

**Predit 3**  
**Bilan à mi-parcours**

**Le livre  
des projets**

Programme de  
recherche et  
d'innovation dans  
les transports  
terrestres

Ministères chargés  
de la recherche,  
des transports,  
de l'environnement  
et de l'industrie,  
l'ADEME,  
l'ANVAR

**Carrefour  
de Clermont-Ferrand**  
Mars 2005

# Projets primés

## Mobilité

- G01 **CONNAISSANCES** MOBISIM III : outil d'analyse et d'évaluation des politiques urbaines de transport et d'aménagement
- G02 **SERVICES** RAMPE : système interactif d'information auditive pour la mobilité des personnes aveugles dans les transports publics

## Sécurité

- G03 **CONNAISSANCES** RESPONS
- G04 **TECHNOLOGIES** SUMOTORI

## Marchandises

- G05 **CONNAISSANCES** ELU : Espaces logistiques urbains. Guide méthodologique
- G06 **TECHNOLOGIES** NOVUM : Nouvelles méthodes de prédiction quantitative de la performance des rails sous accroissement des sollicitations de service

## Énergie - environnement

- G07 **CONNAISSANCES** ESCOMPTE
- G08 **TECHNOLOGIES** Onix du futur - Système de propulsion ferroviaire

## Intégration des systèmes d'information et de communication

- G09 **SATIM** : Serveur Vocal d'Accès à la recherche d'ITInéraires Multimodaux en Ile-de-France
- G09 **Chronotachygraphe numérique**. La gestion sociale du transport routier européen à l'ère du numérique

## Projets complexes

- G04 **ARCOS** : Action de Recherche pour une CONduite Sécurisée

## Éclairage des politiques publiques

- G011 **Recomposition intercommunale et enjeux des transports publics en milieu urbain**

## PME

- G09 **IMPACT** : moteur à taux de compression variable de technologie "VCR MCE-5"

## Europe

- G09 **L'électronique embarquée automobile, de AEE à EAST-EEA**

## Thèses

Les enjeux du calcul économique : vers un calcul économique environnemental

## Prix de la francophonie

Contributions à la modélisation totalement désagrégée des interactions entre mobilité urbaine et dynamiques spatiales

# Avant-propos

La mobilité est aujourd'hui au coeur de nos mode de vie, de nos économies, et des enjeux énergétiques et environnementaux, locaux et planétaires. Les progrès technologiques apportent des solutions pour concilier attentes et contraintes, mais rien de durable ne peut s'établir sans régulations socio-politiques adéquates. La recherche est là pour contribuer à ces deux modalités d'action ; elles sont structurantes pour l'activité du Predit et le lecteur de ce "*Livre des projets*" le constatera d'emblée.

Informé, communiquer les résultats des efforts publics, c'est aujourd'hui un devoir impérieux pour le fonctionnement démocratique. Et quoi de mieux que les projets eux-mêmes pour prendre la mesure de l'activité d'un programme de recherche et d'innovation, même si la mi-parcours nous donne à voir autant de projets en cours que de résultats ?

Je me réjouis donc de cette publication qui fait suite à un Carrefour à mi-parcours particulièrement réussi et à une cérémonie de remise des prix qui a fait salle comble. Preuve de l'importance de "l'effet label", dont la valeur tient à la qualité et à la diversité de l'expertise rassemblée dans ce programme.

Je saisis donc l'occasion pour remercier tous ceux qui apportent du temps et de l'énergie à cette dynamique collective et donne rendez-vous en 2008 à tous les acteurs des transports terrestres pour le Carrefour final de ce Predit 3.

**Jean-Louis Léonard,**  
président du Predit

# Introduction

Il est devenu habituel maintenant que le Predit rende compte de son activité devant un public large, à la fois à la mi-parcours et en fin de programme. Ces "Carrefours" sont l'occasion de présenter des résultats et des projets, de discuter les orientations, soit à mi-parcours pour les faire évoluer, soit en fin de programme pour préparer le lancement de l'édition suivante de ce programme quinquennal. Le Carrefour mi-parcours du Predit 3 s'est tenu à Clermont-Ferrand en mars 2005 et a réuni environ 800 experts, participants et exposants. Pour cette édition, un bilan à mi-parcours avait été établi et diffusé aux participants ; le présent ouvrage vient le compléter, pour présenter plus concrètement un ensemble de recherches, celles qui ont été primées ou nommées.

