour. Les perspectives de ce travail sont multiples et se déclinent aux niveaux français, européen et international. Au niveau français, une simulation des flux de grande consommation en France débute avec en complément des projets au niveau d'un hub. En parallèle, une opportunité de projet coordonné Amérique – Europe est explorée pour définir les standards, sans oublier le lien nécessaire à construire avec l'Asie.

Ces résultats ont commencé à être diffusés au niveau national², dans des congrès internationaux³, au niveau européen⁴ et dans un séminaire dédié de la NSF tenu à GeorgiaTech (USA) en avril 2010.

² Les Rencontres du GO4, Séminaire de valorisation de recherches sur Le Transport Combiné Rail-Route, 20/12/2010.

³ Congrès : INFORMS Annual Meeting 2010 in Austin (USA), IESM'11 in Metz (Fr).

⁴ Greening Logistics - European Committee of Regions - December 6th, Brussels.

Contacts :

Eric Ballot,
Mines ParisTech
60, bd St-Michel
75272 Paris Cedex 06
eric.ballot@mines-paristech.fr

Partenaires :

CIRRELT – Université LAVAL (Québec), Canada
TRACE – Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne (EPFL),
Suisse

PETRIS : Perception des risques dans les moyens de transport en France et en Norvège

Laboratoire Ville Mobilité Transport (Ifsttar, Université Paris-Est, Ecole des Ponts-ParisTech)
MEDDTL (DRI)

PETRIS, réalisé dans le cadre du programme ERANET 13, vise à comparer le vécu et la perception du risque dans les moyens de transport en France et en Norvège. On cherche également à savoir quelle est la part du risque perçu dans le choix modal, dans quelle mesure les usagers adaptent leurs comportements face aux peurs et aux menaces, si et comment les media influencent le niveau d'inquiétude et s'il existe des différences entre professionnels et usagers des transports. Trois types de risque sont étudiés : le risque d'accident, d'agression et d'attaque terroriste. Des enquêtes d'opinion sont effectuées simultanément en France (Paris, région parisienne, La Rochelle) et en Norvège (Oslo, Christiansand). Elles donnent lieu à des comparaisons et des interprétations à partir de facteurs socio-culturels et de développement des systèmes de transport.

• Problématique

La perception des risques dans les moyens de transport est un phénomène mal connu tout autant que l'influence que le sentiment d'insécurité exerce sur le choix modal et les comportements. PETRIS vise à renouveler les connaissances dans ce domaine en apportant une vision globale et comparative 1) selon les modes de transports (individuels et collectifs), 2) selon les types de risques (accident, violence, terrorisme). La comparaison entre pays permet en outre d'aborder la question du rôle de la culture dans la formation des représentations du risque. Cette recherche offre enfin l'opportunité d'étudier l'implication des media dans ces structures.

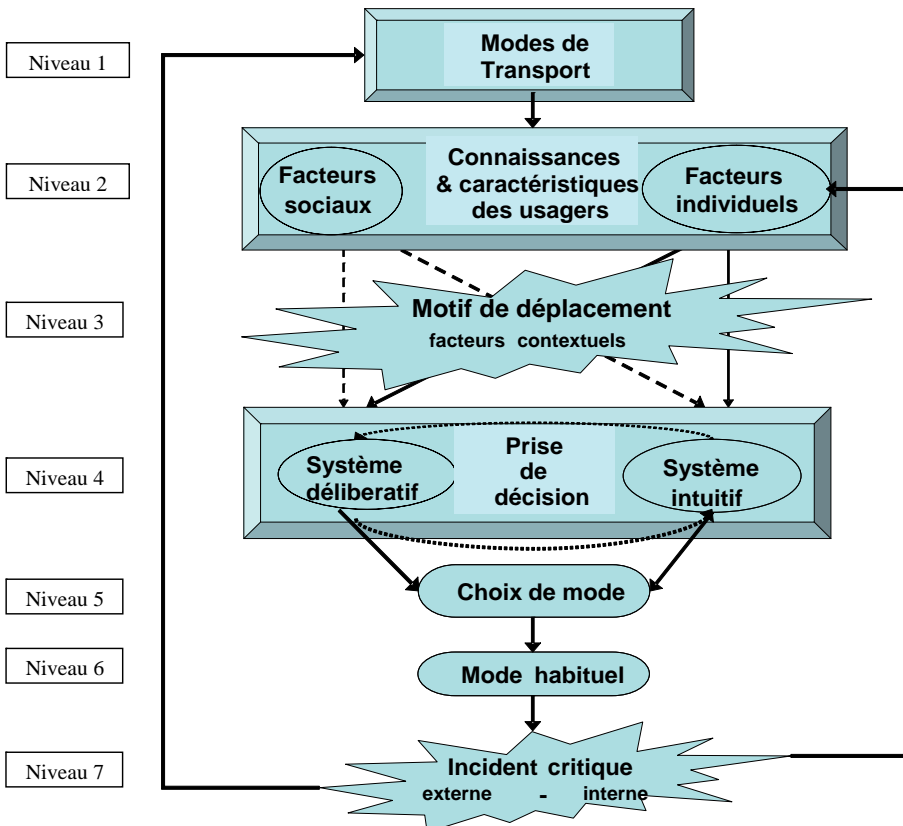
• Déroulement de l'étude

L'étude a été réalisée principalement par des enquêtes d'opinion effectuées par questionnaires auprès de populations représentatives en France et en Norvège. Dans certains cas, elles ont été préparées par un état de l'art – permettant notamment de faire le point sur la question toujours ouverte des décalages entre risque objectif et risque subjectif et de présenter les approches nouvelles de la psychologie sociale cognitive - et une étude pilote qualitative visant à valider les hypothèses et préparer les questionnaires. Le contenu de plusieurs media (quotidiens presse) a été analysé et interprété.

• Résultats

Etat de l'art

L'état de l'art présente certains des principaux résultats des études et des recherches concernant la perception des risques dans les moyens de transport. Il comporte deux parties : la première concerne les résultats d'études et d'enquêtes relatives au risque tel qu'il existe – ou tel qu'il apparaît dans les statistiques d'accidentologie de victimologie et les données criminologiques- et tel qu'il est perçu par les usagers des transports, et, secondairement, par les experts. Ces statistiques et ces enquêtes concernent les moyens de transports urbains individuels (automobile, deux-roues motorisés, vélo, marche à pied) et collectifs (RER, métro, bus, tramway). La seconde partie concerne les aspects théoriques de la notion de « perception sociale » et des concepts qui lui sont associés, tel celui de représentation sociale. La finalité de cette étude théorique est de savoir comment les individus construisent leur perception du risque et quelle place elle occupe dans le processus complexe de choix du mode de transport. L'étude se termine sur une proposition de modèle de prise de décision en matière de choix du mode de transport et sur une simulation concrète.



Aspects qualitatifs

Notre étude présente une perspective intégrative de la psychologie sociale et cognitive en démontrant le rôle important que joue le risque dans les choix des usagers des transports parisiens. L'enquête réalisée par interviews semi-directives auprès de quarante-deux individus montre que les usagers essaient de contrôler leurs déplacements à travers des choix primaires et secondaires afin de réduire le risque qui résulte de l'exposition à la circulation, aux autres usagers et aux incidents de trafic : il ne s'agit plus d'un seul choix ; et parfois le choix de mode n'existe même pas. La perception des risques est à la fois verticale (le risque subi dans le passé, les conséquences potentielles) et horizontales (l'influence du réseau social). En outre, les choix tertiaires, c'est-à-dire les politiques de sécurité, sont mis en question par les usagers, n'hésitant pas à suggérer des améliorations afin de réduire les peurs et de pouvoir utiliser les transports la conscience libre.

Aspects quantitatifs

1527 français et 1101 norvégiens ont été interrogés. Les principales tendances montrent que les modes de transports qui suscitent le plus d'inquiétude en termes de risque d'accident sont la moto, le vélo puis la voiture et cette perception est conforme aux risques réels d'accidents. Le risque perçu d'accident est un peu plus élevé en France pour le vélo et la voiture et en Norvège pour le bus et le tramway. Le risque d'attentat dans les deux pays est perçu comme plus probable dans les transports publics, en particulier l'avion et le métro, que dans les transports individuels. Le risque d'être confronté à un événement désagréable est perçu comme le plus élevé dans le métro dans les deux pays mais on note des différences pour certains des autres modes. Sont considérés comme relativement plus risqués (i.e criminalité et violence) en France, la moto, le vélo et la voiture et en Norvège, le taxi, la marche à pied et le tramway.

Cette perception modérée des risques se traduit par des comportements d'évitement et de protection tout aussi modérés et les différences entre les deux pays sont plus faibles que pour la perception des risques et moins systématiques. La plus grande différence concerne l'avion pour lequel les Français déclarent plus de comportements de prévention (éviter de prendre l'avion ou sélectionner une compagnie particulière) que les Norvégiens.

Analyse des media

L'analyse de la structure des journaux nous a permis de déterminer la place relativement faible des transports – à peine 1.6 % des articles. A l'intérieur de cette catégorie, ce sont les thématiques en lien avec le développement (travaux, nouvelles technologies, projets) qui sont majoritaires, les articles traitant d'incidents ne représentant qu'un petit tiers du volume d'articles. Une analyse de la structure des articles et des liens entre les mots nous a permis de mettre en évidence la place importante des incidents ferroviaires ou aériens – qui représentent plus de 90 % des articles du corpus – ainsi qu'une tendance à associer certains risques à certains transports. Cependant, ce type d'analyse, malgré sa puissance, ne nous permettait pas d'en savoir plus sur un plan qualitatif. Une analyse thématique est venue nous aider à développer nos résultats.

Dans tous les cas, on se rend compte que le style employé favorise le développement d'une certaine complicité avec le lecteur, en lui parlant non pas de l'irreprésentable, de l'impensable comme la mort, mais en se focalisant sur des tracas de la vie quotidienne dans lesquels il est possible de se reconnaître : retard dans les transports, grèves, recherche d'un coupable pour le punir, efforts des politiques pour affronter les problèmes dans les transports, etc.

- **Perspectives**

L'étude est en cours et doit se poursuivre par une enquête auprès de conducteurs professionnels (transports collectifs et individuels), l'exploitation d'une seconde enquête sur Paris et la généralisation des résultats de l'analyse des media.

Contacts :

Pierre-Emmanuel Barjonet
LVMT
ENPC
6-8, avenue Blaise Pascal
Champs sur Marne
77455 Marne la Vallée Cedex 2
pierre.barjonet@enpc.fr

Partenaires :

Laboratoire de Psychologie de la Conduite, Ifsttar
Laboratoire de psychologie de l'université d'Angers.
TØI, Oslo (Norvège)
SINTEF, NTNU. Trondheim (Norvège).



RAPS : Bruit des transports, influence de la structure temporelle sur la gêne, les performances cognitives et le sommeil

SNCF, Direction de l'Innovation et de la Recherche
Ademe

Réalisé dans le cadre de la coopération franco-allemande Deufrako

Le bruit des transports est une problématique constante depuis de nombreuses années qui a fait l'objet de recherches visant à sa réduction, mais aussi à la compréhension des mécanismes de la gêne. Peu d'études s'étant focalisées sur les questions de la perturbation du sommeil et des performances cognitives par le caractère discontinu dans le temps du bruit, c'est dans ce contexte qu'a été proposé le projet Predit/Deufrako, "Bruit des transports, influence de la structure temporelle sur la gêne, la performance cognitive et le sommeil-RAPS".

RAPS a pour objectif d'améliorer l'état des connaissances concernant l'influence du bruit des transports sur le sommeil et l'activité journalière, et plus particulièrement de répondre à plusieurs questions préliminaires fondamentales sur la nature des perturbations à la fois sur le plan objectif (sommeil, sphère cardiovasculaire et performances cognitives le lendemain) et sur le plan subjectif (gêne ressentie) provoquées par des bruits de train, selon les caractéristiques physiques du bruit (essentiellement temporelles, indépendamment du niveau global connu pour être le premier facteur d'influence sur la gêne).

La SNCF a tout d'abord défini les scénarios les plus représentatifs de situations réelles des trafics ferroviaires français et allemands. L'étude des performances cognitives et de la gêne a été réalisée par le LM RTE-(Cergy-Pontoise) et la CUE-(Université Catholique d'Eigstadt). Les études sur le sommeil ont quant à elles été traitées par l'Ifado-(Dortmund) et le LINC-(Strasbourg).

• Développement des scénarios de bruit

Les scénarios de bruit, représentatifs de situations réelles, ont été établis par la SNCF le long des lignes ferroviaires françaises en croisant différents paramètres d'études (temps de montée, durée de passage, nombre de passages, alternance des systèmes de freinage dans un train de fret - fonte et composite -) et de conditions de terrain telles que la distance à la voie. Ces scénarios ont ensuite été réalisés à partir de mesures de signatures acoustiques mesurées sur des sites réels.

L'atténuation correspondant à la distance à la voie des habitations, ainsi que celle apportée par l'isolation acoustique des logements, ont été introduites de manière réaliste.

• **Influence de la structure temporelle des passages de trains sur la qualité sonore et la gêne fonctionnelle**

Dans un premier temps, l'objectif du LMRTE a été de caractériser perceptivement les passages de différents types de trains et de porter une attention particulière aux dimensions perceptives temporelles.

Après analyse des résultats, il en ressort que : (1) la dimension perceptive la plus importante est liée aux fluctuations dues au passage des différents wagons ; (2) les variations de niveau sonore sont bien perçues mais ne masquent pas les autres effets temporels ou spectraux; (3) il peut y avoir confusion entre variations de niveau et variations temporelles (temps de passage, soudaineté de l'arrivée) ou spectrales, les sujets pouvant assimiler l'une à l'autre; (4) aucun consensus n'apparaît lorsqu'il s'agit de déterminer si la longueur est préférée à la soudaineté (et inversement); (5) l'étude du désagrément sonore montre que l'aspect spectral demeure secondaire par rapport à la force sonore ou aux aspects temporels.

Dans un second temps, l'impact de la répétition des passages de train sur la gêne fonctionnelle en période de soirée et fenêtres entrouvertes a été étudié.

En situation de dominance du bruit de train par rapport au fond sonore, l'aspect soudain et événementiel du passage va impliquer une augmentation de la gêne en dépit d'un temps de passage réduit. En situation de non-dominance, la longueur des passages va influencer la gêne : l'émergence étant réduite, les trains sont plus facilement associés au bruit de fond. Ce dernier va ainsi devenir plus perturbant et la gêne augmenter (à niveau global constant).

• **Perturbations du sommeil liées au bruit ferroviaire**

L'étude menée au LINC a porté sur 2 groupes de 20 sujets (hommes et femmes) répartis selon leur âge. Chacun de ces groupes était à son tour divisé en deux sous-groupes, habitant soit à proximité d'une voie ferrée (trafic ferroviaire nocturne moyen de 25 à 30 trains de fret par nuit), soit dans une zone calme.

L'étude a été effectuée en 2 temps : une étude sur le terrain comprenant 3 nuits consécutives d'enregistrement actigraphique (et des questionnaires subjectifs), et une étude en laboratoire comprenant 4 nuits non consécutives espacées d'environ une semaine chacune, nuits toutes suivies d'une journée complète dédiée à la réalisation itérative de différentes tâches cognitives accompagnée de mesures subjectives.

Les mêmes sujets ont participé aux deux temps de cette étude.

Des enregistrements électrophysiologiques ont été réalisés durant les nuits en laboratoire (EEG, EOG, EMG, ECG). Et ensuite chaque session de tests des performances cognitives comprenait, outre les questionnaires subjectifs (déjà utilisés dans la première phase à domicile), trois tâches attentionnelles très sensibles aux effets d'une privation, même partielle de sommeil :

- l'ANT (Attentional Network task)
- la PVT (Psychomotor Vigilance Task)



De façon générale, cette partie, menée par le LINC-Strasbourg a montré que les bruits de trains en période nocturne, lorsqu'ils apparaissent de façon ponctuelle, ont peu d'effet sur la structure du sommeil et les performances cognitives le lendemain. Les bruits de train nocturnes engendrent néanmoins une augmentation des éveils et micro-éveils proportionnelle à la densité du trafic, ainsi qu'une augmentation du pourcentage de réponse cardiovasculaire et de l'amplitude de ces réponses. Il semblerait que le facteur important ne soit pas tant la densité du trafic, et donc la fréquence des passages de train, que l'intensité sonore des trains comme en atteste l'effet plus sensible de la nuit à faible trafic (mais à intensité sonore supérieure par train) par rapport à la nuit à trafic élevé.

Mais, contrairement à la majorité des études précédentes, les performances cognitives le lendemain n'étaient pas très déficitaires chez les seniors, même si la qualité globale de leur sommeil était naturellement moindre que chez les jeunes sujets.

Il apparaît par ailleurs que les sujets vivant à proximité d'une voie ferrée, quel que soit leur âge, présentent de façon générale, des performances déficitaires essentiellement au niveau des temps de réaction et donc de la rapidité du traitement de l'information, ce qui pourrait être le signe d'un déficit chronique de sommeil. Or, l'examen de leur structure du sommeil fait clairement apparaître que lorsqu'ils sont évalués en laboratoire, les sujets vivant normalement à proximité d'une voie ferrée ont un sommeil plus profond que ceux qui vivent en zone calme.

La réactivité cardiovasculaire apparaît très nettement diminuée chez les seniors vivants en zone bruyante. Au contraire, parmi les juniors, ceux vivant en zone bruyante présentent une réactivité cardiovasculaire très supérieure à ceux vivant en zone calme. Tout se passe donc comme si, à court terme, l'exposition chronique au bruit produisait une hypersensibilisation du système végétatif au bruit, alors qu'avec le temps, et contrairement à ce qui avait été suggéré par de précédentes études, on assiste à une habitude se traduisant par une réactivité extrêmement diminuée, que l'âge seul n'explique pas.

• Conclusion générale

En ce qui concerne la qualité sonore, en situation de dominance du bruit ferroviaire par rapport au bruit de fond, c'est naturellement l'aspect évènementiel qui est lié à la gêne rapportée. En situation de non dominance, c'est l'augmentation proportionnelle du bruit de fond qui pilote le ressenti de gêne, à niveau global constant.

Les bruits de train nocturnes, lorsqu'ils correspondent à une exposition limitée, ont globalement peu d'effet sur la structure du sommeil et les performances cognitives le lendemain. Néanmoins, à long terme, l'exposition permanente à des bruits de train nocturnes semble occasionner un certain nombre de modifications au niveau de la réactivité cardiovasculaire au bruit. Ces effets semblent s'atténuer avec l'âge chez les sujets vivant à proximité d'une voie ferrée, indépendamment de la diminution naturelle de réactivité due à l'âge.

Une mise en perspective de ces résultats avec les résultats obtenus par les partenaires allemands sur d'autres types de bruit est néanmoins nécessaire, les effets observés étant relativement moins marqués que lors d'études précédentes, études pour lesquelles la représentativité des conditions d'exposition n'avait pas été autant approfondie.

Contacts :

Florence Margiocchi
SNCF - Direction de l'Innovation et de la Recherche
Département Physique Ferroviaire et Confort
Groupe Acoustique Aéroacoustique et Vibrations
45, rue de Londres
75379 Paris Cedex 08
florence.margiocchi@sncf.fr

Pierre-Etienne Gautier
Inexia
1, place aux Etoiles
93212 Saint Denis La Plaine Cedex
pierre-etienne.gautier@inexia-ingenierie.com

Partenaires :

En France :

Laboratoire d'Imagerie et de Neurosciences cognitives (CNRS, Université Louis Pasteur-Strasbourg, Inserm)

Laboratoire Mobilités, Réseaux, Territoires et environnement (Université de Cergy-Pontoise)

En Allemagne :

CUE (Catholic University Eichstätt-Ingolstadt),

Deutsche Bahn München.

DLR Cologne.

Ifado Dortmund, qui pilote en outre la partie allemande du projet.

EuroTPU : Entre les échelles locale et communautaire : vers un gouvernement multi-niveaux des politiques de transports urbains ?

Ecole polytechnique fédérale de Lausanne
MEDDTL (DRI)

Au cours des années 2000, la relation entre les collectivités locales et l'Europe sur le thème des transports fut houleuse et marquée par dix années de négociations sur le périmètre d'action de l'Union européenne. Une décennie qui débute par la levée de bouclier des collectivités locales contre le projet de règlement OSP, par lequel la Commission a tenté de généraliser la gestion déléguée et s'achève avec le livre vert ; dix années marquées également par le déploiement des deux phases du programme d'expérimentation dans les transports urbains, CIVITAS. Entre les échelles locales et communautaires, l'étude de la place des collectivités locales françaises dans le processus de production des politiques de transports éclaire de façon inédite la transformation des niveaux de réglementation et les conditions de diffusion des politiques de transport urbain entre l'échelon européen et le niveau local.

• Problématique

L'évocation du cadre européen dans le champ des transports se cantonne le plus souvent à une définition du contexte de production des politiques publiques, sans pour autant faire l'objet d'analyses spécifiques en termes de procédure, de substance et d'effets sur les échelons inférieurs.

Le projet EUROPTPU se propose d'analyser la place des collectivités locales et de leurs organisations représentatives dans la production de ces nouveaux cadres politiques. En parallèle, nous avons analysé dans quelle mesure des interventions venues d'en haut (règles, programme incitatifs, modèles) peuvent transformer des politiques publiques locales marquées par l'autonomie et le principe de subsidiarité. Nous avons analysé les relations qui s'établissent entre la Commission européenne et les collectivités locales dans le cadre de l'élaboration des politiques locales de transports urbains. Quel est l'impact des politiques européennes sur les politiques locales de transports urbains ? Comment les programmes incitatifs développés par la Commission européenne sont-ils mis en œuvre au plan local ? Quel est l'impact de ces programmes sur la différenciation entre les politiques publiques locales ? Nous nous sommes intéressés à l'appropriation locale et à l'impact du projet européen CIVITAS, mis en œuvre dans les quatre villes françaises participantes dans une perspective comparative.

• Déroulement de l'étude

Afin d'analyser les interactions politiques entre l'échelon européen et les pouvoirs locaux, notre méthode de travail s'est fondée sur l'articulation de trois terrains complémentaires :

1. l'analyse de la genèse et des controverses liées à la définition du "règlement européen relatif aux services publics de transports de voyageurs par chemin de fer et par route", entre 2000 et 2006;
2. l'étude des effets, au plan local, de la mise en œuvre des initiatives européennes CIVITAS I et II dans les quatre villes françaises participantes (Lille, Nantes, La Rochelle, Toulouse) et de l'impact du programme CIVITAS dans la constitution d'un référentiel d'action publique d'échelle européenne en matière de transports urbains ;
3. l'étude de la préparation du "livre vert sur les transports urbains" au cours de l'année 2007, du poids et du positionnement des collectivités locales françaises au sein des 36 collectivités européennes engagées dans CIVITAS et des effets de ce lobbying d'essence local sur la future politique européenne des transports urbains.

• Résultats

Le projet EUROTPTU permet de mieux situer la place de la France et des villes françaises dans l'élaboration de la politique européenne des transports urbains. Nous avons montré que les représentants des collectivités locales françaises ont disposé d'une position centrale dans la négociation du nouveau Règlement grâce à une mise en cohérence de revendications liées, aux services publics, et à l'autonomie des collectivités locales. La promotion du modèle français de transports urbains s'est opérée selon des arrangements néocorporatistes, à différentes échelles, locale, nationale et européenne, et non en fonction de la structuration d'un réseau transeuropéen. Par contre, dans le cadre du Livre vert, les acteurs français ne bénéficient pas d'une position centrale car leurs revendications ne sont pas suffisamment intégratrices. Par contraste, CIVITAS et POLIS se situent au centre du réseau de gouvernance multi-niveaux grâce à la capacité d'intégration de revendications liées à divers modes de transports, à l'urbanisme et à l'environnement. Une fois approfondies, ces analyses pourront aider les décideurs à se saisir des échecs et des succès des lobbyings et négociations passés dans le cadre des futurs débats sur la politique européenne des transports. De plus, en analysant la participation des quatre villes françaises à CIVITAS, le projet décrit dans quelle mesure la mise en place locale de mesures concrètes permet ensuite de bâtir une position commune et de former ou non un interlocuteur reconnu au plan européen.

Les villes françaises se saisissent des programmes européens avec une habileté telle que les financements de CIVITAS renforcent les politiques déjà engagées localement, tout en leur permettant de se distinguer les unes des autres, plus qu'ils ne participent à la diffusion des préceptes communautaires en la matière. Le programme CIVITAS a offert aux villes françaises l'opportunité de s'insérer dans un réseau sélectif de villes leaders dans le domaine de la mobilité. "Entre le local et l'Europe", cette analyse dessine un nouveau modèle d'action publique locale, avec des collectivités qui parviennent à jongler avec les échelles tout en restant maîtresses du jeu.

• Exploitation des résultats

La recherche a été valorisée par deux fois dans la presse professionnelle (Magazine Ville et transports) en 2007 et 2008. Une communication a été présentée au Congrès de l'Association française de science politique en 2009 ainsi qu'au séminaire du Programme "Ville" de Sciences Po Paris, en juin 2010. Cette communication a été publiée dans la série des Working Papers du programme "ville" de Sciences Po Paris. Un article scientifique a été soumis à une revue référencée en langue anglaise et est en cours de révision. Enfin, un chapitre d'ouvrage sur le thème de l'eupéanisation des politiques locales de transports et de la différenciation sera publié dans un livre édité par Anne-Cécile Douillet, Alain Faure, Charlotte Halpern & Jean-Philippe Leresche, à paraître en 2011.

Contacts :

Géraldine Pflieger
Département de science politique et relations internationales
et Institut des sciences de l'environnement
Université de Genève
40, Bd. du Pont d'Arve
CH-1211 Genève 4
geraldine.pflieger@unige.ch

Petites et moyennes entreprises

Les PME sont reconnues pour leur dynamisme en matière d'innovation et par leur importance dans les créations d'emploi. Apporter une aide au moment opportun, favoriser le rapprochement, la complémentarité et le travail en collaboration dans le cadre de consortia permet à ces entreprises de surmonter les handicaps dus à leur taille.

Au sein du Predit, Oséo est le principal financeur engagé dans ces soutiens. Mais cet objectif partagé au sein du Predit se traduit par de nombreux projets collaboratifs impliquant des PME.

- **Le prix « petites et moyennes entreprises » a été attribué au projet :**

Développement d'un autobus électrique et de chaînes cinématiques électriques (PVI)

- **Les autres projets nommés sont :**

- **AFS : Solutions d'éclairage innovantes pour les transports utilisant les lasers et les diodes organiques (Astron Fiam Safety)**

- **RESO CYCLO : Modélisation cyclable (Item-Etudes et Conseil)**

- **SMERA : Développement d'un véhicule urbain électrique quatre roues, inclinable et stable (Lumeneo)**



Développement d'un autobus électrique et de chaînes cinématiques électriques

PVI

Oséo

PVI est aujourd'hui leader sur le marché des véhicules industriels électriques. Suite au programme VHE Cinematics, trois véhicules 100% électriques sont aujourd'hui disponibles sur le marché, les bus Oréos 2X et 4X, de respectivement 22 et 49 places, et commercialisés par PVI (sous la marque Gépébus) ainsi que le camion de livraison Maxity, commercialisé par Renault Trucks

• Le Maxity Electrique

Le développement du Maxity électrique a été réalisé suite à une demande de Renault Truck, client de PVI. Ainsi, pour répondre à une demande croissante de véhicule propre, avons-nous souhaité développer un nouveau véhicule utilitaire tout électrique, compact, fiable, maniable et polyvalent respectant les contraintes environnementales et permettant d'assurer les déplacements et l'entretien au cœur des villes (livraisons en ville, nettoyage et propreté urbaine, entretien des espaces verts, voiries et services aux collectivités, éclairage public et réseaux...).

Au démarrage du projet, aucun véhicule équivalent, équipé de batteries lithium-ion, n'existait.

Les performances clés définies à l'origine du projet se présentaient comme suit :

- une autonomie de 100 km ;
- une vitesse de pointe de 80 km/h ;
- une capacité de charge utile de 1300 kg ;
- même capacité à être carrossé que le véhicule thermique équivalent ;
- fonctionnement possible entre -10 et + 40 °C ;
- utilisable par les titulaires d'un permis de conduire de catégorie B (en France).

De nombreux travaux ont dû être menés à bien pour atteindre ces objectifs. Deux aspects ont nécessité des efforts particuliers :

- sur les bacs à batteries : analyse des empattements disponibles, calculs par la méthode des éléments finis, développement d'un câblage spécifique afin de permettre l'éclatement de la batterie en 4 bacs, conception du boîtier de contrôle électronique adapté ;

- sur la boîte de vitesse : mise au point d'une boîte automatisée sans embrayage avec développement (en hardware et en software) d'un calculateur spécifique.

Ces travaux réalisés ont permis de réaliser trois prototypes avec des empattements différents et Renault Trucks a pris la décision de confier ces véhicules à des clients pour une exploitation réelle.

En service chez ces clients « tests », ces véhicules, tous équipés de batteries neuves, ont fait l'objet de nombreuses mesures.



• L'Oréos 2X

Ce projet a été lancé afin de remplacer dans la gamme le véhicule OREOS 22.

Le but était de développer un autobus urbain de 22 places fonctionnant avec un moteur électrique, des batteries lithium-ion et un nouveau système de gestion de charge/décharge de la batterie (Battery Management System). Pour répondre à la demande du marché, il fallait être en mesure de proposer un véhicule dont l'autonomie s'élèverait à 120 km sans échange de batteries et dont la vitesse atteindrait 70 km/h.



En 2009, nous avons procédé à la construction de deux prototypes, à leurs tests d'évaluation et aux modifications et ajustements dont la nécessité est apparue au cours des divers essais.

Le développement des prototypes a nécessité un travail sur :

- les bacs à batteries : des bacs à batteries spécifiques ont été dessinés afin de protéger les batteries et de garantir la sécurité du véhicule (s'agissant d'un véhicule de transport en commun de personnes, des règles de sécurité sévères ont été définies).
- l'électronique de commande : afin de conserver les fonctionnalités d'exploitation du véhicule d'origine le développement des softwares permettant de « leurrer » les calculateurs d'origine du véhicule sur certaines fonctions absentes sur les véhicules électriques (moteur thermique, jauge à gazole, catalyseur, etc.) s'est révélé nécessaire. Des difficultés à résoudre les problèmes d'interfaçage de l'électronique développée par PVI avec celle du véhicule de base utilisé (Daily IVECO) ont en effet été rencontrées.
- l'interface homme machine : un clavier de commande de boîte de vitesses disposant d'un afficheur qui permet de connaître l'état du véhicule (état de charge de la batterie, présence de défauts actifs et inactifs) a été développé.
- l'équilibrage des éléments de la batterie : pour réussir l'équilibrage des 19000 cellules élémentaires qui constituent la batterie du véhicule, un chargeur unitaire spécifique permettant de recharger chaque module individuellement en un temps raisonnable a été mis au point.

Afin de vérifier la fiabilité et la fonctionnalité des diverses innovations, une fois les véhicules réalisés, des essais et tests fonctionnels ont été menés sous diverses conditions de charges et de température ambiante.

• Oréos 4X

Ce projet a été lancé afin de substituer, dans la gamme, ce modèle au véhicule OREOS 55 qui est notamment utilisé sur la ligne « Montmartrobus » exploitée par la RATP et transportant depuis 2000 un million de passagers par an.

Les travaux ont consisté à développer un autobus urbain de 47 places, fonctionnant avec un moteur électrique, des batteries lithium-ion et un nouveau système de gestion de la charge/décharge de la batterie (Battery Management System).

Les performances visées dans le développement de l'Oréos 4X étaient les suivantes :

- capacité d'accueil de 49 passagers ;
- autonomie de 120 km ;
- vitesse maximale 100 km/h (pour des applications interurbaines) ;
- emplacement pour personne à mobilité réduite ;
- plancher bas avec rampe d'accès pour fauteuil roulant ;
- climatisation.

Une des principales difficultés rencontrée dans ce projet a été que l'énergie nécessaire pour ce véhicule (170 kWh) a rendu indispensable la mise en parallèle des batteries. Cette opération s'est avérée particulièrement complexe et elle nous a conduit à développer un système spécifique de transfert d'énergie sous forme de convertisseur « continu/continu » afin de permettre à chaque branche de batterie en parallèle de se comporter comme si elle était seule.

Les travaux réalisés ont porté sur :

- les bacs à batteries qui ont été développés spécifiquement pour protéger les batteries et garantir la sécurité du véhicule ;
- l'électronique de commande et l'interface homme-machine, selon le même processus que sur l'Oréos 2X ;
- l'équilibrage des éléments de batteries qui a porté sur 39 000 modules individuels, soit deux séries de 18 000 modules en parallèle.

En 2009, nous avons procédé à la construction de deux prototypes, à leurs tests d'évaluation (à vide, à charge, par temps froids et chauds) et les modifications et ajustements dont ces essais ont révélé la nécessité ont été réalisés.



• Exploitation des résultats

L'ensemble des tests réalisés ont été des succès, et nous ont permis d'améliorer significativement les performances des véhicules afin d'atteindre les objectifs que nous nous étions fixés pour chacun des trois projets.

Le Maxity a été testé par une dizaine de clients « tests » et Renault Truck prévoit de commercialiser le véhicule dans son réseau général dès le second semestre 2011.

Les Oréos 2X et 4X sont désormais commercialisés par PVI, depuis respectivement le quatrième trimestre 2010 et le premier trimestre 2011. Ils sont aujourd'hui en exploitation dans plusieurs villes françaises (Coulommiers, Provins, Luneville,...).

Les travaux réalisés dans le cadre du projet VHE CINEMATICS ont permis à PVI de pouvoir anticiper l'évolution de la demande en véhicules propres. La connaissance acquise par PVI dans les chaînes de traction électriques constitue certainement les bases de son futur développement.

Contacts :

Erwan Chareton
PVI
ZI, rue de Maison Rouge
77220 Gretz-Armanvilliers
e.chareton@pvi.fr

Partenaire :

Renault Trucks

AFS : Solutions d'éclairage innovantes pour les transports utilisant les lasers et les diodes organiques

Astron Fiam safety
Oséo

Astron-FIAMM Safety (AFS) développe des solutions d'éclairage innovantes pour l'industrie des transports, basées sur deux technologies: le laser et les LED organiques (OLED). Les applications potentielles sont nombreuses aussi bien dans les transports et leurs infrastructures que dans l'éclairage domestique.

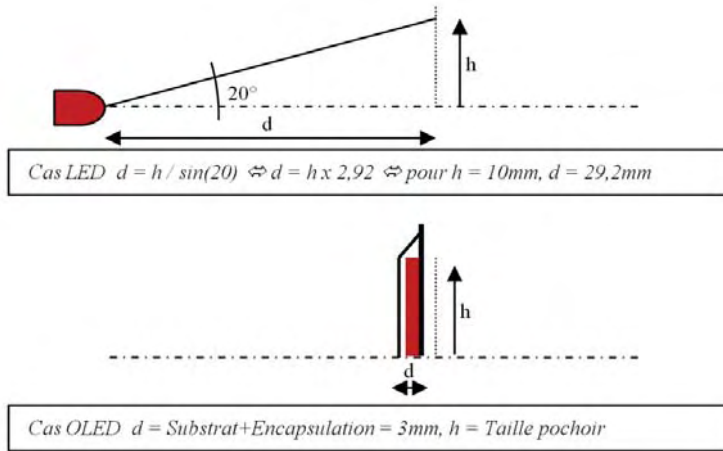


Le projet de AFS repose sur une famille de produits de signalisation automobile intégrant les feux arrière et le troisième feu stop de voiture de tourisme, les feux arrière des motos et des camions. L'ensemble de ces produits s'appuie sur la technologie OLED (diode organique émettrice de lumière) pour la majeure partie des fonctions et sur la technologie Laser pour la fonction « anti-brouillard ».

Les produits de signalisation et d'éclairage développés par AFS dans le cadre de ce projet se caractérisent par plusieurs avantages :

- **Luminaires extra-plats**

La technologie OLED permet, par le dépôt de couche mince, de rendre une surface lumineuse, l'épaisseur totale des couches à déposer étant de l'ordre de quelques centaines de nanomètres. La surface active lumineuse (pixel) étant une source lumineuse surfacique l'intensité émise ne dépend pas de l'épaisseur du luminaire comme c'est le cas pour les sources lumineuses ponctuelles. Cette nature de source lumineuse surfacique permet donc de réaliser des luminaires de grande surface sans avoir à se soucier de la profondeur d'une boîte à lumière.



Cet avantage mécanique prend tout son intérêt dans le secteur automobile où les volumes d'intégration sont limités et chers en coûts de développement comme en coûts de fabrication et de garantie.

De plus, étant une technologie surfacique, l'OLED permet de s'affranchir de toutes les pièces optiques de diffusion et réflexion nécessaires à la réalisation d'un feu utilisant des LED (diode émettrice de lumière) non organiques.

- **Une grande liberté de design de la surface lumineuse**

Le dépôt des couches constituant l'OLED, aussi bien métalliques qu'organiques, peut être masqué afin de définir avec précision la zone lumineuse, et dans les cas les plus complexes avoir des pixels de couleurs différentes. Le masquage se fait par l'interposition de feuilles métalliques découpées entre la source d'évaporation des matériaux et le substrat. Cette technologie très simple de pochoirs nous permet de proposer à nos clients une grande flexibilité de dessins de la surface active de l'OLED. Ceci va permettre de texturer la source lumineuse dans deux dimensions et fournir un outil de personnalisation et de support de leurs marques aux constructeurs automobiles et, de manière plus générale, aux constructeurs de luminaires.