Il s'agit à la fois de projets terminés et de projets en cours mais suffisamment prometteurs pour être mis en relief. 67 projets ont été proposés par les groupes de programmation (les onze "groupes opérationnels") - parmi les quelque 600 projets financés entre 2002 et 2004 - , et les ministères et agences fondateurs du Predit en ont sélectionné 17. La structure de l'ouvrage résulte des 15 catégories de prix attribués, elle-même très proche de la structure thématique ou des enjeux transversaux du programme. On y retrouve :

- les 4 grands domaines d'enjeux que sont la gestion de la mobilité des personnes, la sécurité, l'organisation des transports de marchandises, l'énergie et l'environnement, et les deux grandes finalités du Predit : des connaissances pour les politiques publiques d'une part, des technologies et des services d'autre part ;
- l'enjeu de finaliser les projets sur des recherches utiles aux politiques publiques ;
- l'effort pour mieux concevoir et piloter des projets complexes, regroupant en général un grand nombre d'acteurs ;
- l'importance transversale de l'intégration des technologies de la communication ;
- l'attention à la place des PME, compte-tenu de leur rôle croissant dans les processus d'innovation ;
- le souci de veiller à une imbrication optimale entre les efforts nationaux et les efforts européens.

Compte tenu des efforts de l'Ademe pour les soutiens de thèses et de la Drast pour la promotion d'un réseau francophone de recherche en transports terrestres, deux prix ont été également attribués dans ces domaines.

Au total, le lecteur pourra constater que l'éventail des disciplines est largement ouvert, des sciences humaines et sociales aux technologies les plus pointues, en passant par l'économie, le management ou bien encore la chimie. De même, les méthodes et objectifs sont variés qu'il s'agisse par exemple de modéliser les déplacements urbains, de proposer un nouveau concept de véhicule ou de suggérer une nouvelle approche de la sécurité.

Ces prix ont été remis lors du Carrefour à mi-parcours, en présence du ministre délégué à la recherche, François d'Aubert, du président du Predit, Jean-Louis Léonard, et du directeur délégué d'Oséo anvar, François Gérard.

**Bernard Duhem,**  
secrétaire permanent du Predit

# Mobilité

## CONNAISSANCES ET SERVICES

La mobilité des personnes, c'est-à-dire la possibilité pour chacun de se déplacer dans des conditions satisfaisantes, est devenue un droit. Il est du ressort de la puissance publique que ce droit, comme tous les autres, puisse s'exercer dans le respect des contraintes sociales, économiques et environnementales, dans le cadre d'un développement durable. Il doit également bénéficier du développement des connaissances et de l'avènement de nouveaux services rendu possible grâce à la mise au point et à l'exploitation de nouvelles technologies.

Tels sont les objectifs que les structures de pilotage et de coordination du Predit ont à cœur de satisfaire. Les recherches présentées dans ce chapitre illustrent ces orientations, tant au niveau des "connaissances" relatives à la mobilité qu'à celui du développement des nouveaux "services".

---

### CONNAISSANCES

- **MOBISIM III** : outil d'analyse et d'évaluation des politiques urbaines de transport et d'aménagement
- **SIG** : des Systèmes d'Information Géographique pour les transports : potentialités, perspectives et problématique d'information
- **Politiques de transport et inégalités sociales d'accès**. Analyse comparative d'enquêtes-ménages déplacements françaises et suisses
- **Modes de gestion et efficience des opérateurs dans le secteur des transports urbains de personnes**

### SERVICES

- **RAMPE** : Système interactif d'information auditive pour la mobilité des personnes aveugles dans les transports publics
- **NOCTURNES** : services de mobilités nocturnes en Europe et sur d'autres continents
- **PORTE À PORTE**
- **MOBILURB** : information multimodale pour une assistance informationnelle contextualisée
- **L'AUBETTE** : l'environnement et le temps d'attente du bus à Paris et Rennes

## MOBILITÉ - CONNAISSANCES

# MOBISIM III : outil d'analyse et d'évaluation des politiques urbaines de transport et d'aménagement

Les travaux de recherche **MobiSim III** ont eu pour objet de développer un modèle de simulation pour l'étude prospective de la mobilité urbaine. Cet outil d'aide à la décision permet à des "non-modélisateurs" d'évaluer différents scénarios d'aménagement et de transport.