- **L'extension de la technologie OLED aux surfaces conformables**

La technologie OLED d'AFS est applicable à des supports conformables, comme des feuilles d'acier, encapsulés ensuite par un capot en verre thermoformé. Cette solution permet de proposer au marché des luminaires en formes facilitant ainsi l'intégration véhicule.

- **La source lumineuse plate double face**

Pour des fonctions ne nécessitant pas de très forte luminance la technologie OLED développée par AFS peut-être transparente lorsque la source est éteinte. Cette solution permet de créer des luminaires éclairant de manière égale les deux côtés de la source et de pouvoir superposer plusieurs sources.

**Contacts :**

Bruno Dussert-Vidalet
Astron FIAMM Safety
35, rue Pasteur
ZI Toulon Est
BP 320 – La Farlède
83077 Toulon Cedex 9
bruno.dussert-vidalet@astron-fiamm.com

Modélisation cyclable RESO CYCLO

Item Etudes et Conseils MEDDTL (DGITM)

Cette recherche PREDIT a permis de développer cet outil qui fait défaut aux services transports / déplacements des différentes collectivités. RESO CYCLO a été conçu pour permettre aux collectivités de constituer le réseau cyclable idéal en fonction des données dont elles disposent.

Ainsi, cet outil d'aide à la décision pourra s'avérer utile à la fois dans la mise en place d'une action sur le réseau cyclable dans le cadre d'un PDU comme pour déterminer la stratégie de localisation d'un nouveau point structurant à l'échelle d'un territoire.

Afin d'aller plus loin dans ce concept de liberté de RESO CYCLO pour les collectivités, il a été choisi de développer cet outil à partir de système de gestion de bases de données et de systèmes d'informations géographiques Open Source, permettant ainsi d'affirmer l'idée originale et ambitieuse d'offrir un outil d'aide à la décision pour les collectivités qui soit libre de droit et gratuit.

• Problématique

Pourquoi un outil de modélisation cyclable ?

Les collectivités éprouvent de réelles difficultés à avoir une réflexion globale visant à développer un réseau cyclable cohérent sur leur territoire :

- Concentration des aménagements cyclables aux abords de certains sites, ou sur certains axes.
- Absence d'interconnexion des réseaux cyclables à l'interface des milieux urbains et péri-urbains.
- Pas de vision multi-échelle des réseaux (réseau communal, communautaire, départemental...)
- Déficit de jalonnement.
- Faible prise en compte du stationnement...

L'arrivée et le développement de Systèmes d'Information Géographique a permis d'appréhender de manière différente la création d'un réseau cyclable à l'échelle d'un territoire.

L'objectif de cette recherche PREDIT est donc de réaliser un outil de modélisation cyclable qui soit utilisable par les collectivités pour déterminer le réseau cyclable futur en fonction de leurs attentes.

• Déroulement de l'étude

Qu'est-ce qu'un réseau cyclable ?

Le premier préalable à cette recherche est de définir ce que nous entendons par réseau cyclable. En effet, il s'agit de définir l'expression « réseau cyclable » trop souvent victime d'un amalgame avec les termes de « bandes » ou de « pistes cyclables ».

Observation des réseaux cyclables existants

Afin de pouvoir déterminer une modélisation cyclable cohérente il a été observé à partir des exemples de villes françaises et européennes les conditions de réussite de ces différents réseaux cyclables.

Grâce à cette étude de cas, les critères déterminants pour la pratique cyclable ont pu être identifiés.

Caractérisation d'un réseau cyclable idéal

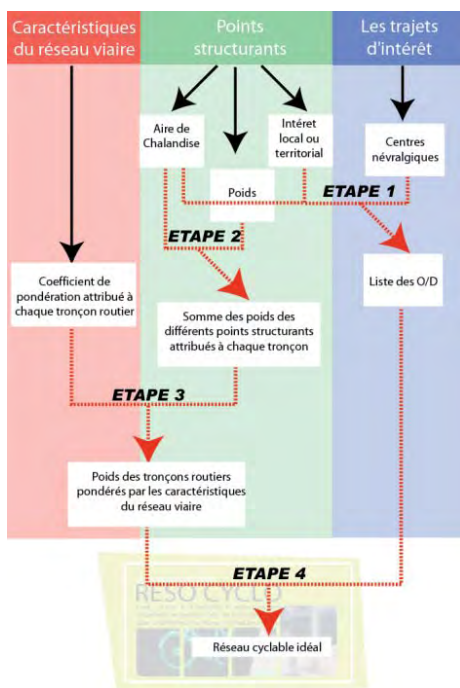
A partir des éléments décisifs dans la structuration du réseau cyclable ou facilitant la pratique cyclable dégagés par l'étude de cas, l'importance de chaque critère a été déterminée.

Importance pour :					
Pour intensifier la pratique cyclable	1	2	3	4	5
Pour déterminer le type aménagement	1	2	3	4	5
Pour déterminer le réseau cyclable	1	2	3	4	5
Pour faciliter l' usage du vélo	1	2	3	4	5

Ce travail a été réalisé pour identifier l'importance pour la création d'un réseau cyclable de la vitesse autorisée, la pente, le jalonnement, le stationnement automobile et vélo, les flux automobiles, le climat, la desserte des points structurants, les intersections et les aménagements cyclables (pistes, bandes, zone 30 et couloirs de bus ouvert aux cycles).

Création d'un modèle conceptuel de données = architecture de RESO CYCLO

A partir de l'importance des différents critères, un modèle conceptuel de données a été élaboré. Il permet de déterminer les interactions entre chacune des tables.



RESO CYCLO – le modèle de fonctionnement

RESO CYCLO modélise le réseau cyclable en s'appuyant sur 3 composantes :

- Les caractéristiques du réseau viaire : la largeur des voies, le trafic, la topographie les vitesses autorisées, la domanialité... permettent de caractériser la voirie.
- Les points structurants : ou les pôles générateurs de déplacements vélo
- Les trajets d'intérêt : qui correspondent à l'identification des itinéraires qui apparaissent comme intéressants à réaliser à vélo.

RESO CYCLO une modélisation du réseau cyclable idéal en 4 étapes.

ETAPE 1 : La constitution des trajets en origine / destination

RESO CYCLO s'appuie sur les résultats des points structurants (aire de chalandise & intérêt local ou territorial) et les centres névralgiques. Deux cas peuvent s'observer

- Pour chaque point structurant d'intérêt territorial, il est observé si son aire de chalandise comprend les différents centres névralgiques préalablement définis. Si tel est le cas alors le trajet entre les centres névralgiques et le point structurant devient un trajet d'intérêt et se trouve implémenté dans la table de la liste des Origines/Destinations (O/D).

- Pour les points structurants d'intérêt local il est observé à quelle entité géographique ils appartiennent et, si un ou plusieurs centres névralgiques ont été identifiés, alors les trajets sont implémentés au sein de la table de la liste des O/D. RESO CYCLO – le modèle de fonctionnement

ETAPE 2 : Somme des poids des points structurants

RESO CYCLO détermine ce poids pour chaque tronçon en croisant les aires de chalandises avec la somme des poids des différents points structurants attribués par des carrés de 250 mètres de côté.

Ainsi, chaque tronçon aura une note en fonction des flux cyclistes potentiels qu'il pourrait accueillir.

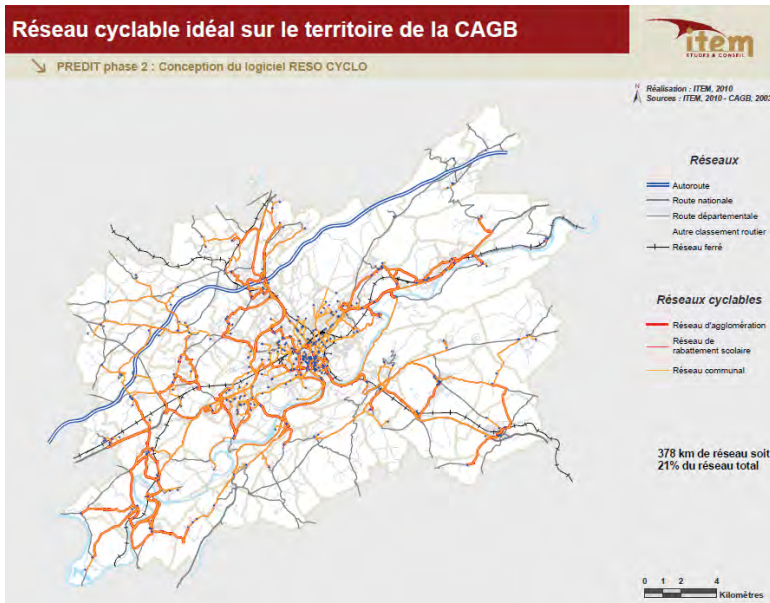
ETAPE 3 : Poids définitifs des tronçons routiers

RESO CYCLO détermine le poids définitif des tronçons routiers en multipliant pour chaque tronçon le poids attribué à l'étape trois avec le coefficient de pondération attribué pour chaque tronçon. C'est à partir de ce poids définitif que sera calculé le réseau cyclable idéal.

ETAPE 4 : Le réseau cyclable idéal

RESO CYCLO calcule en utilisant l'algorithme des plus courts chemins les trajets optimum pour les différentes O/D sélectionnées en fonction du poids définitif attribué pour chaque tronçon.

• Résultats



RESO CYCLO est un progiciel qui permet de créer un réseau cyclable en fonction des données dont disposent les collectivités. Cet outil est également conçu pour permettre une consultation directe des résultats soit sous forme de fiche synthétique qui présentent sous forme de tableaux les différents résultats du réseau cyclable modélisé, soit sous forme cartographique soit également sous forme d'export informatique des différents fichiers créés.

Ce progiciel a été appliqué sur le territoire du Grand Besançon. La collectivité a fournie l'ensemble des données disponible ce qui a permis de tester RESO CYCLO. Les premiers résultats permettent de constater que le réseau idéal proposé correspond à la vision a priori qu'il pouvait se dégager de ce territoire. Avec 21 %, la part du réseau cyclable modélisé sur l'ensemble de la voirie se rapproche de ce qui s'observe sur l'ensemble des Pays Bas avec 17 % du réseau qui dispose d'aménagements cyclables.

• Exploitation des résultats

Cette recherche sur la modélisation cyclable a permis de réaliser comme prévu un véritable outil d'aide à la décision, libre de droit, et utilisable par toutes les collectivités. Actuellement, ITEM utilise RESO CYCLO pour toutes ses études de planification et les résultats offerts ont été jugés concluant par l'ensemble des commanditaires. Pour développer une utilisation plus large de RESO CYCLO, il conviendrait qu'une large publicité soit réalisée en direction des collectivités.

Contacts :

Guillaume Girerd
Geoffroy Brischoux
ITEM Etudes & Conseil
27, rue Clément Marot
Parc Astréa
25000 Besançon
contact@item-conseil.fr

SMERA : Etude et développement d'un nouveau concept de véhicule urbain innovant et électrique

Lumeneo
Oséo

Le projet SMERA a consisté à penser et concevoir un petit véhicule qui s'inscrit dans un cadre de développement durable et qui synthétise les avantages respectifs des 2-roues (encombrement, maniabilité...) et des voitures à 4 roues (confort, sécurité...).

De ces travaux est née une voiture de la largeur d'un gros scooter munie d'une chaîne de traction électrique.

• Problématique

Le projet a pour origine les constats suivants:

- il est devenu de plus en plus difficile de circuler en ville
- il est devenu de plus en plus difficile de stationner en ville
- pour répondre à ces préoccupations, les ventes de deux roues motorisés (motos et scooters) augmentent de plus de 30 % par an en moyenne depuis ces dernières années alors que les ventes de voitures restent stables ;
- en ville, les voitures particulières ne transportent qu'1,2 personnes en moyenne ;
- en ville, les habitants sont bien plus sensibles à la pollution toxique qu'ailleurs ;
- le pétrole n'est pas éternel et l'effet de serre risque de perturber le climat ;
- par kilomètre parcouru, le risque de mortalité est 21 fois plus important en deux roues motorisées qu'en voiture particulière. (Ceesar, Rider 200502-05) ;
- l'utilisation de deux roues comporte des contraintes fortes en cas d'intempéries.

Le besoin identifié peut se caractériser :

- par la recherche de mobilité
- par la recherche de sécurité
- par la recherche de confort
- par la recherche de Développement Durable

Pour répondre à ce besoin, Lumeneo a conçu un nouveau type de véhicule ayant les dimensions d'un deux roues tout en ayant la sécurité et le confort d'une automobile.

Le premier véhicule développé est la SMERA, une voiture de la largeur d'un gros scooter (inférieure à 1m)

Le conducteur n'a pas à mettre les pieds au sol ce qui permet d'équiper le véhicule de protections contre les chocs et de pouvoir fermer le véhicule afin de protéger les occupants des intempéries.

Le véhicule dispose en plus d'éléments de sécurité active et passive comme la ceinture de sécurité et le crash box frontal.

Un permis auto (B) suffira pour la conduire.

• Déroulement de l'étude

Le projet a débuté par l'étude d'un premier véhicule fermé, disposant d'une motorisation électrique, destiné à être homologué en tant que Voiture Particulière (VP) pour ne pas avoir de restriction de circulation. Il dispose de deux places en tandem.

Le choix de la solution électrique est un choix raisonné, car même lorsque le projet a débuté, il était évident pour les concepteurs et en particulier Daniel MOULENE, de par son expérience professionnelle, que les véhicules électriques seraient une réponse durable aux contraintes environnementales.

Le projet a débuté par une étude approfondie des solutions existantes. En particulier, de nombreux brevets ont été étudiés ainsi que toutes les solutions dévoilées se rapportant aux véhicules de petites dimensions.

Après le recensement des solutions proposées par le marché ou par des instituts et ne trouvant pas de réponse satisfaisante au besoin identifié, d'autres solutions techniques ont été élaborées.

L'association des caractéristiques fondamentales du véhicule : quatre roues, faible largeur et ne pouvant pas tomber, nécessite de faire sauter des verrous technologiques.

La faible largeur, caractéristique fondamentale du véhicule, définie en grande partie l'agilité dans le trafic ainsi que l'encombrement au sol. Cette faible largeur apporte néanmoins des contraintes supplémentaires, qui doivent être surmontées par des innovations technologiques.

Le premier développement mené par la société LUMENEO est l'architecture générale du véhicule ainsi que la base roulante, qui est le cœur du véhicule.



L'étude design, a débuté en juillet 2006 avec notre partenaire ADD, société spécialisée en design Automobile suivant notre cahier des charges, et a abouti au design définitif pour la première version.

A partir du design retenu, une maquette en polystyrène a été usinée directement en automatique, à partir des fichiers numériques. C'est une grande avancée par rapport aux méthodes anciennes qui consistaient à réaliser à la main, en plâtre ou en résine.

Ensuite, nous avons réalisé le châssis en aluminium soudé sous argon, et nous y avons implanté les suspensions avant et arrière ainsi que les moteurs électriques.

Puis la maquette en polystyrène a été recouverte de fibre de verre, pour permettre de réaliser, après avoir enlevé le polystyrène, une maquette intérieure pour visualiser en grandeurs réelles, l'espace intérieur disponible, et son accessibilité.

Le programme a consisté ensuite à tester la base roulante en vraie grandeur, sur le circuit d'essais de Satory près de Versailles puis sur celui du CERAM à Mortefontaine.

Un autre verrou technologique a du être débloqué. Il s'agissait de trouver des solutions concernant l'accès du passager arrière, et donc d'étudier et réaliser un système de basculement du dossier de siège du conducteur dans les dimensions réduites du véhicule.

En parallèle, une optimisation du véhicule a été réalisée par analyse de la valeur et optimisation du besoin.

Des sous ensembles partiels ont été réalisés pour les essais d'homologation, dont certains essais destructifs.

La sécurité passive sur ce nouveau segment de véhicule compact

L'état de l'art dans le domaine de la sécurité passive pour ce nouveau segment de véhicule proposant de telles dimensions était quasi nul.

L'architecture et les dimensions le différenciant vraiment des études déjà réalisées.

La problématique de la faible largeur (1m de large) nous pousse obligatoirement à innover en matière de typologie de structure et de système de retenue.

Une nouvelle méthode de conception basée sur la simulation

Nous avons utilisé une approche de conception pilotée par simulation des sous-ensembles mécaniques déjà appliquée tant dans le domaine de l'automobile, de l'aéronautique, du ferroviaire.

Grâce à l'utilisation de ces outils, le premier essai de crash a été immédiatement validé, réduisant la destruction à un seul véhicule.



SMERA – Après crash test frontal à 50 Km/h dans un mur (UTAC)

Après le crash, l'habitacle est intact et les portes s'ouvrent.

C'est important de voir le chemin parcouru en comparaison avec un deux / trois roues « ordinaire ».

Un autre volet important de l'étude a porté sur la motorisation. LUMENEO, n'ayant pas trouvé de moteur électrique adapté, a développé son propre moteur de 15kW sans ballet, à aimants permanents. La technologie la plus en avance actuellement. De même, l'entraînement des roues a été développé à partir d'une courroie crantée, solution technique difficile mais qui apporte peu de bruit et pas d'entretien par rapport à une chaîne.

La chaîne de traction a été définie alors que la masse théorique du concept car était fixée à 350 kg

• Les résultats du projet

Malgré les très nombreuses difficultés rencontrées, le projet a abouti à un résultat très positif.

Il a été démontré qu'il était possible de concevoir et de réaliser un véhicule

- 100 % électrique
- Largeur <1 m
- Longueur 2.5 m
- Deux places en tandem
- 40 ch.
- 110 km/h
- 100 km d'autonomie



- **Perspectives**

La phase étude est actuellement terminée. L'industrialisation de la SMERA est en cours. La recherche des financements nécessaires au lancement en production et à la commercialisation a ralenti la dynamique de développement.

Contacts :

Daniel Moulene
Société LUMENEO
Rue de l'Amandier
ZA de la Grosse Pierre
78540 Vernouillet
d.moulene@lumeneo.fr

Partenaires :

Inret, CEA, Ecole des Mines de Nantes, IRCCyN, Geensys,
Altair, Numero design, ADD, D3 l'atelier, Emairel, Métaleo,
Formes et outillages, Créaxia-Produxia, Protoform, Leroux,
ATC SCE, Ceram, Critt Méca

Thèses

La formation par la recherche est unanimement reconnue comme une des filières majeures d'accès, non seulement à la carrière de chercheur, mais aussi à des fonctions d'encadrement et de responsabilité dans l'industrie ou les services publics.

Les doctorants sont également des éléments indispensables à la vie et au dynamisme des laboratoires et des centres de recherche industriels. Leur rôle est très important dans le progrès des connaissances et des techniques par le fait que leur statut leur permet généralement de se concentrer sur leurs travaux de recherche, alors que les chercheurs « permanents » doivent aussi s'adonner à d'autres tâches.

Ces diverses raisons ainsi que le souci du renouvellement des milieux de recherche ont amené les instances du Predit à proposer l'attribution d'un prix de thèse à l'occasion de chacun des Carrefours.

- **Le prix de thèse a été attribué à Marc Salaun pour son travail sur l' « Optimisation de catalyseurs « Trois-Voies » pour des applications gaz naturel véhicules »**

- **Les autres thèses nommées sont :**

- « **Situation de handicap lors des déplacements : caractéristiques individuelles, pratiques de mobilité, environnement physique et social** » de Virginie Dejoux

- « **Etude théorique et expérimentale des stratégies de combustion homogène. Application aux moteurs Diesel pour véhicules industriels** » de Nicolas Dronniou

- « **Sécurité embarquée : estimation embarquée des efforts verticaux et latéraux d'un véhicule pour le diagnostic du comportement sur route** » de Moustapha Doumiati

- « **Environnement et mobilité 2050 : des scénarii sous contrainte du facteur 4** » d'Hector Lopez-Ruiz

- « **La qualité de l'air en milieu aéroportuaire : étude sur l'aéroport Paris-Charles-De-Gaulle** » de Céline Puente-Lelièvre

- « **Méthodes d'analyse de données GPS dans les enquêtes sur la mobilité des personnes - les données manquantes et leur estimation** » de Shuning Yuan

Situation de handicap lors des déplacements : caractéristiques individuelles, pratiques de mobilité, environnement physique et social

Virginie Dejoux, Université Paris 1 (CRIDUP) et Ifsttar (DEST et LESCOT)
MEDDTL (DRI)

Initialement perçu dans nos sociétés comme une caractéristique uniquement individuelle, le handicap a été peu à peu considéré comme la conséquence de plusieurs facteurs, certains propres à l'individu et d'autres relevant de l'environnement auquel il est confronté. Selon les modèles interactifs actuels de ce champ, la situation de handicap lors des déplacements est donc considérée comme le résultat de l'interaction entre des facteurs individuels et environnementaux, auxquels s'ajoutent les besoins et pratiques des personnes en termes de mobilité. Avec les évolutions actuelles, tant sociales que démographiques, notamment le vieillissement de la population, les pays développés pourraient connaître un accroissement du nombre de personnes devant faire face à ces situations. Cette recherche apporte une connaissance approfondie des populations concernées, de leur pratique de déplacements et de leur environnement, permettant d'aboutir à une compréhension globale de l'ensemble des facteurs qui, mis en interaction, peuvent créer une situation de handicap lors des déplacements.

• Problématique

Longtemps assimilé à l'infirmité de la personne, le handicap est davantage perçu aujourd'hui comme résultant d'un ensemble d'obstacles environnementaux, politiques culturels et techniques. La question de l'intégration ne peut plus dépendre exclusivement de la possibilité d'adapter à sens unique les individus à la société, elle implique aussi d'étudier l'environnement et d'éliminer les obstacles qu'il présente pour les personnes handicapées. C'est ainsi que pour comprendre et tenter de compenser le handicap, les travaux d'analyse sont progressivement passés d'un examen centré sur la personne handicapée à l'analyse de la situation de handicap, tenant à la fois compte de composantes personnelles et de composantes environnementales. La mobilité est un élément clé de la vie quotidienne des individus. Les difficultés à se déplacer, entraînant une mobilité réduite pouvant aller certains jours à un non mobilité, peuvent constituer un frein à la participation et à l'insertion sociale, facteur d'inégalités. Notre recherche s'est donc concentrée sur la comparaison de la mobilité des personnes en situation de handicap à la mobilité des autres personnes, afin de cerner les différents facteurs à l'origine d'une situation de handicap lors des déplacements à l'extérieur du domicile et de saisir la complexité des mécanismes de mise en difficulté et d'adaptation.

• Déroulement de l'étude

Notre recherche s'appuie sur deux approches méthodologiques. Elle allie une analyse quantitative basée sur les sources existantes de données qui permet d'obtenir une image de la population des personnes en situation de handicap et de leurs pratiques de mobilité à une analyse qualitative fondée sur des entretiens que nous avons menés qui, elle, permet de saisir le comportement et les stratégies de ces personnes et ainsi d'aboutir à une analyse compréhensive plus approfondie. Ainsi deux enquêtes nationales ont été analysées : l'une sur le thème du handicap – l'enquête nationale handicaps-incapacités-dépendance (HID) auprès des personnes résidant en ménage ordinaire, réalisée par l'INSEE en 1999 – l'autre sur les déplacements – l'enquête nationale sur les transports et les déplacements (ENTD), réalisée par le ministère en charge des transports, l'INSEE et l'INRETS en 2007-08. En complément de ces enquêtes, une cinquantaine d'entretiens semi-directifs ont été conduits auprès de personnes susceptibles d'être en situation de handicap lors de leurs déplacements.

• Résultats

Cette thèse apporte des éléments de réponse à la problématique de l'apparition d'une situation de handicap lors des déplacements à travers ses trois composantes : les caractéristiques individuelles des personnes rencontrant une situation de handicap lors de leurs déplacements, leurs besoins et pratiques en termes de mobilité et les facteurs environnementaux physiques (accessibilité du logement, des lieux d'activité, de la voirie et des différents modes de transports) et sociaux, notamment l'aide humaine disponible.

Notre recherche a d'abord permis de souligner l'importance des déficiences¹ susceptibles de limiter les capacités sollicitées lors des déplacements en dehors du domicile, notamment celles affectant l'ambulation, la communication, l'orientation, la manipulation et la vision. Elle a également éclairé la corrélation entre diverses caractéristiques socio-démographiques et la présence d'une situation de handicap, notamment l'âge (alors que moins de 6 % des personnes déclarent une gêne dans les tranches d'âges les plus jeunes, c'est le cas pour 46 % de celles âgées de 75 ans ou plus), le niveau de motorisation (28 % des personnes appartenant à un ménage non motorisé déclarent une gêne, alors qu'elles ne sont que 4 % parmi les ménages multi-motorisés) et l'activité professionnelle (67 % des personnes gênées sont retraitées).

¹ Les déficiences correspondent à des anomalies ou des pertes d'un membre, d'un organe ou de toute autre structure de l'organisme : on peut citer par exemple, le fait d'être aveugle complet, celui d'avoir une déficience des quatre membres ou des deux membres d'un même côté, ou encore de souffrir d'un retard mental ou d'une absence totale de parole.

Au-delà des caractéristiques personnelles, les pratiques de mobilité se révèlent être un facteur important dans la compréhension des situations de handicap lors des déplacements. Des différences significatives se sont ainsi révélées entre les personnes devant faire face à ses situations et les autres personnes, tels qu'un nombre moyen de déplacements plus faible parmi les premières (1,8 déplacements par jour et par personne contre 3,4 pour les personnes ne déclarant pas de gêne) et une utilisation différente des modes de déplacements (elles privilégient par exemple la marche à pied ou le fauteuil roulant - 33% de leurs déplacements contre 19% des déplacements des autres personnes).

Cette recherche a donc permis de mettre en évidence des caractéristiques déterminantes et des pratiques spécifiques aux personnes devant faire face à une situation de handicap.

• Perspectives

Dans le contexte actuel de la société, et notamment celui du vieillissement de la population le prolongement de cette recherche au travers d'une analyse dynamique de la population des personnes en situation de handicap, permettra de décrire l'évolution des disparités depuis une quinzaine d'années et d'envisager les évolutions dans les années futures. De plus, après avoir analysé l'impact de l'ensemble des déficiences sur la situation de handicap lors des déplacements, un zoom sur les difficultés rencontrées par les personnes atteintes de certains types de déficiences permettra également d'élaborer un référentiel méthodologique pour comprendre et décliner ces déficiences dans les diagnostics d'accessibilité des plans de déplacements urbains.

Contacts :

Virginie Dejoux
Centre de recherche de l'Institut de Démographie de l'Université Paris 1 (CRIDUP)
90 rue de Tolbiac
75634 Paris Cedex 13
virginie.dejoux@univ-paris1.fr

Estimation embarquée des efforts verticaux et latéraux d'un véhicule pour le diagnostic du comportement sur route

Moustapha Doumiati

Laboratoire Heudiasyc (Université de Technologie de Compiègne)

CNRS et Région Picardie

(Travaux réalisés dans le cadre du projet Raddar/Sari, financé par le MEDDTL)

Ces travaux de thèse développent des processus d'estimation capables de reconstruire certaines variables fondamentales de la dynamique du véhicule non mesurables pour des raisons techniques et/ou économiques. Ces estimateurs sont basés sur des techniques d'observation d'état (capteurs logiciels) qui s'appuient sur un modèle dynamique et des capteurs standards. Le processus d'estimation sera capable d'alimenter les systèmes de contrôle de stabilité du véhicule par les données nécessaires concernant l'état dynamique du véhicule afin d'optimiser le contrôle. Il est important de noter que les algorithmes d'estimation sont conçus pour fonctionner en temps réel sur des véhicules de série. Ainsi, ils ont été embarqués et évalués avec succès relativement à des mesures réelles.

• Problématique

Aujourd'hui, l'automobile est devenue essentielle dans notre société moderne. Nous comptons principalement sur les voitures pour la mobilité, qu'elle soit professionnelle ou privée. En raison de la prévalence de véhicules dans la société, la sécurité des passagers constitue une préoccupation majeure des pouvoirs publics mais, cependant, les accidents de véhicules continuent d'être l'une des causes principales de décès. A titre illustratif, des données de l'Observatoire National de la Sécurité Routière (ONSR), révèlent la mort de 4443 personnes en France en 2008, en raison d'accidents de la route.

Les différentes études montrent que la plupart des accidents de route sont dus aux erreurs de conduite. La grande majorité des conducteurs a peu de connaissance sur le comportement dynamique ; aussi les systèmes actifs d'aide à la conduite sont-ils devenus essentiels dans le contrôle de véhicules. Une meilleure connaissance des variables dynamiques d'une automobile permettra d'optimiser ces systèmes de contrôle, et par conséquent, d'améliorer la sécurité routière.

Actuellement, certaines variables fondamentales de la dynamique, telles que les efforts de contact pneus/chaussée et la dérive (angle entre le vecteur vitesse réel du véhicule et sa direction) ne sont pas mesurables sur les véhicules de série pour des raisons économiques ou techniques. Nous notons que le coût des systèmes de mesure actuels est de l'ordre de 100k€

pour les forces et de 15k€ pour la dérive. Une solution alternative proposée dans ces travaux de thèse est de reconstruire ou d'estimer ces variables à partir des techniques d'observation d'état "capteurs logiciels". Ceci est possible en se servant d'un modèle mathématique qui représente le véhicule et d'un nombre limité de mesures disponibles à faible coût. Par conséquent, l'étude de la dynamique du véhicule et la construction des estimateurs robustes des variables dynamiques constituent le noyau de ces travaux de thèse. Ceux-ci s'inscrivent dans le cadre d'une collaboration étroite entre le laboratoire HEUDIASYC et IFSTTAR-MA, et ils se sont déroulés en partie dans la cadre du projet national RADARR (Recherche des Attributs pour le Diagnostic Avancé des Ruptures de la Route) de l'action fédérative SARI / PREDIT.

• Déroulement de l'étude

La thèse propose des estimations de variables fondamentales de la dynamique du véhicule. Les variables étudiées sont notamment les forces appliquées au niveau de chacune des 4 roues, le transfert de charge, l'angle de roulis et l'angle de dérive du véhicule. La connaissance de ces paramètres dynamiques permet d'évaluer des indicateurs de sécurité de transport et de contrôler le véhicule pour éviter son dérapage. La méthodologie suivie lors de l'établissement des estimateurs proposés dans cette étude est théoriquement justifiée et sûre :

1. Formulation des modèles de véhicule sous forme d'équations différentielles mathématiques qui décrivent les liens des variables dynamiques entre elles (modélisation). Bien que le système véhicule/chaussée soit complexe, les modèles sont construits d'une manière simple et représentative afin que le système d'estimation soit efficace en temps-réel.
2. Analyse de performances des modèles développés.
3. Vérification de la possibilité de reconstruire les variables dynamiques désirées à partir des mesures disponibles et du modèle véhicule choisi (test d'observabilité).
4. Application des techniques efficaces et convenables pour l'estimation et le filtrage des variables inconnues (filtre de Kalman, observateurs à modes glissants).
5. Évaluation des estimateurs proposés en simulation, à l'aide d'un logiciel professionnel Callas/Prosper, et en expérimentation embarquée sur le véhicule expérimental Peugeot 307 de l'IFSTTAR-MA.

• Résultats

Le travail de thèse trouve son origine dans la nécessité accrue de disposer à bord du véhicule routier de mesures et d'indicateurs permettant d'apprécier le comportement dynamique du véhicule sur route. Il a principalement été dédié à l'observation du transfert de charge latéral, de l'angle de roulis, des efforts verticaux et latéraux et de l'angle de dérive.

Sa contribution est à la fois méthodologique (voir Section "Déroulement de l'étude") et pratique. La validation en simulation a été réalisée sur un simulateur de véhicule (CALLAS) commercialisé par la société OKTAL. La phase de validation expérimentale a été réalisée, dans un premier temps, sur table à l'aide des données expérimentales. Elle a donné ensuite lieu à une «brique logicielle» implémentée et testée en temps-réel dans le démonstrateur Peugeot 307, équipé de quatre moyeux dynamométriques pour la mesure des efforts au niveau pneus/chaussée ainsi que par d'autres capteurs nécessaires pour évaluer la qualité des estimations par rapport aux mesures réelles. La fiabilité des observateurs développés a été validée pour différentes situations de conduite et différents types de chaussée.

Il est important de noter qu'un des intérêts majeurs de ce travail est sa confrontation à l'expérimentation. La mise en œuvre des techniques élaborées dans la thèse sur le véhicule expérimental (une Peugeot 307 richement instrumentée) est un atout exceptionnel.

• Exploitation des résultats

Ce travail de thèse est novateur; il va de la formulation du problème jusqu'à l'expérimentation. En s'appuyant sur des volets scientifique et technique, il sera utile à de nombreux chercheurs et ingénieurs du domaine Automatique/Automobile. L'originalité de cette thèse ainsi que les propositions apportées dans le domaine de la dynamique de véhicule ont été prouvées, sur le plan scientifique, dans différentes publications et communications internationales (4 articles dans des revues internationales avec comité de lecture, 8 communications dans des conférences internationales avec actes et comité de sélection et 5 communications dans des conférences nationales avec actes et comité de sélection).

Les résultats issus de cette thèse ont été aussi intégrés dans plusieurs livrables internes dans le cadre du projet RADARR. Un livre basé sur ces travaux de thèse est également en cours de préparation pour être publié par l'éditeur J. Wiley.

Sur le plan pratique, cette thèse a abouti à la conception d'un module d'estimation des variables dynamiques du véhicule. Ce module a prouvé son efficacité en temps-réel dans plusieurs campagnes d'essais.

Contacts :

Moustapha Doumiati
Gipsa-lab
Département Automatique
UMR CNRS 5216
961 rue de la Houille Blanche
BP 46
38402 Grenoble Cedex
moustapha.doumiati@gipsa-lab.grenoble-inp.fr

Partenaires :

Laboratoire Heudyasic, Université de Technologie de
Compiègne
Ifsttar, département « Mécanismes d'accidents »,
Salon-de-Provence

Etude théorique et expérimentale des stratégies de combustion homogène pour les véhicules industriels

Nicolas Dronniou
Institut PRISME (Université d'Orléans)
Agence nationale de la Recherche

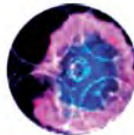
Dans le cadre d'une convention CIFRE entre l'entreprise Renault Trucks et l'Université d'Orléans, cette thèse a été intégrée à plusieurs projets ANR (successivement «FUN», «TOM» et «FUN 2») dans le but d'étudier les potentiels des stratégies de combustion homogène et ainsi répondre aux questions suivantes : Quels sont les réels potentiels et les mécanismes associés de ces nouveaux modes de combustion ? Quelles en sont leurs limites et leur plage maximale d'utilisation ? Quelles conséquences pour l'architecture d'un moteur de véhicule industriel en vue des normes post-Euro V ?

• Problématique

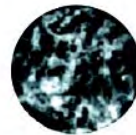
Le début des années 2000 a connu un engouement considérable pour les stratégies de combustion homogène ou HCCI (Homogeneous Charge Compression Ignition) du fait de leur potentiel de réduction des émissions polluantes. Ce mode de combustion souvent présenté à mi-chemin entre ceux des moteurs essence et Diesel se caractérise par une combustion en masse uniquement contrôlée par la cinétique chimique du mélange et non plus par un dispositif externe. Aucune flamme n'est visible, mais il y a une auto-inflammation dans l'ensemble du cylindre, d'où le qualificatif de combustion homogène. Ce caractère homogène permet alors d'abaisser significativement le nombre de zones localement riches (zones de formation des particules) et le nombre de zones à très hautes températures (zones de formation des NOx).



Combustion diesel
(Flamme de diffusion)



Combustion essence
(Flamme de propagation)



Combustion homogène
(Pas de flamme)

Si le potentiel théorique de la combustion homogène était connu dès le début de cette étude, son utilisation sur des applications moteur réelles restait encore largement à étudier. Le but de cette thèse était donc de proposer un pont entre des travaux de laboratoire nécessaires pour étudier les mécanismes de ce mode de combustion et une approche plus industrielle centrée sur l'application concrète de ces nouvelles stratégies de combustion.

• Déroulement de l'étude et résultats

La première partie expérimentale de l'étude a été consacrée à l'exploration des stratégies de combustion. Elle s'est déroulée sur un banc moteur monocylindre de recherche afin de pouvoir mieux isoler les mécanismes (intégration au projet «FUN»). Dans ce cadre, les premières expériences ont portées sur les avantages d'une combustion partiellement homogène combinant une première injection tôt dans le cycle et une seconde très similaire à celle existant en combustion Diesel. Grâce à cette stratégie, qui a alors permis de commencer par un «petit pas» entre l'existant et l'inconnu, le potentiel important de l'injection multiple a pu être mis en évidence : les émissions de particules ont été fortement réduites sans dégradation des émissions de NOx ou du rendement moteur. Alors que la plupart des travaux existant dans la littérature étaient centrés sur des faibles niveaux de charge, les avantages de cette stratégie ont également pu être prouvés jusqu'au niveau de charge maximum du moteur.

Étudiées dans un second temps de ces travaux expérimentaux sur moteur monocylindre, les stratégies de combustion en pré-mélange total avec injection de carburant tôt dans le cycle moteur ont permis de franchir un second pas et d'atteindre un des objectifs initiaux de l'étude : démontrer l'établissement d'un régime de combustion avec disparition totale des émissions de NOx et suies pour un niveau de charge correspondant à une vitesse de 90 km/h pour un véhicule poids-lourd sur autoroute.