### Problématique

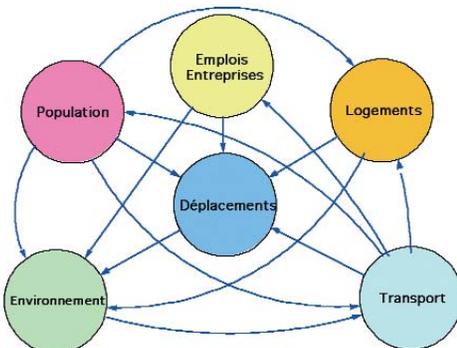


La mobilité urbaine, résultat des interactions complexes entre système de transport et dynamiques spatiales, s'inscrit dans la problématique de nombreux chercheurs et urbanistes.

La mobilité, enjeu stratégique des sociétés modernes, concerne à la fois Etat, collectivités locales et territoriales, autorités organisatrices de transport, transporteurs publics et privés, entreprises et ménages. Les décisions qui influent sur la mobilité, comme les actes d'aménagement du territoire (construction de réseau, implantation d'activité...), l'organisation ou la gestion (actions incitatives, politique tarifaire, réglementation...) devraient s'appuyer sur la connaissance et la compréhension des interactions complexes qui lient chacune des composantes aux autres.

#### MobiSim III

Jeux d'acteurs



**MobiSim III** a été développé dans le but d'obtenir un outil explicatif et didactique d'évaluation de stratégies.

### Objectifs

- Simuler des scénarios de mobilité dans les aires urbaines.
- Eclairer les relations d'interdépendance qui lient les différentes composantes de la mobilité urbaine :
  - évolution démographique et localisation résidentielle,

- dynamique et localisation des entreprises,
  - capacité des réseaux de transport,
  - motifs de déplacement,
  - émissions générées et impact sur l'environnement.
- Simuler les interactions entre les différents acteurs de la mobilité.
  - Servir d'outil de débat public. Modèle ouvert et facilement paramétrable, utilisable à l'occasion de concertations, **MobiSim** est destiné aux collectivités et à leurs structures d'études (Agences d'urbanisme, Services Transport et Infrastructures, Logement...), aux institutions publiques et privées en charge des politiques d'aménagement du territoire (Datar, DRE, DDE) et aux acteurs privés du transport.

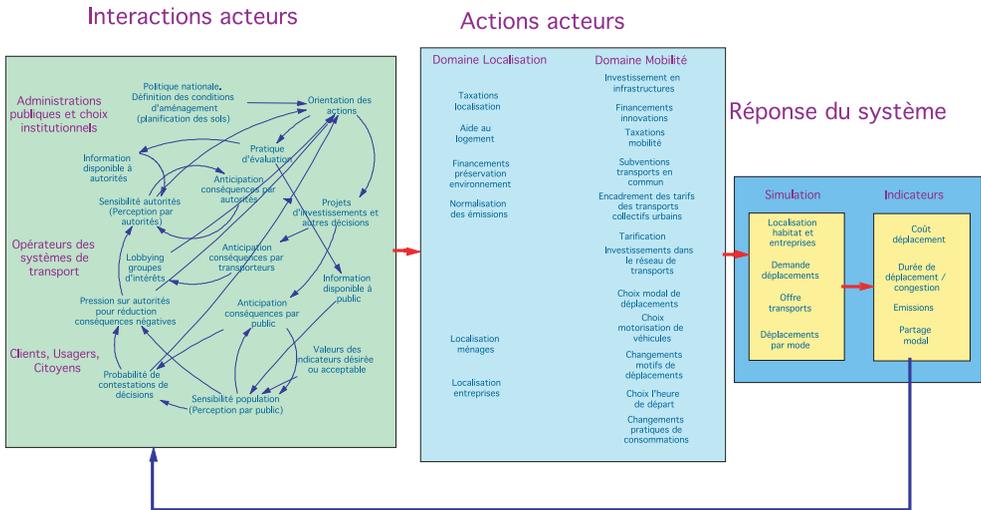
## Processus simulés

**MobiSim III** modélise sur l'aire urbaine découpée en 3 zones (Centre/Banlieue/Périurbain) les processus suivants :

- **Localisation résidentielle.** La population suit les grandes tendances socio-démographiques (vieillesse de la population, diminution de la taille des ménages, motorisation croissante...). Le choix résidentiel (localisation et type d'habitat) est basé sur l'attractivité des zones et influe sur la mobilité.
- **Construction résidentielle et marché immobilier.** Les choix résidentiels des ménages sont contraints par la disponibilité et le prix des logements. Le prix de l'immobilier et la construction de logements neufs sont fonction du rapport entre offre et demande (nombre de ménages).
- **Localisation des emplois.** La dynamique des "emplois de base" est définie par scénarios, tandis que les "emplois induits" évoluent en fonction de la population. Le nombre et la localisation des emplois ont une incidence sur les comportements de mobilité.
- **Déplacements.** Les déplacements de personnes résultent du besoin des ménages à satisfaire un programme d'activités (*travail, école, loisirs, achats/services*). Les zones de destination sont fonction des localisations et des distances à parcourir pour réaliser ces activités. Le modèle estime également les déplacements générés par le transport de marchandises en ville.
- **Choix modal.** Le choix du mode de déplacement motorisé est fonction de l'offre modale (TC/VP), de la durée, du coût et de la commodité du déplacement. Le nombre de déplacements en



## Jeux d'acteurs pris en compte dans MobiSim III



mode doux est fonction de la proximité des logements par rapport aux emplois et services, et du taux de motorisation des ménages.

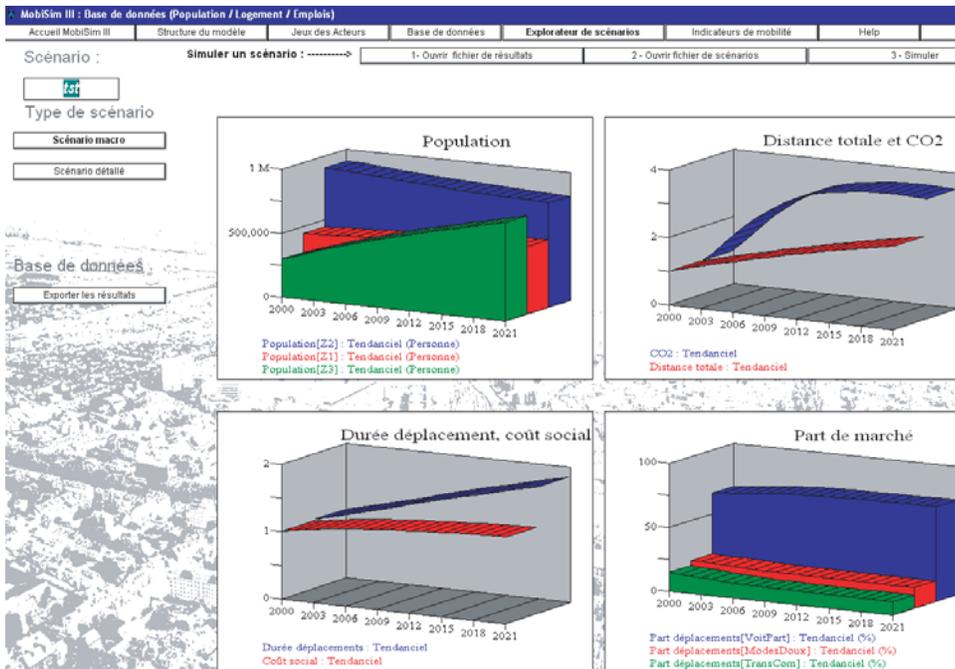
- **Evolution du parc roulant.** Le taux de motorisation des ménages est fonction de la situation économique et de la zone considérée. Le parc VP est segmenté par type de motorisation (diesel/essence) et date de mise en circulation. Le type des voitures neuves suit un scénario de tendance préférentielle.
- **Trafic.** Le réseau routier (capacité des voies inter et intrazonales) est partagé entre les déplacements de personnes et le transport de marchandises. La vitesse de déplacement est estimée par des lois débit/vitesse à partir du trafic généré et de la capacité du réseau.
- **Emissions.** L'évolution du parc roulant (type de motorisation, année de mise en circulation) et la distance totale des déplacements VP simulés permettent de calculer les émissions par zone à partir des courbes AdemeE/Inrets.
- **Jeux d'acteurs : tarification et politique de réduction des émissions CO<sub>2</sub>.** Le modèle présente de manière explicite les mécanismes de financement des transports en commun : taxes fiscales versées par les usagers (TIPP, péage urbain, stationnement), aides et subventions de l'Etat et des collectivités territoriales. La limitation de puissance de motorisation est aussi prise en compte.