Après ces deux phases exploratoires sur moteur monocylindre qui ont chacune été valorisées par une publication scientifique, les stratégies de combustion les plus prometteuses ont été appliquées sur un démonstrateur multicylindre dans le cadre de projets réalisés en commun avec l'IFP-EN (projets «TOM» puis première partie du projet «FUN 2»). Le but de cette collaboration était de mettre en commun les connaissances des deux entités pour proposer un démonstrateur multicylindre intégrant les contraintes réelles d'un moteur de véhicule industriel. Les travaux effectués ont alors permis de confirmer les potentiels des stratégies de combustion préalablement étudiées sur les moteurs monocylindres, mais surtout de démontrer la pertinence d'un concept moteur intégrant des stratégies de combustion homogène jusqu'à la mi-charge. La comparaison de ce démonstrateur avec des moteurs de référence a ainsi montré qu'il était possible d'atteindre des niveaux de consommation et de puissance de refroidissement inférieurs tout en réduisant les émissions de NOx en sortie moteur à des niveaux directement compatibles avec les normes US 2010 et Euro 6, et cela pour toutes les zones où la température du système de post-traitement risque ne pas lui garantir un rendement de conversion optimum. Tout au long de cette évaluation, une attention particulière a été portée à l'évaluation des conséquences de cette approche sur le niveau de consommation du moteur, les interactions avec le système de post-traitement ainsi que sur les éventuelles difficultés mécaniques liées à l'architecture particulière du moteur (système de recirculation basse pression des gaz brûlés notamment).

A côté de tous ces travaux expérimentaux, un effort significatif a également été entrepris pour améliorer la modélisation de ces nouvelles stratégies de combustion. L'importance de la cinétique chimique ayant été largement prouvée dans la partie expérimentale de cette étude, plusieurs outils de modélisation utilisant des modèles de cinétique chimique détaillée ont ainsi été développés et validés par des expériences sur moteur optique, tout cela dans le cadre d'une collaboration fructueuse avec un autre doctorant de l'Université d'Orléans.

Un spectre important de moyens expérimentaux et de simulation a donc été utilisé au cours de cette thèse pour proposer une étude à plusieurs niveaux des stratégies de combustion homogène.

• Exploitation des résultats

La thèse est terminée et a été soutenue. Au delà des connaissances acquises par l'ensemble des partenaires, les résultats expérimentaux obtenus sur le démonstrateur multicylindre ont été utiles pour mieux appréhender les potentiels et limites de ces nouveaux modes de combustion. Même si des contraintes techniques devaient encore être levées à l'issue cette thèse, tout ce travail d'évaluation a permis à l'entreprise d'enrichir ses connaissances technologiques pour les futures générations de moteur. L'entreprise a également bénéficié des outils de simulation développés ainsi que des sept demandes de brevet déposées dans le cadre de cette thèse.

Pour le doctorant, la publication des résultats dans des journaux scientifiques et conférences (quatre publications internationales) lui a permis de bénéficier d'un séjour post-doctoral dans un laboratoire de combustion mondialement reconnu.

Contacts :

Nicolas Dronniou
Sandia National Laboratories (Etats-Unis)
ndronni@sandia.gov

Benoit Lombard
Renault Trucks – Volvo Powertrain
99, route de Lyon
69780 Saint-Priest
benoit.lombard@volvo.com

Partenaires :

Renault Trucks
IFP énergies nouvelles
CMT Valence (Espagne)
Université de Brighton (Grande-Bretagne)

Environnement & mobilité 2050 : des scénarios pour le facteur 4 (-75% de CO₂ en 2050)

Hector Lopez-Ruiz

Laboratoire d'Economie des Transports (CNRS, Université Lyon 2 et ENTPE)

Ademe et Enerdata

Afin d'essayer de limiter les impacts du changement climatique sur la planète, en France, les plus hautes Autorités de l'Etat ont fixé comme objectif, à l'horizon 2050, la division par quatre des émissions de gaz à effet de serre (GES) par rapport au niveau de 1990. Sans reprendre précisément ce facteur 4, des nombreux autres pays industrialisés, notamment en Europe, se sont également donné des objectifs quantitatifs de réduction des émissions de CO₂.

• Problématique

Plusieurs études (dont une grande partie a été financée par le Predit) ont déjà fait état des possibilités d'aboutir à des réductions importantes d'émission de GES (gaz à effet de serre) en France. Elles s'accordent sur le fait que ces réductions, plus ou moins conséquentes à long terme, ne peuvent être obtenues qu'en acceptant d'introduire un mélange de politiques publiques -visant à un changement des comportements- et de nouvelles technologies.

Cette thèse s'inscrit dans la continuité de ces recherches et développe une analyse pour élucider ce que les différentes politiques publiques visant des fortes réductions de GES impliquent sur le système socio-économique et les infrastructures de transport. A cette fin, la thèse a établi un cadre d'étude qui intègre une analyse microéconomique qualitative et quantitative. L'objectif principal était de proposer une méthodologie rigoureuse dans une optique backcasting qui soit capable d'analyser différents scénarios prospectifs (notamment ceux de l'étude LET-Enerdata en 2008).

• Méthodologie

Pour ce faire, la thèse offre un cadre d'analyse qui montre les différents arbitrages microéconomiques liés à la mobilité dans la planification à long terme. En effet, elle développe un module microéconomique qui réunit les facteurs revenu des ménages et localisation (des entreprises et des ménages) dans une logique de maximisation de l'utilité (fonction des opportunités disponibles aux agents dans le système) avec trois budgets qui agissent comme des contraintes :

- le budget monétaire ;
- le budget temps ;
- le budget GES.

Le module microéconomique développé a été incorporé au modèle macroéconomique TILT (Transport Issues in the Long Term) -développé initialement pour l'étude LET-Enerdata en 2008- afin de proposer une structure bicéphale (micro-macro) qui puisse offrir une meilleure analyse des scénarios prospectifs (voir figure 1).

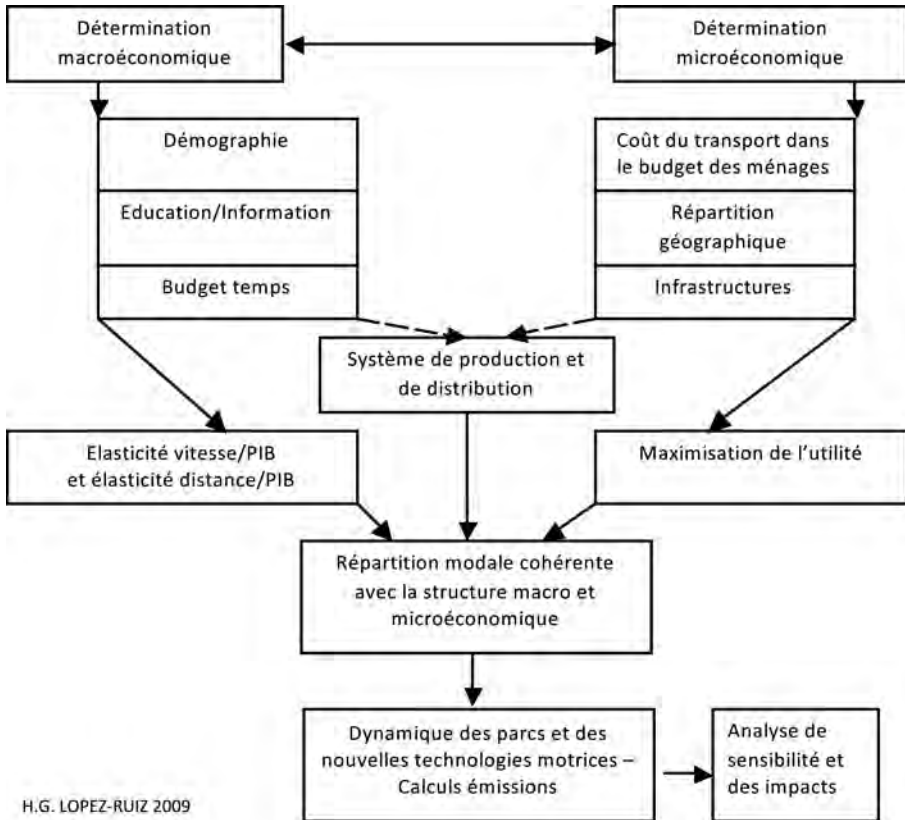


Figure 1 : Architecture générale du modèle TILT

A travers cette structure, nous avons réussi à faire progresser la version initiale de TILT en construisant un modèle fondé sur l'idée selon laquelle les choix de transport (éq. 1) dépendent :

- du niveau de service des infrastructures (fonction du temps et du niveau de service) (éq. 3)
- de l'opportunité -que représentent les biens et services accessibles en fonction des localisations- par rapport au coût généralisé d'un déplacement (éq. 2).

$$a(t) = \frac{[\tau(t)]^\alpha [\eta]^\beta}{\sum_{i \in N} [\tau(t)]^\alpha [\eta]^\beta} \quad \text{équation n°1}$$

$$\eta = \frac{\textit{opportunité}}{\textit{coût}} \quad \text{équation n°2}$$

$$\tau(t) = \textit{indicateur infrastructures} \quad \text{équation n°3}$$

Cette conception du modèle permet d'allier trois aspects très importants de la mobilité: le revenu, les localisations et les coûts de transport à travers les différents budgets du ménage –temps, monétaire et GES- (qui, à leur tour, dépendent à la fois des caractéristiques du système des transports et des spécificités modales). Ainsi, dans cette conception du système, les budgets des ménages s'érigent comme le point central des reports entre les modes de transport au niveau des différentes échelles géographiques.

De ce fait, toute évolution des budgets des ménages et/ou des caractéristiques intrinsèques à chaque mode (conséquence des politiques publiques, de l'évolution économique, de l'évolution des prix, des changements des comportements, etc.) peut se traduire par des impacts croisés entre les différents modes de transport et les échelles géographiques qui sont, grâce au modèle, clairement identifiables et quantifiables.

• Résultats

A travers ce cadre analytique, nous avons pu rendre compte de ce que le « déploiement » de différentes politiques publiques de mitigation implique sur les personnes et sur les entreprises qui cherchent à satisfaire leurs besoins en matière de transport.

Afin de mieux rendre compte des effets propres à chaque option des politiques publiques, nous avons travaillé sur une catégorisation en quatre rubriques :

- politiques orientées vers les styles de vie ;
- politiques orientées vers les marchés ;
- politiques orientées vers la réglementation ;
- politiques d'infrastructures/services.

A partir de cette catégorisation, nous avons évalué (pour différents scénarios) l'impact des différentes politiques publiques sur le système au niveau des trois budgets des ménages (monétaires, temps et GES) ainsi que sur l'économie. Cette analyse a été menée sur :

- les emplois ;
- la consommation ;
- le PIB ;
- la fiscalité ;
- les subventions ;
- les investissements nécessaires (infrastructures et opération).

A travers cette analyse, nous avons élucidé les éléments-clés des changements systémiques inhérents à la planification des scénarios de réduction de GES. La prise en compte de ces effets pour la construction de stratégies de réduction ouvre les portes à une meilleure planification et offre la possibilité d'une acceptabilité accrue des politiques de mitigation dont dépend la réduction des émissions de GES à long terme.

• **Exploitation des résultats :**

La thèse s'inscrivait, dans une suite d'études (menés par le Laboratoire d'Economie des Transports et Enerdata) sur le transport à long terme (notamment le rapport LET-Enerdata 2008). A la fin de la thèse, les analyses dans ce domaine se sont poursuivies à travers des nouvelles études dans le cadre du Predit ainsi que dans le cadre de l'EU-FP7. Ces nouvelles études analysent de plus près le lien entre transport et politiques publiques.

Contacts :

Hector G. Lopez-Ruiz
Laboratoire d'Economie des Transports
ISH
14, av. Berthelot
69363 Lyon Cedex 07
hlopezruiz@gmail.com

La qualité de l'air en milieu aéroportuaire : étude sur l'aéroport Paris-Charles-De-Gaulle

Céline Puente-Lelièvre
Laboratoire d'Aéroports de Paris
Ademe et Aéroports de Paris

Ce travail de thèse a porté sur l'évaluation de la qualité de l'air en milieu aéroportuaire à l'échelle locale et régionale. L'aéroport choisi pour cette étude est Paris-Charles-De-Gaulle. Il est localisé à une trentaine de kilomètres au nord de Paris. En 2006, 56,8 millions de passagers ont circulé sur cet aéroport. Il s'agit de l'aéroport le plus important de France et le deuxième en Europe. Cette étude est centrée sur les observations en continu des concentrations des oxydes d'azote (NOx), d'ozone (O3) et des hydrocarbures. Nous avons caractérisé la variabilité spatiale et temporelle des polluants sur la plate-forme et quantifié la contribution de l'activité aéroportuaire sur les concentrations des NOx.

• Problématique

Le trafic aérien et la plupart des activités aéroportuaires émettent dans l'atmosphère des polluants primaires tels que les NOx, le CO, le CO2, le SO2, des hydrocarbures ainsi que des particules. Depuis les années 60, le trafic aérien civil mondial connaît une croissance moyenne annuelle de l'ordre de 4 à 6 %. Du fait de cette croissance, l'impact de cette activité sur la pollution atmosphérique est devenu un sujet d'intérêt depuis les années 70. Certaines études ont mis en évidence un impact potentiel de l'activité aéroportuaire à l'échelle locale et régionale. Dans ce cadre, les pouvoirs publics français sont concernés par la surveillance des émissions aéroportuaires et à la qualité de l'air au voisinage des aéroports. Cette thèse s'intègre dans le cadre de recommandations et de l'obligation de surveillance de la qualité de l'air en milieu aéroportuaire. Ces travaux de thèse ont été cofinancés par l'Ademe et Aéroports de Paris.

• Déroulement de l'étude

A l'échelle locale, ce travail a principalement été fondé sur des observations réalisées sur les trois stations installées sur l'aéroport Paris-Charles-De-Gaulle. La localisation des stations CDG-nord et CDG-sud, situées à la périphérie de la plate-forme, a permis de quantifier la contribution des activités aéroportuaires sur les niveaux de NOx observés. La station CDG-D16, localisée au niveau des terminaux, a permis de caractériser les concentrations des NOx à proximité des activités aéroportuaires. De plus, des campagnes de mesures ciblées sur les hydrocarbures ont été mises en œuvre au cours de cette thèse. Elles ont permis de caractériser les concentrations des hydrocarbures sur l'aéroport. A l'échelle régionale, nous avons amorcé une étude visant à évaluer la contribution des activités aéroportuaires sur la pollution photo-oxydante de la région d'Ile-de-France. L'approche repose sur l'application d'un modèle déterministe de chimie/transport (CHIMERE).

• Résultats

Les oxydes d'azote.

Les résultats ont montré que l'activité aéroportuaire contribue pour 18% ($12 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$) aux concentrations de NOx observés à CDG-nord sous un vent du sud. Cette contribution est de 47 % ($25 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$) sous un vent du nord à CDG-sud. L'écart sur les contributions observées s'explique par les distances différentes séparant les deux stations du cœur de l'activité. Cette étude a également mis en évidence l'influence des sources anthropiques non aéroportuaires sur les concentrations des NOx. Ces sources « extérieures » contribuent typiquement pour 15 % et 43 % des NOx sur la plate-forme. La contribution la plus élevée est observée sous un vent du sud, lorsque la plate-forme est sous le vent de l'agglomération parisienne. Les concentrations des NOx sur la plate-forme ont également été analysées à l'aide d'un modèle neuronal. Le modèle a permis d'estimer les concentrations des NOx pour des scénarios ponctuels en fonction des paramètres météorologiques (direction du vent, vitesse du vent, température, hauteur de la couche limite) et temporels (jour de l'année, heure du jour et jours de la semaine et du week-end). Les résultats du modèle ont montré que les concentrations des NOx augmentent systématiquement sous le vent de l'aéroport. L'amplitude de cette augmentation est maximale le matin, c'est-à-dire pour des conditions de faible dispersion (couche de mélange basse) et de forte activité.

Les hydrocarbures.

L'analyse des hydrocarbures a été réalisée à partir de deux types de prélèvements : (1) dans le panache de l'avion à l'occasion d'essais moteurs et lors du roulage des avions afin de caractériser la spéciation en hydrocarbures émis par les aéronefs, (2) sur différents sites de la plate-forme afin de déterminer les concentrations en hydrocarbures observées sur l'aéroport. Les résultats ont montré que la spéciation des hydrocarbures émis par les aéronefs était similaire à celle observée pour les véhicules diesel. Ceci ne permet pas d'établir clairement un profil caractéristique permettant de distinguer les émissions des avions de celles des véhicules. La spéciation des hydrocarbures sur différents sites de la plate-forme a également été évaluée. Les résultats ont montré que la spéciation des hydrocarbures est comparable à celle observée en milieu urbain. Les mesures des hydrocarbures sur la plate-forme ont montré que la concentration moyenne des hydrocarbures saturés est comprise entre 5 et $7 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$; celle des aromatiques est comprise entre 10 et $15 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$. Les concentrations moyennes observées sont typiquement de l'ordre de celles observées dans une atmosphère de fond urbaine. Les concentrations les plus élevées ont été observées au centre de la plate-forme aéroportuaire, au niveau de la station CDG-D16.

Modélisation à l'échelle régionale.

L'estimation de l'impact des activités aéroportuaires a fait l'objet d'une étude préliminaire à l'aide du modèle de chimie/transport CHIMERE, sur la base d'un inventaire d'émission fourni par AIRPARIF à l'échelle de la région Ile-de-France. Cette étude a permis d'évaluer l'étendue spatiale de l'impact de l'activité aéroportuaire pour deux épisodes de pollution. Ces épisodes correspondent à un épisode de pollution estival à l'ozone et hivernal au NO₂. Les simulations ont indiqué une contribution des émissions aéroportuaires sur les concentrations de O₃ inférieure à 5 µg.m⁻³ à une quinzaine de kilomètres sous le vent de l'aéroport.

• Exploitation des résultats

Les données recueillies et interprétées dans le cadre de cette thèse ont permis de faire une première évaluation de la qualité de l'air sur l'aéroport Paris-Charles-De-Gaulle. Ces informations sont utilisées par le laboratoire d'Aéroports De Paris comme support de communication auprès notamment, des élus locaux.

Des travaux vont se poursuivre afin d'affiner la représentation des émissions liées aux activités aéroportuaires et de simuler la dispersion des polluants à l'échelle de la plateforme. Ceci permettra une quantification plus fine de l'impact de ces activités sur la qualité de l'air de l'aéroport et de son voisinage immédiat.