## Interface d'utilisateur

Pour faciliter l'utilisation du modèle **MobiSim**, ATN a développé une interface d'utilisateur permettant :

- le paramétrage du modèle, directement ou à partir de bases de données (Access ou Excel),
- la construction et l'évaluation de scénarios,
- les simulations en temps réel,
- l'analyse graphique des résultats de simulations,
- et l'exportation de résultats vers Access ou Excel.

### Interface d'utilisateur du modèle **MobiSim III**



L'**explorateur de scénarios** permet de sélectionner à l'écran quatre types d'hypothèses et d'actions :

- hypothèses socio-économiques,
- actions d'aménagement du territoire,
- politique de transports,
- actions se comportement des acteurs individuels (ménages et usagers de transports).

L'interface présente :

- des graphiques "Indicateurs" représentant l'évolution de 4 indicateurs de mobilité sur 20 ans,

- des variables exogènes sur lesquelles l'utilisateur peut "jouer" pour créer et tester ses propres scénarios,
- une barre d'outils située au-dessus du graphique.

L'explorateur de scénarios fonctionne en simulation "temps réel" : une modification des variables exogènes du modèle entraîne instantanément à l'écran une modification des graphiques affichés, résultats du scénario défini par l'utilisateur.

L'analyse des résultats de simulation peut être effectuée à partir des indicateurs de mobilité, présentés sous forme de tableaux ou de graphiques :

- nombre de déplacements (par zone, motif et mode),
- distance totale parcourue,
- durée de déplacements,
- coûts des déplacements pour les ménages et les collectivités,
- niveaux d'émissions, impact environnemental des déplacements urbains.

Les résultats peuvent également être exportés vers Access ou Excel.

### Limites et perspectives

Des études de sensibilité et la simulation de scénarios contrastés ont montré un comportement raisonnable et cohérent du modèle. MobiSim III permet de tester des scénarios d'orientation des politiques impliquant la mobilité quotidienne et de mieux comprendre leurs effets sur la morphologie et l'organisation urbaines. Les principales limites de **MobiSim III** tiennent :

- au découpage spatial en 3 zones,
- à l'utilisation de relations macroscopiques qui réduit l'influence des mécanismes de comportements individuels des acteurs clés (Ménages, Entreprises),
- à la description agrégée des relations complexes entre acteurs institutionnels et gestion de la mobilité.

Afin de dépasser ces limites, nous développons actuellement une plateforme de simulation multi-agents (**MobiSim SMA**), permettant de prendre en compte le comportement "microscopique" des Ménages et des Entreprises et de faire émerger des interactions permanentes entre urbanisme et déplacements quotidiens le comportement "macroscopique" de la mobilité urbaine.

## Maquette MobiSim SMA : exemple sur l'Agglomération de Lyon

### MobiSim SMA

Agent-based model for  
Transport and Urban  
Dynamics Simulation

[Preview version](#)

#### Statistics

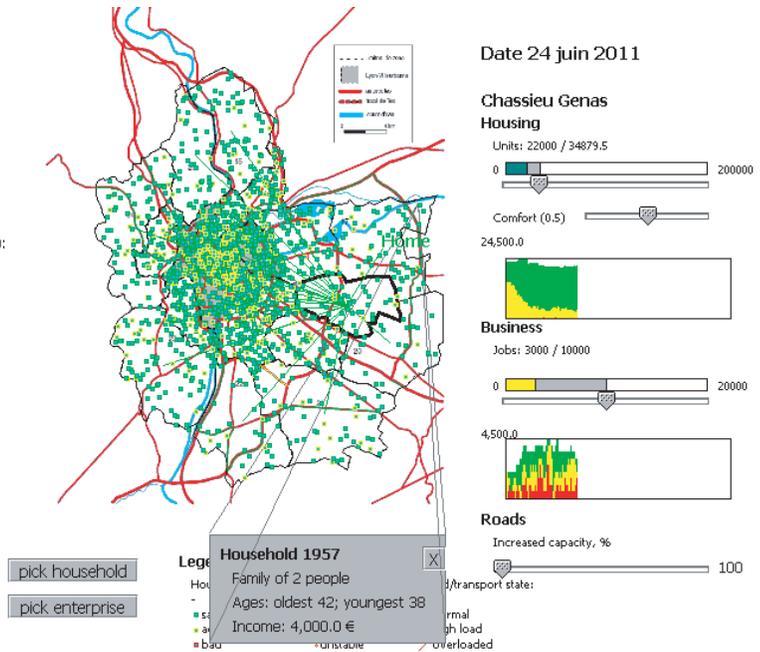
Total car trips distance, % (Km):  
+88.084% (11095174 Km)

CO2 emissions variation, %  
+88.084% of original

#### Parameters

- show map
- show zones
- show autoroutes
- show public transport
- show households
- show entreprises
- show CO2 emission

 **ATN**  
Application de Techniques Nouvelles



- **Financement** : Ministère de l'Équipement (Drast).

### GO 1

Groupe opérationnel : **Mobilité, territoires et développement durable**

**Pilote** : Philippe Casanova - Société ATN,

Tél. : 01 53 40 52 20 - Courriel : [ph.casanova@atn-france.com](mailto:ph.casanova@atn-france.com)

**Contributeurs** : V. Koltchanov - ATN, G. Faburel (Université Paris 12),

Ch. Raux et J.-L. Routhier (LET, CNRS-Université Lyon 2), M. Wiel

## MOBILITÉ - CONNAISSANCES

# SIG : des Systèmes d'Information Géographique pour les transports<sup>1</sup> : potentialités, perspectives et problématique d'information

L'utilisation des Systèmes d'information géographiques dans les études structurelles des transports est encore assez inhabituelle. L'objet de la présente étude est d'analyser les raisons de cet état de fait et de proposer des moyens de remédier à cette situation dommageable.

### Contexte de la recherche :

L'explosion de l'activité transport impose un recours croissant aux nouvelles méthodes et technologies de l'information. Si le domaine de la logistique en démontre chaque jour un usage croissant, il n'en est pas de même dans le domaine des études structurelles des transports. Pourtant les SIG paraissent conçus pour faciliter l'analyse de l'articulation entre réseaux, flux et territoires, mais leur usage se heurte encore à des difficultés d'appropriation par les professionnels du domaine (chercheurs, acteurs économiques ou institutionnels). Cette étude tente d'identifier les nœuds du problème, et tirant parti des diverses expérimentations déjà réalisées, propose des initiatives à prendre pour que ces outils puissent enfin disposer des données indispensables à une valorisation qui paraît de plus en plus relever de l'intérêt général.

### Problématique

D'où vient le sous emploi surprenant des SIG en matière de transports ? Une enquête bibliographique montre que certaines difficultés sont d'ordre culturel, d'autres proviennent des bases d'un raisonnement spatial que les logiciels SIG demandent de maîtriser, d'autres encore d'un manque de protocole d'accord

<sup>1</sup> Les "Systèmes d'Information géographiques" (SIG) sont des ensembles de données localisées, structurées selon leurs propriétés spatiales, sémantiques et fonctionnelles afin d'aider à la compréhension et à la gestion des phénomènes du monde réel à caractère géographique.

sémantique autour de la terminologie transport, enfin la plupart des bases de données disponibles sont défailtantes en termes de géoréférenciation de l'information sur les réseaux. Quelles solutions envisager ? Quels résultats peut-on escompter ?