Contacts :

Bernard Aumont
Laboratoire Interuniversitaire des Systèmes Atmosphériques
(LISA)
CMC de l'Université Paris 12,
61 avenue du Général de Gaulle
94010 Créteil Cedex
Bernard.Aumont@lisa.u-pec.fr

Isabelle Cornier
Laboratoire ADP
Bâtiment 631
Orly sud 103-
94396 Orly Aérogare Cedex
isabelle.cornier@adp.fr

Partenaires :

LISA (Laboratoire Interuniversitaire des Systèmes Atmosphériques, CNRS et Université Paris-Est-Créteil)
Ademe



Etude des catalyseurs dédiés aux véhicules roulant au gaz naturel

Marc Salaun

Laboratoire de réactivité des surfaces (CNRS et Université
PetM Curie)
Ademe et GDF-Suez

Cette étude sur les systèmes catalytiques de post-traitement dits « trois-voies » dédiés aux véhicules roulant au gaz naturel (GNV) a permis de mieux comprendre à l'échelle moléculaire le procédé de dépollution des gaz d'échappement. De nouvelles réactions-clés ont été mises en évidence. Ainsi, nous avons montré que la réaction de vaporeformage du méthane ($\text{CH}_4 + \text{H}_2\text{O} = \text{CO} + 3 \text{H}_2$) et de gaz à l'eau ($\text{CO} + \text{H}_2\text{O} = \text{CO}_2 + \text{H}_2$) menaient, dans certaines conditions moteurs à la conversion du méthane en H_2 et en CO_2 . Une étude plus détaillée de la composition des catalyseurs nous a permis de montrer qu'ils sont principalement composés de deux phases : une phase composée de palladium déposé sur alumine (Al_2O_3) et une phase rhodium sur cérine-zircone (CeZrO_2). Enfin nous avons montré que chacune des phases avait un rôle privilégié dans le procédé global de catalyse 3-voies GNV.

• Problématique

La raréfaction du pétrole va entraîner dans les prochaines années de réels problèmes d'approvisionnement : le gaz naturel constitue alors une alternative intéressante aux carburants issus du raffinage, d'autant plus que les réserves prouvées de gaz naturel sont deux fois plus importantes que celles de pétrole.

Parmi les motorisations thermiques, celles fonctionnant au gaz naturel présentent également des atouts environnementaux importants du fait de leurs faibles émissions. En effet, ces motorisations rejettent la plus faible quantité de monoxyde de carbone (CO), de particules et de composés organiques volatils. De plus une diminution de 15 à 25% des émissions de CO_2 est également constatée.

Toutefois, ces nombreux avantages sont contrebalancés par les émissions de méthane provenant d'une combustion incomplète. Les véhicules émettent alors une quantité de ce gaz à effet de serre (avec un pouvoir réchauffant 20 à 30 fois supérieur à celui du CO_2) non négligeable dans l'atmosphère. La dépollution par catalyse des gaz d'échappement est une solution pour diminuer les rejets de méthane. Toutefois, très peu d'études ont été réalisées sur les catalyseurs dédiés à ces applications.

Cette thèse s'inscrit dans le cadre du projet CARAVELLE dont coordinateur est GDF-Suez. Ce projet présente un double objectif : l'amélioration des performances initiales des catalyseurs trois-voies et le maintien de ces performances dans le temps, le rôle de cette thèse étant de comprendre les mécanismes de dépollution mis en jeu lors de la catalyse GNV.

• Déroulement de l'étude

Dans un premier temps nous avons comparé différents catalyseurs commerciaux sous forme de monolithe à l'aide d'un banc catalytique à gaz synthétique simulant ainsi un échappement. Lors d'une montée en température, la concentration des polluants contenus dans un mélange simulant les émissions GNV est mesurée pour suivre la performance des catalyseurs en fonction de la température. Les deux catalyseurs les plus performants ont été sélectionnés pour être étudiés en détails.

Une étude détaillée des réactions se produisant lors de la catalyse trois-voies pour les véhicules roulant au gaz naturel a été réalisée afin d'identifier les réactions-clés, tout en expliquant l'efficacité des catalyseurs. Cette étude a été complétée par la caractérisation physico-chimique de ces catalyseurs permettant ainsi de corréliser phases actives et réactivité.

Une dernière partie réalisée sur des catalyseurs modèles monométalliques, caractérisant les différentes phases présentes sur un catalyseur commercial, a permis de faire le lien entre phase active et réaction bien définie, telle que le vaporeformage du méthane par exemple.

• Résultats

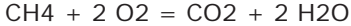
La comparaison des performances des catalyseurs commerciaux a mis en avant de grandes différences d'activité. On note des différences de 100°C pour les températures de conversion du méthane et de NO selon les catalyseurs.

L'analyse élémentaire du catalyseur commercial le plus performant montre que celui-ci est très chargé en métaux précieux. La phase active contient 2.5% de Palladium (Pd), 0.18% de Rhodium (Rh), 10% de CeZrO₂ et de faibles quantités d'autres éléments dopants, le reste étant le support Al₂O₃. La caractérisation physico-chimique a permis de montrer que le catalyseur est en réalité composé de deux parties. Une phase palladium déposée sur Al₂O₃, alors que le rhodium est déposé sur le support CeZrO₂.

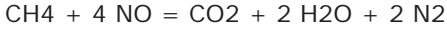
Les tests catalytiques réalisés avec des mélanges simples, permettant de reproduire les différentes réactions possibles à partir des composés présents dans les gaz d'échappement, ont montré que la conversion du méthane est la clé d'un fonctionnement efficace des catalyseurs, la conversion du monoxyde d'azote (NO) ayant lieu simultanément à celle du méthane et de l'oxygène.

Les réactions permettant la conversion du méthane sont :

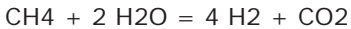
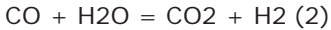
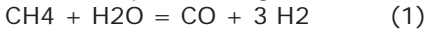
1) L'oxydation avec O₂



2) L'oxydation avec NO



3) Vaporeformage (1) et water gas shift (2) avec H₂O



L'étude de ces réactions avec le catalyseur commercial et les catalyseurs modèles monométalliques montre que toutes ces réactions se produisent lors de tests en mélange simple. Lorsque tous les gaz sont présents dans des conditions stœchiométriques (i.e. dans le procédé classique) c'est l'oxygène qui réagira en premier avec le méthane, (figure 1).

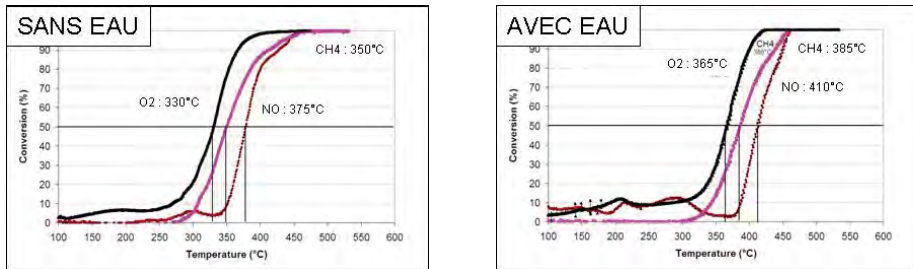


Figure 1 : Conversion lors de la réaction en température programmée avec le catalyseur commercial sans eau (gauche) et avec eau (droite) pour un mélange stœchiométrique contenant : O₂=2150 ppmv, CH₄=1400 ppmv, NO=1300 ppmv

Lorsque 70% de l'oxygène est converti la réduction de NO a lieu. Dans ce cas, l'eau présente ne joue que le rôle d'inhibiteur en ralentissant la conversion du méthane. En revanche, en condition riche (manque d'oxygène) la réaction entre le méthane et l'eau permet de convertir l'intégralité du méthane et ce même sur des catalyseurs modèles (figure 2).

Comme le montre la figure 2, le catalyseur contenant très peu de Rhodium (0.18%) est plus actif que le catalyseur très chargé en Palladium (2.5%). En revanche, pour toutes les autres réactions modèles étudiées, l'activité du catalyseur Rh était négligeable devant celle du catalyseur Pd.

Pour conclure nous pouvons dire que ce travail a permis de mieux comprendre le fonctionnement de la catalyse trois-voies appliquée au GNV. La phase palladium est la principale phase active et permet de convertir efficacement le méthane avec l'oxygène lors que le moteur fonctionne en condition stœchiométrique.

Le rhodium est présent en faible quantité pour permettre de convertir le méthane grâce, entre autre, à la réaction de vaporeformage lorsque l'oxygène n'est pas présent dans les gaz d'échappement.

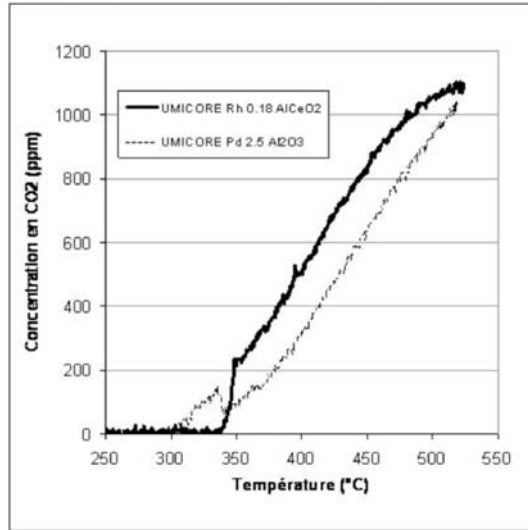


Figure 2 : Conversion du méthane en CO₂ en fonction de la température avec les catalyseurs modèles contenant 2.5% de Pd/Al₂O₃ et 0.18% de Rh/ CeZrO₂ avec un mélange contenant 1700 ppmv de CH₄ et 2%v d'eau

• Exploitation des résultats

Les résultats des recherches ont fait l'objet de 8 communications dans des conférences internationales et de 3 publications dans des journaux scientifiques de haut rang. Elles ont également permis aux différents membres du projet CARAVELLE d'orienter leur essais de formulation pour la préparation d'une nouvelle génération de catalyseurs trois-voies GNV.

Contacts :

Marc Salaun
UPMC
Institut Jean Le Rond d'Alembert
CC 162
4, place Jussieu
75252 Paris Cedex 05
salaun.marc@etu.upmc.fr

Méthodes d'analyse de données GPS dans les enquêtes sur la mobilité des personnes - les données manquantes et leur estimation

Shuning Yuan

Ifsttar, Département Economie et Sociologie des Transports
Ifsttar et Institut GfK-ISL

Au cours des dernières années, les enquêtes sur la mobilité des personnes basées sur la collecte de données à l'aide de récepteurs GPS se sont développées, en raison de leurs multiples avantages par rapport aux méthodes d'enquête plus classiques. Le GPS fournit aux chercheurs et à ceux qui réalisent des études de transport des informations plus précises en termes de résolution spatiale et temporelle. De plus, il empêche l'oubli de déplacements, oubli qui est une limite connue dans les collectes par sondages. Enfin, il réduit considérablement la charge des participants.

• Problématique

Aujourd'hui, la mobilité des personnes est de plus en plus variée dans le temps et l'espace. D'autre part, les besoins de collecte de données sur la mobilité évoluent afin d'estimer plus précisément les trafics pour le dimensionnement des infrastructures (matrices Origine-Destination, etc.) ou encore de mieux comprendre les comportements individuels, non seulement au cours d'une journée « ordinaire » mais tout au long de l'année.

Traditionnellement, les données de mobilité sont collectées au moyen d'enquêtes en face-à-face ou par téléphone. Ces modes d'observation comportent plusieurs types d'erreurs potentielles : non-réponse totale, non-réponse partielle, arrondi des heures ou des distances, sous-estimation du nombre de petits déplacements, sous-estimation des temps de parcours en voiture, surestimation des temps de parcours en transport en commun...

Améliorer l'observation des mobilités complexes est maintenant possible. Les nouvelles technologies comme la localisation automatique par satellite (GPS et dans un futur proche Galileo), par les antennes de téléphonie mobile (GSM) ou celles des infrastructures Wifi, permettent d'améliorer considérablement la précision du cadre temporel (heures de départ et d'arrivée donc durées) et spatial (distances et lieux d'activité des déplacements).

Ainsi, parmi les technologies mentionnées, le GPS offre-t-il une précision plus élevée (de l'ordre d'une dizaine de mètres en utilisation « normale ») et une couverture quasiment mondiale. Dans notre cas, c'est le GPS qui a été retenu.

Pour des raisons pratiques de poids et d'encombrement du dispositif et afin d'avoir accès direct à un traitement informatisé des données, c'est la solution d'un récepteur GPS portable, passif et enregistreur, utilisé avec un traitement des données a posteriori, qui a été choisie.

Dans la plupart des cas, l'objectif d'une enquête sur la mobilité des personnes est la connaissance des déplacements des membres des ménages et de leur usage des moyens de transport tant collectifs qu'individuels. Les méthodes d'analyse des données GPS devront permettre d'étudier : les origines et destinations des déplacements, la «répétitivité» des lieux visités, les motifs, la variabilité des temps de parcours et des itinéraires, les chaînes multi-modales. Pour l'analyse de ces indicateurs, il est nécessaire de disposer de deux dimensions d'analyse des données GPS : déplacements et activités pour reconstituer des séquences continues, à la fois dans l'espace et dans le temps (Figure 1).

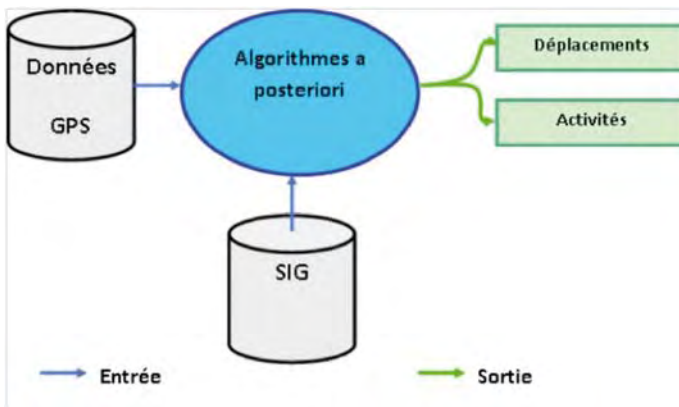


Figure 1 : Schéma général du traitement des données GPS a posteriori

Le défi du traitement a posteriori des données collectées sous forme passive par des GPS portables, qui constitue le cœur de ce travail, est la mise au point de méthodes permettant de combler les données manquantes et de reconstituer de manière automatisée une description des déplacements plus précise, mais comparable à celle fournie par les méthodes antérieures.

• Déroulement de la recherche

Le traitement a posteriori des données GPS est un sujet de recherche en plein développement, mais, compte tenu des enjeux, les méthodes n'ont pas été l'objet de beaucoup de publications. Toutefois, les questions-clés sont récurrentes : comment détecter les déplacements individuels et les activités ? Comment imputer les modes utilisés par les enquêtés ? Comment déterminer les motifs des déplacements ? Comment projeter les itinéraires choisis sur les réseaux ?

Pour répondre à ces questions, un ensemble de méthodes a été développé et appliqué. Afin d'utiliser le maximum d'informations disponibles et de garantir la qualité des résultats, quelques boucles de rétroaction ont été établies entre les différents algorithmes :

1. Filtrer des données GPS invalides (perturbation du signal au voisinage d'immeubles, par exemple).
2. Découper la chaîne de données GPS en séquences de mouvement et d'arrêt.
3. Imputer les données manquantes : on distingue trois catégories (signaux perdus pendant un temps court, long ou très long) que l'on traite avec différentes méthodes.
4. Déterminer le mode de déplacement : on identifie ce mode pour chaque segment en mouvement en fonction de 8 indicateurs basés sur les vitesses, l'accélération, la qualité des données et la durée de la trace.
5. Rassembler les points d'arrêt au point visité : on regroupe les points d'arrêt qui représentent le même lieu visité pendant la période d'enquête par une méthode géométrique.
6. Identifier le type de lieu : on cherche le POI (« Point of Interest ») le plus proche du point visité. On compare le POI trouvé, le mode de transport supposé des segments antérieur et postérieur, ainsi que le temps passé sur ce point pour juger si le POI trouvé est correct.
7. Map-matching : on replace les segments en mouvement sur les arcs des réseaux routier ou ferroviaire.
8. Regrouper les segments en déplacements : enfin, nous relierons les segments entre deux activités pour composer un déplacement.

• Résultats

A partir du processus de traitement ainsi élaboré, nous avons mis au point un logiciel qui a été développé sur les données de mobilité individuelle collectées à Lille par GfK-ISL, et qui est actuellement utilisé pour le traitement du volet GPS dans l'enquête Nationale Transports et Déplacements 2007-2008, qui a été lancée par le Ministère, et mise en œuvre par l'Inrets (intégré à l'Ifsttar) et l'Insee. Les évaluations statistiques des sorties du

programme constituent un projet de recherche en cours, mais l'architecture de traitement est aboutie et les sorties obtenues sont adaptées pour des analyses approfondies (matrices Origine-Destination, etc.). Un manuel d'utilisation du programme a été diffusé à la société GfK-ISL qui a participé au financement de ce travail de thèse dans le cadre d'une convention CIFRE. Cette thèse comporte en effet deux composantes, académique et «industrielle» et il y a eu un double encadrement, Ifsttar-DEST pour le laboratoire public, et GfK-ISL pour l'entreprise privée.

A l'occasion de nouvelles thèses, le logiciel est utilisé pour analyser des traces GPS collectées dans les pays du Sud (Vietnam, Mexique).

Enfin, ce travail de thèse a fait l'objet d'un partage de références bibliographiques majeures utilisées, à l'aide d'un outil de gestion de références bibliographiques qui a permis de mettre en ligne (et de valoriser) les travaux les plus importants dans le domaine.

• Perspectives

Au fur et à mesure du perfectionnement des récepteurs de signaux satellitaires et de la baisse de leur coût, le champ d'application de ces méthodes, notamment de notre logiciel, semble très vaste. En effet, observer la mobilité de manière plus précise et plus continue, sur de longues périodes et de gros échantillons, constitue un enjeu important de la recherche sur les comportements de déplacement. Même si la détermination du mode de déplacement pourrait être un peu améliorée, notamment en discriminant mieux les modes routiers, les principaux progrès seront à réaliser dans l'imputation des motifs et des activités. Nous y réfléchissons actuellement en introduisant quelques questions complémentaires dans le questionnaire léger, qui sera toujours nécessaire pour connaître les caractéristiques de la personne interrogée.

Contacts :

Auteur : Shuning Yuan
Room 701, Stair 12
318 Road Yanmeng, Yangpu district,
Shanghai
Chine
shuning.yuan@inrets.fr

Directeur de thèse : Jean-Loup Madre
Ifsttar-DEST
Descartes 2
2 rue de la Butte Verte
93166 NOISY-LE-GRAND
jean-loup.madre@ifsttar.fr

Partenaire :

Institut de sondage GfK-ISL

Recherche francophone

Dans le domaine de la recherche en socio-économie des transports, le français est une des principales langues d'échange et de communication entre les acteurs. Aussi, une démarche de promotion du vaste patrimoine accumulé dans ce champ, notamment au sein des Predit successifs, est-elle favorisée par les responsables français. Le cœur du dispositif est constitué par le « Réseau francophone de socio-économie des transports » qui rassemble 1200 correspondants répartis dans près de 60 pays sur tous les continents. Ce réseau permet de faire circuler de l'information, (annonces de séminaires et colloques, parution de livres, appels, soutenances de thèses,...), de mobiliser des experts et de comparer les activités de recherche par le biais de séminaires ou de colloques.

C'est pour accompagner toutes ces différentes initiatives que le Prix de la Recherche francophone est désormais attribué à un chercheur francophone étranger à l'occasion des Carrefours du Predit.

Pour ce Carrefour à mi-parcours du Predit 4, le jury, présidé par Maurice Bernadet (Laboratoire d'Economie des Transports, Lyon) a reçu 17 dossiers de candidatures, issus des différentes parties du Monde, parmi lesquels il a sélectionné les travaux primé et nommés :

- **Le prix de la recherche francophone a été attribué au projet :**

« "Oleyia" (taxi-moto) : acteurs et usagers d'un mode de transport artisanal récent à Lomé » d'Assogba Guezere (Togo)

- **Les autres projets nommés sont :**

- « Évaluation économique d'une infrastructure de transport en milieu urbain. Le cas du tramway T2 Val de Seine » d'Elise Boucq (Belgique)

- « Vers une nouvelle socio-géographie de la mobilité quotidienne. Etude des mobilités quotidiennes des habitants de la région urbaine de Grenoble » de Kamila Tabaka (Pologne)

Évaluation économique d'une infrastructure de transport en milieu urbain. Le cas du tramway T2 Val de Seine

Elise Boucq

Laboratoire « EQUIPPE » (Université de Lille 1) et
DEST-Ifsttar

Actuellement à STRATEC SA (Bruxelles)

Dans cette thèse, on cherche à déterminer la plus-value générée par une infrastructure de transport en milieu urbain, en liaison avec la recherche de nouveaux financements. Les retombées économiques étudiées sont les impacts sur les prix fonciers et immobiliers, sur la construction immobilière résidentielle et sur la création d'activités économiques. On tente ensuite de fournir une mesure des surplus de fiscalité pour les territoires, qui pourraient alors servir pour financer les infrastructures de transport.

• Problématique

Cette thèse part du constat de la nécessité de rechercher des financements pour la mise en service de nouvelles infrastructures de transport, en période de raréfaction des fonds publics. L'importance d'une telle recherche est confirmée par le rapport d'information annexé au procès-verbal du Sénat du 6 février 2008, qui insiste sur ce point négligé depuis trop longtemps. La mise en place d'une infrastructure de transport a des retombées économiques dont bénéficient les agents localisés à proximité, mesurables en particulier par son effet sur les prix immobiliers. Il est alors naturel de demander à ces agents de contribuer au financement de l'infrastructure à la mesure du bénéfice qu'ils en tirent. Partant de cette observation, la thèse cherche à mesurer la plus value générée par l'infrastructure et s'interroge sur la capacité des acteurs publics à capter cette plus-value dans le cadre du système fiscal actuel.

• Déroulement de l'étude

Fondements théoriques

Le résultat immédiat de la mise en service d'une telle infrastructure est la modification des accessibilités, et une attention particulière a été portée à cette notion. La théorie hédonique nous permet de prendre en compte le caractère hétérogène des biens immobiliers dans les estimations des prix, et le corpus des théories de la localisation nous permet de déterminer comment les agents économiques réagissent aux variations de proximité aux emplois, à la clientèle ou aux marchés des produits dans leur choix de localisation.

¹La théorie hédonique permet d'attribuer un prix aux différentes caractéristiques d'un bien hétérogène, même si c'est le bien tout entier, et non chaque caractéristique, qui fait l'objet d'une transaction marchande.

Application

Nous avons utilisé ces méthodes pour les analyses empiriques des prix immobiliers, de la construction immobilière résidentielle, et de la création d'établissements. A partir de ces mesures empiriques, nous avons évalué le supplément de recettes fiscales, réel ou potentiel, induit pour les territoires, dans le but d'étudier la possibilité de récupérer une partie de l'investissement engagé pour la construction de l'infrastructure par le biais de la fiscalité.

Pour l'analyse des prix immobiliers, nous avons mené une analyse hédonique dans laquelle nous avons introduit les caractéristiques du logement et de son environnement, dont l'accessibilité, en niveau et en variation induite par le tramway T2. Pour l'analyse de la construction immobilière et celle des créations d'établissements, nous avons construit des modèles de comptage pour mesurer l'impact que pouvait avoir l'accessibilité sur ces phénomènes.

Infrastructure et terrain étudiés

L'infrastructure étudiée est le tramway T2 mis en service dans le département des Hauts-de-Seine en 1997, qui relie les pôles d'activité de La Défense et d'Issy-les-Moulineaux (prolongé depuis jusqu'à la Porte de Versailles, à Paris). Elle remplace une ancienne ligne SNCF fermée en 1993, et les travaux pour sa remise à niveau n'ont pas été accompagnés d'une requalification urbaine. En cela, cette infrastructure est particulièrement adaptée à notre recherche, car son impact se mesure uniquement en termes d'accessibilité, ce qui est conforme aux théories économiques mobilisées. Le terrain d'étude est constitué du département des Hauts-de-Seine, et la période d'étude s'étend de 1993 à 2004, afin de capter les éventuels effets d'anticipation et d'apprentissage.

• Résultats

Impacts économiques du tramway T2

Les résultats empiriques les plus importants portent sur les prix immobiliers résidentiels. Le modèle de prix hédoniques retenu est estimé sur la zone directement concernée par le T2, et l'accessibilité aux emplois est prise de manière discontinue, de manière à capter les effets non-linéaires du tramway sur les prix.

Malgré l'absence d'effets d'anticipation, parfois présents dans d'autres travaux, il existe un effet T2 sur les prix immobiliers qui se stabilise dans le temps (jusqu'en 2003), et la capitalisation représente un peu plus de 9% du prix des logements sur la zone directement concernée. Ce résultat s'accorde avec ceux de la littérature existante, où un tel pourcentage se situe entre 5% et 15%.

L'analyse montre que l'amélioration de l'accessibilité a eu un impact positif sur la construction de logements par des sociétés immobilières privées. Cet impact a été transitoire et postérieur à la mise en service du tramway (de 1998 à 2002). L'effet estimé du tramway représente près de 30% des logements mis en chantier par des sociétés immobilières privées, soit 10% de l'ensemble des logements mis en chantier sur la période concernée.

L'amélioration de l'accessibilité aux entreprises induite par le tramway T2 a pour effet de favoriser la création de nouveaux établissements. On observe ici des effets d'anticipation dès 1993, et d'apprentissage jusqu'en 2002.

La part estimée des créations d'établissements attribuables aux gains d'accessibilité est de 13% sur tout le département, et de 18% sur la zone directement concernée par le T2.

Conséquences fiscales

Les conséquences de ces résultats en matière de fiscalité locale sont les suivantes :

Tout d'abord, les surplus mesurés sur les prix immobiliers sont les plus importants, mais ils profitent essentiellement aux propriétaires, puisque les bases fiscales de la taxe d'habitation et de la taxe sur le foncier bâti ne sont pas réévaluées.

Une pratique permettant l'efficacité économique serait que les acteurs qui ont subi les coûts de production de l'infrastructure récupéreraient la plus-value générée par cette infrastructure. Pour récupérer cette plus-value, la réforme la plus souhaitable serait une révision complète des bases de prélèvements fiscaux. Mais si l'on part du principe que les bases sont non révisables, les communes peuvent récupérer les plus-values en augmentant les taux de prélèvement. L'inconvénient dans ce cas est que l'impôt frappe indistinctement les biens qui ont profité de la plus-value et ceux qui n'en ont pas profité, car les taux de fiscalité s'entendent à la commune et nous avons observé des différences d'impacts entre zones infra-communales.

Par ailleurs, pour les constructions de logements attribuables à l'infrastructure, il y a eu récupération des plus-values fiscales par les collectivités, puisqu'il y a pour chaque nouvelle construction une estimation automatique des assiettes fiscales. L'augmentation des assiettes fiscales a eu pour effet une augmentation des recettes de la taxe sur le foncier bâti, mais on ne peut pas isoler le montant de cette augmentation.

De même pour les créations d'établissements, les collectivités ont récupéré une partie des surplus par l'augmentation des recettes de la taxe sur le foncier bâti et de la taxe professionnelle, puisqu'il y a estimation ou réestimation des assiettes fiscales. Mais ces augmentations ne sont pas non plus mesurables.

Aussi, l'état actuel du système institutionnel et fiscal se prête difficilement à une récupération des retombées économiques du tramway T2 par le biais de la fiscalité.

Contacts :

Elise Boucq
STRATEC SA
Avenue A. Lacomblé, 69-71
Boîte 8
B-1030 Bruxelles
e.boucq@stratec.be



« Oleyia » (taxi-moto) : acteurs et usagers d'un mode de transport artisanal récent à Lomé

Assogba Guezere

Laboratoire de Recherche sur La Dynamique des Milieux et des Sociétés (LARDYMES), Département de Géographie à la Faculté des lettres et Sciences Humaines à l'Université de Lomé.

(actuellement au Département de Géographie de l'Université de Kara, Togo)

Du fait des difficultés économiques auxquelles doivent faire face les pays de l'Afrique sub-saharienne, dans cette région du Monde, les pouvoirs publics se désengagent des transports en commun. Cette situation a notamment pour conséquence le développement de nouveaux modes de transport, plus ou moins formels, pour répondre aux besoins de mobilité dans des zones urbaines toujours plus vastes et plus peuplées, mais aux infrastructures défailtantes et sur lesquelles le bilan des accidents de la circulation s'avère dramatique.

• Problématique

Dans un contexte d'urbanisation rapide en Afrique subsaharienne, une grande partie de la population des capitales est confrontée aux problèmes de mobilité quotidienne à cause de la pauvreté urbaine et de la crise des transports. C'est pourquoi de nos jours, la situation des transports urbains artisanaux en Afrique occupe l'avant-scène du débat au niveau de la communauté des chercheurs et des bailleurs de fonds. Mais comme les solutions tardent à venir, les populations sont obligées d'inventer de nouveaux modes de transport pour faire face à l'urgence des déplacements comme c'est le cas des taxis-motos à Lomé. Cette situation est devenue plus préoccupante depuis la grave crise économique des années 1980 et son cortège de maux qui ont contraint les pouvoirs publics à se désengager de la gestion de la Régie Municipale des Transports Urbains (RMTU), une entreprise d'Etat qui avait le monopole du transport urbain depuis 1962. Après sa disparition en 1982 et devant l'accroissement de la demande en mobilité, les transports collectifs artisanaux ont essayé de combler le vide laissé. Notre thèse qui s'appuie en grande partie sur les résultats d'enquêtes de terrain se veut une première recherche de niveau doctoral sur les transports urbains et les taxis-motos au Togo. Analyser les caractéristiques socio-démographiques des acteurs et usagers et décrire les raisons de l'engouement des populations pour ce mode de transport, comprendre les conditions d'émergence d'un modèle loméen de transport urbain, étudier son fonctionnement, ses impacts spatiaux, ses implications socio-économiques étaient nos objectifs.

• Méthodologie

D'abord, une lecture systématique de la littérature existante sur les transports urbains en Afrique était nécessaire en vue d'une analyse comparative de la situation des différents pays et des politiques de transport qui ont été menées ici et là.

A cause de l'anarchie qui règne dans l'organisation et la gestion de ce mode de transport, l'enquête auprès des exploitants des taxis-motos a été un véritable casse-tête. Ne disposant d'aucune base de données, nous étions obligé d'initier un recensement systématique. Ce travail exploratoire a permis de distinguer deux catégories de taxis-motos. Il y a d'abord des ambulants plus nombreux, estimés en 2005 à près de 60 300 qui n'appartiennent à aucune organisation syndicale, et ensuite les conducteurs organisés en associations syndicales (5700). C'est de cette dernière catégorie que nous avons tiré l'échantillon enquêté.

En ce qui concerne le choix des usagers, la constitution d'un échantillon représentatif se révélait aussi difficile. Devant l'absence d'une base de sondage, nous avons utilisé l'échantillonnage empirique. Les grands carrefours, les zones de rabattement, les marchés communaux, les alentours des collèges et de l'université, les environs des services publics et des centres d'affaire ont été ciblés pour l'administration du questionnaire usager.

• Quelques résultats

L'émergence des taxis-motos au Togo est une réponse à la crise urbaine et au déficit chronique de planification des transports urbains. Cette offre de transport est plus adaptée à l'économie informelle. C'est dans les années 1990, surtout à partir de la grève générale illimitée de 1992, que ce nouveau mode de transport s'est emparé des Togolais sur le modèle du Bénin voisin. Son expansion est liée à la pauvreté et au chômage dans le pays, à l'état des rues et surtout à l'abondance des deux-roues motorisés massivement importés de la Chine à un prix accessible.

Trois types d'acteurs peuvent être distingués. En amont, on trouve les vendeurs de motos et de carburant et l'autorité de réglementation. Les pouvoirs publics ont dû mettre en place un cadre institutionnel en 1996 qui détermine les règles du jeu et les conditions d'organisation et d'exercice de cette activité. Les acteurs centraux sont les conducteurs, les propriétaires et les syndicats. La gestion du secteur taxis-motos au Togo est assurée par sept organisations syndicales qui ont compris que l'efficacité de leurs actions se trouve dans leur fédération. Ces syndicats sont supposés organiser, harmoniser, défendre les intérêts de leurs membres surtout que le mode d'exploitation est de type artisanal avec des conditions de travail difficiles. Enfin, les acteurs en aval sont constitués d'usagers aux profils différenciés. Hommes, femmes et jeunes composés de toutes catégories socio-professionnelles se rendent sur leur lieu de travail et d'étude à bord des taxis-motos. Éléments parfaits d'intégration urbaine, les taxis-motos de Lomé ont le monopole du contrôle du territoire urbain et favorisent une meilleure accessibilité.

Le service porte à porte, l'aptitude à irriguer suffisamment tout l'espace urbain, la rapidité, l'économie du temps et les déplacements de proximité sont des qualités indéniables qui font leur notoriété.

En ce qui concerne la tarification, il n'y a pas une régulation des prix par les autorités publiques comme c'est le cas des taxis collectifs pour lesquels le prix de la course varie officiellement de 200 FCFA (0,30 euro) à 500 FCFA (0,78 euro) selon la distance. Certains conducteurs de motos abusent donc de cette dérégulation et les tarifs des taxis-motos sont variables selon les quartiers, les types de liaison, les saisons, l'état de la rue, la tête du client et sa capacité de négociation. Pour les petites distances, dans un rayon de 6 km, plus adaptées aux pratiques des conducteurs, le prix de la course varie entre 100 FCFA (0,15 euros) et 300 FCFA (0,46 euros). Au delà de cette distance, les prix vont de 600 FCFA (0,92 euros) à 1 000 FCFA (1,52 euros). Selon l'enquête, les dépenses moyennes pour les courses journalières sont estimées à 389 F CFA (0,60 euros) .

En termes de revenus engendrés et d'emplois créés, le bilan des taxis-motos paraît globalement positif. Ce secteur est un excellent pourvoyeur d'emplois aussi bien directs (110 000 conducteurs au Togo dont 66 000 à Lomé) qu'indirects (vendeurs de motos, de carburants, de pièces détachées, réparateurs, laveurs de motos, etc.). Une autre dimension des implications économiques des taxis-motos concerne les recettes générées à l'Etat et à la municipalité à partir des différentes taxes, ce qui montre bien l'imbrication forte entre secteurs formel et informel.

Pour autant, leur présence révèle et amplifie les dysfonctionnements de l'espace urbain. Ils engendrent des externalités négatives comme la pollution atmosphérique et surtout l'insécurité routière, le plus négatif des inconvénients. Depuis l'apparition de ce mode de transport, Lomé est devenue une ville à très haut risque d'accident de la route. Les deux-roues motorisées sont impliqués à plus de 65% dans les accidents dont 60% d'implication des taxis-motos et 40% celle des motos personnelles avec beaucoup de dégâts comme l'indique le tableau ci-après.

	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
Nombre de morts	75	88	72	92	82	41	43
Blessés graves	627	534	579	588	602	586	496
Blessés légers	162	201	2013	2001	1999	2016	1998

Tableau : Evolution des dégâts humains lors des accidents officiellement recensés à Lomé entre 2001 et 2007

Source : Commissariat Central de Lomé, 2008

² A Lomé, le SMIG s'élève à 28 000 FCFA (43 euros) par mois.

A travers l'analyse statistique du tableau, on peut affirmer que les coûts des dommages corporels lors des accidents sont dramatiques de par le nombre d'accidents par an et surtout le nombre de victimes corporelles qui vont des blessés graves, légers aux tués. Sur une période de près de 7 ans, les résultats montrent que près de 75,07% des victimes d'accident ont eu des blessures corporelles légères, 22,09% ont eu des blessures graves et 2,83 % ont été des victimes tuées sur le lieu d'accident. Ce taux des tués est à revoir à la hausse parce que les blessés qui décèdent à l'hôpital ne sont pas comptabilisés dans les statistiques du commissariat central.

Au service d'urgence du centre Hospitalier Universitaire de Tokoin, l'analyse des chiffres a montré que 31,41% des lésions sont des plaies traumatiques, 33,32% sont des traumatismes fermés, 17,38% des traumatismes cranio-encéphaliques, et enfin 17,88% des fractures simples. C'est à cause des comportements irresponsables des conducteurs liés à la violation du code de la route et le problème de surcharge (photo 2), ajoutés au mauvais état des routes et à l'insuffisance des signalisations, que les accidents de circulation sont devenus fréquents.



Photo 1 : Surcharge d'un taxi-moto coincé dans l'embouteillage au carrefour Novissi



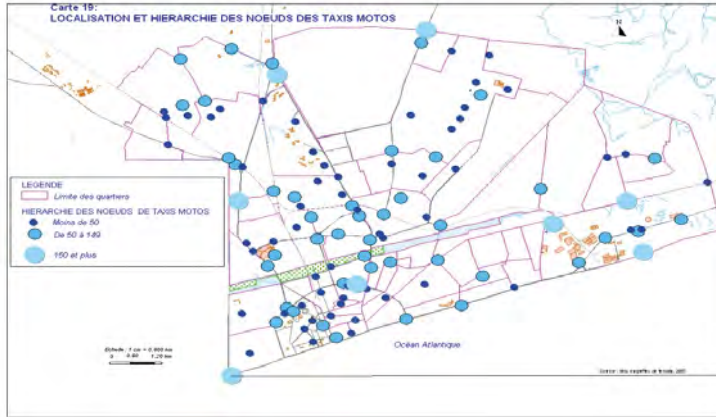
Photo 2 : Arrêt des taxis-motos au feu rouge de Bè sur l'avenue Augustino de Souza

Comme l'indique ces photos 1 et 2, l'utilisation anarchique des rues, des trottoirs, et des carrefours entraîne une recomposition du territoire urbain et pose également le problème de sa cohésion.

Par rapport à l'efficacité de la desserte qu'ils assurent et l'enjeu économique qu'ils représentent pour tout le pays, il est hors de question d'envisager leur disparition à court et à moyen terme. Il faudra plutôt les canaliser par une réglementation plus adaptée en les intégrant en tant qu'un maillon essentiel de la chaîne de transport urbain à Lomé. Pour une meilleure efficacité du système de transport, il importe de reléguer les taxis-motos aux quartiers périphériques enclavés en laissant les pénétrantes aux autobus de la Société de Transport de Lomé (SOTRAL) en phase d'expérimentation et les axes transversaux aux taxis collectifs.

• Les retombées et les applications des résultats

Nous avons soumis la synthèse de nos résultats à la Direction des Transports Routiers, au Ministère de l'Urbanisme et à la Municipalité de Lomé. L'exploitation par la SOTRAL, de notre carte de répartition des stations taxis-motos (voir ci-dessous) a été exploitée par la SOTRAL afin de mieux articuler l'espace desservi par les taxis-moto et par les autobus dans une logique d'intermodalité. Mais il s'avère que la SOTRAL reste non-rentable à cause de la rude concurrence des taxis-motos.



Carte : Localisation et hiérarchie des nœuds ou points d'arrêt des taxis-motos à Lomé

Contacts :

Assogba Guezere
Maître-assistant
Université de Kara
BP 43
Kara
Togo
guezere1970@yahoo.fr

Vers une nouvelle socio-géographie de la mobilité quotidienne. Etude des mobilités quotidiennes des habitants de la région urbaine de Grenoble

Kamila Tabaka

Laboratoire Pacte, Grenoble (CNRS, IEP Grenoble, Université de Grenoble)

La mobilité constitue sans conteste un élément majeur des relations sociales contemporaines. Mais elle se caractérise par des pratiques spatio-temporelles de plus en plus diversifiées. Comment, dès lors, décrire ces pratiques les qualifier et les rendre plus compréhensibles ?

Cette thèse s'est appuyée sur les données de l'enquête-ménages-déplacements 2002 de l'aire métropolitaine de Grenoble et sur une approche centrée sur les programmes d'activités

Une meilleure connaissance de la mobilité quotidienne à travers l'analyse des pratiques quotidiennes des habitants dans l'espace-temps constitue le cœur de la problématique de cette thèse. Pour parler de la mobilité quotidienne il est ainsi nécessaire de prendre en compte l'individu dans le contexte de mobilité qui lui est propre, avec toutes ses dimensions et contraintes/facilités particulières. Pour cela, la mobilité est approchée dans ce travail à travers ses dimensions spatiales, temporelles et individuelles des pratiques quotidiennes. La diversité de ces pratiques et les rythmes spatiaux que celles-ci entraînent sont dus à des emplois du temps et des accessibilités inégales.

L'échelle spatiale choisie pour analyser ces pratiques est celle de l'aire métropolitaine, car c'est en effet l'espace qui résulte des mobilités quotidiennes et dans lequel s'inscrit la majorité des mobilités urbaines d'aujourd'hui. Une démarche originale vise à utiliser une grande base de données quantitative et spatio-temporelle détaillées qui est l'enquête ménages-déplacements. En partant de l'exemple de l'EMD 2002 sur la région grenobloise, une analyse secondaire des données est proposée pour cet outil majeur des politiques publiques locales du transport et elle n'a pas été utilisée jusqu'à présent pour analyser les formes des mobilités quotidiennes. En analysant les mobilités non pas à travers les seuls déplacements mais à travers l'ensemble des programmes d'activités quotidiennes réalisées par les personnes dans l'espace-temps, on adopte l'approche centrée sur les activités (Activity Based Approach). Elle considère les déplacements comme des activités parmi d'autres et fait également recours aux travaux du courant de la time-geography. Les apports de ce courant pour la thèse sont à la fois théoriques (l'approche spatio-temporelle aux activités), et pratiques, à travers la construction des représentations visuelles des emplois du temps et de l'espace des personnes (trajectoires individuelles en trois dimensions).

Ainsi, à partir de la même base des données trois types d'approches et d'explorations sont proposées dans ce travail :

Lecture du territoire métropolitain à travers les pratiques quotidiennes de mobilité

Espace métropolitain	Pratiques de mobilité dans l'aire métropolitaine	Disparités des comportements de mobilité
Analyse spatiale : fonction et fonctionnalité des communes <i>(caractéristiques statiques à l'échelle quotidienne)</i>	Analyse des comportements d'individus mobiles : emplois du temps et caractéristiques sociodémographiques, économiques <i>(caractéristiques statiques et dynamiques à l'échelle quotidienne)</i>	Analyse au niveau individuel : trajectoires <i>(caractéristiques dynamiques à l'échelle quotidienne)</i> et d'autres caractéristiques individuelles particulières
Méthode : analyse multidimensionnelle, classification hiérarchique	Méthode : analyse multidimensionnelle avec classification hiérarchique représentation cartographique des temporalités des espaces	Méthode : représentation spatio-temporelle des trajectoires individuelles analyse statistique classique analyse multidimensionnelle avec classification hiérarchique
Disparités spatiales et fonctionnelles dans la typologie des communes	Disparités des comportements de mobilité dans la typologie individuelle et des ménages Disparités des profils de mobilité et de l'espace de résidence	Certains comportements pouvant renforcer des situations socioéconomiques vulnérables, menant à l'exclusion

Lecture du fonctionnement du territoire métropolitain et des pratiques de ses habitants : approche en trois niveaux (trois volets de thèse).

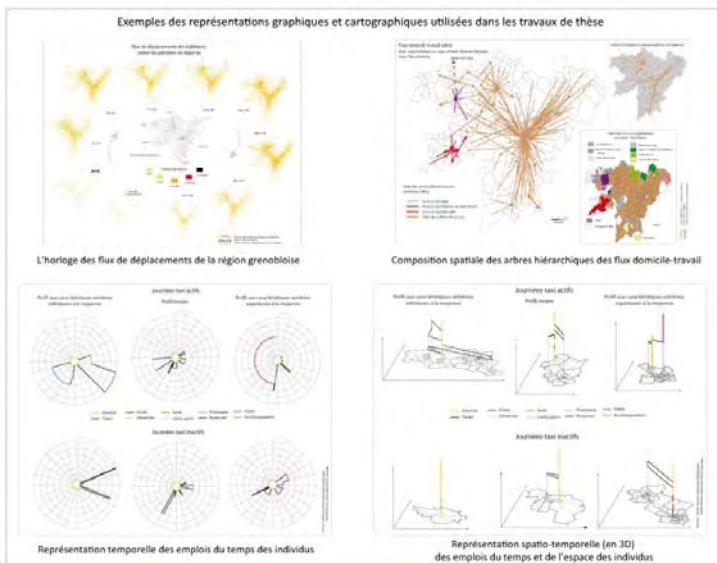
Le premier niveau d'approche montre le fonctionnement de la région urbaine de Grenoble à travers les différentes hiérarchies urbaines installées et la typologie des communes. Ces résultats permettent ainsi une lecture de l'hétérogénéité de l'espace métropolitain et de ses organisations (dont l'espaces de vie), à travers l'analyse des comportements quotidiens des habitants et celle du contexte communal.

En analysant la hiérarchie des flux pour différents motifs de déplacements, on aperçoit d'abord une structure centralisée autour du pôle dominant de Grenoble, et secondairement de Voiron, basée sur les flux vers le travail. En revanche, les flux d'achats produisent une structure polycentrique à la faveur des plusieurs pôles commerciaux gravitant autour des centres urbains. Enfin, les flux vers les loisirs produisent un territoire non hiérarchisé, marqué notamment par des pratiques de proximité. La typologie des communes établie permet de rendre compte de l'hétérogénéité et des potentialités des espaces de cette aire métropolitaine, dans lesquels se déploient les activités quotidiennes des habitants. Cette typologie s'appuie sur les données concernant le tissu résidentiel de ces communes, leur équipement, l'accessibilité (différents transports publics, autoroute) et les migrations quotidiennes au travail.

Les travaux du deuxième niveau analysent la diversité des pratiques au prisme des caractéristiques de l'espace (des ressources et des moyens qu'il offre, les diverses temporalités) et des caractéristiques individuelles des habitants et de leurs ménages (dont également les modes utilisés, les flexibilités/contraintes de l'ensemble du ménage). Grâce à cette démarche on démontre la diversité des pratiques de mobilité des habitants de l'ensemble de la région métropolitaine, tout en rendant leur lecture compréhensible. On démontre que les contraintes individuelles, combinées avec les contraintes spatiales et temporelles, façonnent les diversités des pratiques et conduisent aux disparités d'accès à la ville.

La typologie des formes de mobilité quotidienne est obtenue à partir des variables décrivant les programmes d'activités de la journée et les formes de mobilité associées, ainsi que les types d'espaces fréquentés, les caractéristiques démographiques et économiques des individus et de leurs ménages (27 variables). En démontrant l'importance des caractéristiques spatiales sur les formes de la mobilité et les disparités entre les habitants mobiles, les huit profils retenus présentent d'une part les diverses formes des journées marquées notamment par l'activité professionnelle ou la formation, et d'autre part, des journées où ces activités sont absentes.

Les travaux du troisième niveau analysent les disparités des pratiques et des accessibilités en s'attachant à montrer que, pour jouir du même niveau d'accessibilité aux ressources métropolitaines, l'effort de mobilité n'est pas uniforme pour tous les habitants. L'analyse descendant au niveau le plus fin, celui des individus, révèle que l'organisation des emplois du temps et leur spatialisation (emplois de l'espace) ne dépend pas uniquement des choix individuels, mais dépend des choix négociés au sein des systèmes sociaux (famille, structure et/ou équipe de travail, de formation, etc.). De plus, les mêmes comportements et formes de mobilité ne sont pas forcément liés à des situations univoques d'accessibilité. En effet, les cas de mobilité similaires à premier abord (ex. les immobiles, peu- ou hyper-mobiles) ne traduisent pas les mêmes situations d'accessibilité. Une faible mobilité peut être le signe d'une parfaite maîtrise des ressources disponibles ou, au contraire, peut révéler des situations d'inégalités d'accès. C'est ainsi la non-maîtrise de l'accès à travers la mobilité qui prive de la participation et peuvent aggraver d'une manière importante une situation de vulnérabilité.



Choix de quelques exemples de représentations graphiques et cartographiques innovantes utilisées dans les travaux de thèse.

Cette thèse vise l'ouverture du regard sur les mobilités quotidiennes auprès du monde opérationnel et auprès des chercheurs, donnant des éléments d'une lecture élargie de l'organisation spatiale et des disparités en cours. Elle incite à sortir d'un regard sectoriel pour une transversalité et complémentarité des analyses et des réponses. Pour cela, les représentations proposées (graphiques et visualisations cartographiques) tendent à montrer les informations dans leur contexte pluridimensionnel, afin d'éviter une simplification trop réductrice et fausse. Elles visent une interactivité et complémentarité avec les exploitations statistiques. En amont, une réflexion sur l'outil de recueil de données sur la mobilité constitue un élément d'importance cruciale, dans une société où la mobilité joue un rôle aussi important.

Contacts :

Kamila Tabaka
460, rue de la mairie
01 170 Cessy
kamila.tabaka@epfl.ch ou kamila.tabaka@yahoo.fr

ANNEXE

Gouvernance du Predit 4

Gouvernance du Predit 4 (situation au 15.04.2011)

Président : Jean-Louis Léonard, député de Charente Maritime

Comité de pilotage :

Le président

Les représentants des signataires du protocole d'accord :

- MEDDTL : Régine Bréhier, directrice de la recherche et de l'innovation (CGDD)
- MinEFI : Emmanuel Clause, chargé de mission transport (DGCIS)
- MESR : William Sassi, chargé de mission transport
- ADEME : Patrick Coroller, chef du service « transport et mobilité »
- ANR : Ludovic Valadier, responsable du département « partenariats et compétitivité »
- OSÉO : Benoît Jeanvoine, chargé de mission transport

Le secrétaire permanent du Predit : Bernard Duhem (MEDDTL/CGDD/DRI)

Le secrétaire du Groupe Thématique Transport (GTN) : Jean-Yves Lecocq, pour les relations européennes

Quatre personnalités qualifiées :

- Luc Ménard, président de Mov'éo, pour les pôles de compétitivité
- (en cours de remplacement) pour l'industrie automobile
- (en cours de remplacement) pour l'industrie ferroviaire
- (en cours de remplacement) pour les collectivités locales

Conseil d'orientation stratégique :

Le président

Industriels

Sylvain Allano	PSA Peugeot-Citroën, directeur scientifique
Bernard Favre	Renault Trucks, directeur de la recherche
Valéry Cervantès	Irisbus, directeur des affaires publiques
Patrick Segal	Valeo, directeur des projets transversaux
Philippe Demigné	Bertin technologies, président directeur général
Louis Claude Vignaud	Continental, directeur des partenariats public privé
Claude Wosniak	Faurecia, responsable veille technologique
Jean-Claude Raoul	Fédération des Industries Ferroviaires, conseiller technique
Daniel Cadet	Alstom Transport, directeur des relations extérieures
Patrick Oliva	Michelin, directeur de la prospective et du développement durable
Patrick Gagnol	EDF, direction transports et véhicules électriques

Opérateurs transport

Marie-Pierre Meynard	SNCF, directrice recherche et innovation
Cyril Condé	RATP, délégué recherche, innovation, qualité et développement durable
Fabrice Accary	FNTR, délégué au développement durable et à l'action professionnelle
Philippe Mangeard	Cercle pour l'optimodalité en Europe, président
Patrick Widloecher	La Poste, directeur du développement durable
Bruno Gazeau	UTP, délégué général

Collectivités ou maîtres d'ouvrage

Guy Le Bras	Gart, directeur général
Olivier Nalin	STIF, directeur développement, affaires économiques et financières
Patrick Lambert	VNF, directeur général adjoint
Jean Faussurier	RFF, directeur de l'animation stratégique
Geoffroy Gaude	UPACCIM, délégué général

Recherche publique

Jean-Marc Alexandre	CEA List, responsable des partenariats stratégiques du secteur transport
Jean-Claude Ziv	CNAM, professeur
Jean-Yves Le Ven	CETMEF, directeur
Bernard Dubuisson	Université de Technologie de Compiègne, professeur honoraire
Olivier Coutard	ENPC, directeur du Latts
Marc Ellenberg	Certu, directeur adjoint
Frédric Sgarbi	Direction générale recherche, unité transports de surface
Bernard Jacob	Ifsttar, directeur technique
Philippe Redoulez	Setra, directeur général

Pôles de compétitivité

Gérard Yahiaoui	Mov'éo, président de la société Nexyad
Georges Lammoglia	Véhicules du futur, président
Bernadette Rovire	iDforCAR, directrice générale
Philippe Pinchon	LUTB, directeur du pôle moteurs IFP
Jean Verrier	I-Trans, relations européennes
Christian Balle	System@tic, membre du bureau exécutif
Philippe Deysine	Nov@log, délégué général
Thierry Delarbre	Advancity, directeur

Associations, presse

Michel Hagège	Revue infrastructures et mobilité, éditeur
Robert Viennet	Revue Transport public, rédacteur en chef
Christophe Aubry	Revue L'Auto Journal, rédacteur en chef adjoint
Nicolas Chateauneuf	France 2, journaliste science et recherche
Michel Dubromel	France Nature Environnement, vice-président
Jean Sivardière	FNAUT, délégué général

Bureaux des groupes opérationnels**GO1 : Energie et environnement**

Pdt : Jean Delsey, Inrets
 VP : Pierre-Etienne Gautier, Inexia
 VP : Laurence Rouil, Ineris
 Secrétaire chef de file : Laurent Gagnepain, ADEME
 Autre secrétaire : Yannick Autret, MEDDTL/DRI

GO2 : Qualité et sécurité des systèmes de transport

Pdt : René Amalberti, MACSF
 VP : Frédéric Baverez, Kéolis
 VP : Tiana Delhome, CEA
 Secrétaire chef de file : Jean-François Sanchez (par interim), MEDDTL/DRI
 Autre secrétaire : Marie-Claire De Franclieu, MEDDTL/DSCR

GO3 : Mobilités dans les régions urbaines

Pdt : Francis Beaucire, Université Paris 1, Institut de géographie
 VP : Stéphane Coppey, conseiller délégué communauté urbaine Toulouse
 VP : Patricia Varnaison-Revolle, Certu
 Secrétaire chef de file : Quentin Bakhtiari, MEDDTL/DGITM
 Autres secrétaires : Gérard Brun, MEDDTL/DRI et Christelle Bortolini, ADEME

GO4 : Logistique et transport de marchandises

Pdt : Olivier Maurel, société Ilog
 VP : Yves Ravalard, Université de Valenciennes
 VP : Nathalie Fabbe-Costes, Cret-Log
 Secrétaire chef de file : Michel Julien, MEDDTL/DRI
 Autres secrétaires : Marc Cottignies, ADEME et Arnaud Lagrange MEDDTL/DGITM

GO5 : Compétitivité de l'industrie des transports

Pdt : Guillaume Devauchelle, Valeo
 VP : XXX
 VP : Xavier Apolinarski, CEA
 Secrétaire chef de file : Emmanuel Clause, MinEFI/DGCIS
 Autre secrétaire : Karima Nahhal, CEA

GO6 : Politiques de transport

Pdt : Yves Crozet, Let
 VP : Claude Arnaud, Veolia
 VP : Véronique Wallon, RFF
 Secrétaire chef de file : Gérard Brun, MEDDTL/DRI
 Autre secrétaire : Pierre Taillant, ADEME

La remise des prix est désormais ancrée dans les traditions du Carrefour du Predit. Les recherches sont sélectionnées pour leurs qualités scientifiques et leurs impacts au regard des thématiques prioritaires du programme. Ce livre regroupe donc, pour la mi-parcours du Predit 4 (2008-2012) et sous la plume de leurs coordinateurs respectifs, les 67 projets qui ont été nommés dans les 14 catégories et parmi lesquels figurent les 18 primés.

Ces travaux témoignent de la diversité des sujets traités dans le cadre du Predit. Ils illustrent également la variété de l'origine des acteurs de la recherche dans le champ des transports terrestres, du monde académique aux grands groupes industriels, en passant par les PME, les exploitants et gestionnaires de réseaux.

Les travaux présentés ont été soutenus par les financeurs engagés dans le protocole d'accord du Predit : Ministère de l'Ecologie, du Développement Durable, des Transports et du Logement, Fonds Unique Interministériel pour les projets des pôles de compétitivité, Agence De l'Environnement et de la Maîtrise de l'Énergie, Agence Nationale de la Recherche, OSÉO.

Dépôt légal avril 2011
N° ISBN 978-2-11-128603-0



Programme de recherche et d'innovation dans les transports terrestres à l'initiative des ministères chargés du développement durable, de l'industrie et de la recherche, de l'ADEME, de l'ANR et de OSÉO

www.predit.prd.fr