## Déroulement de l'étude

En premier lieu les aspects conceptuels spécifiques de l'approche géographique **SIG** sont synthétisés (modélisation systémique et systématique des phénomènes sous forme d'un Modèle Conceptuel de Données (MCD), puis comparés à ceux des modélisations de réseau habituellement pratiquées en transport.

Ensuite est abordé le problème que posent les discordances terminologiques entre les différents acteurs du transport. Une logique spatiale est construite pour tenter de structurer des catalogues et dictionnaires de concepts et d'objets transport aisément utilisables par les catégories d'intervenants concernés. Le rôle des MCD (Modèles Conceptuels de Données) fait l'objet d'une large discussion, du fait de leur rôle essentiel dans la construction des applications.

Pour expliciter l'orientation **SIG** des analyses transport, et donc leurs potentialités originales, il est procédé à une revue détaillée des principes de la structuration des données de réseau et des fonctionnalités d'analyse corrélativement offertes par les logiciels de référence (module network d'Arc-Info (ESRI)).

Des exemples d'application faisant varier les thématiques, les échelles, les espaces et les types de réseau sont présentés, sur la base de travaux dont le laboratoire a été auteur ou partenaire (programmes européens) ou qu'il a pu suivre durant la période récente.

## Les résultats

Au plan conceptuel, l'étude montre que les riches potentialités des SIG en transport viennent du fait que les réseaux y sont considérés en inter-relation étroite avec les autres catégories d'objets et de phénomènes constitutifs de l'espace d'exercice du transport, et non en fonction des seules capacités intrinsèques à leur topologie ou à leurs caractéristiques physiques (capacité, nombre de voies, vitesse commerciale ou autorisée etc.).

Au plan pratique, le travail apporte une méthode d'organisation d'un protocole d'inventaire des éléments de la thématique transport, aboutissant à la création de catalogues terminolo-

giques et de dictionnaires de données modulables en fonction des thématiques et des échelles considérées.

Les exemples d'applications thématiques confirment le caractère opérationnel véritable des analyses SIG sur un large éventail de problématiques transport (dessertes spatiales, performance des réseaux, gestion de tournées, accidentologie, accessibilité...), concernant tous les modes, tant dans le domaine du transport de personnes que dans celui du transport de fret.

## Perspectives

En conclusion, l'accent est mis sur l'émergence d'une véritable problématique de l'information localisée transport et donc sur l'urgence d'une nouvelle génération de données réseau. En effet, les bases de données conventionnelles en transport (ex : Sitram), essentiellement orientées vers la perception des échanges entre zones (départements, régions, états), ne renseignent efficacement ni sur les cheminements réels, ni sur les temporalités, ou la nature des flux en circulation. En conséquence, les SIG manquent très généralement de données mobilisables pour étudier la localisation précise des mouvements qui s'opèrent sur les réseaux. Une réflexion multi-partenaire doit être mise en œuvre pour combler cette lacune qui prive les chercheurs et les décideurs d'information pertinente pour nombre de problématiques d'actualité des sociétés contemporaines, dont beaucoup sont appelées à prendre une importance cruciale. Au premier rang de celles-ci se distingue la gestion des risques liés au TMD (Transport de matières dangereuses) au niveau régional, national et européen, dans le contexte des nouveaux plans de réduction à la source des risques industriels, qui ne va pas manquer de reporter sur les réseaux les quantités de substances à risque déconcentrées sur les installations fixes.

- **Financement** : Ministère de l'Équipement (Drast).

### GO 1

Groupe opérationnel : **Mobilité, territoires et développement durable**

**Pilote** : T. Saint-Gérand - Geosyscom FRE 2795 CNRS/Université de Caen

Tél. : 02 31 56 56 99 - Courriel : [saint-gerand@mrsh.unicaen.fr](mailto:saint-gerand@mrsh.unicaen.fr)

## MOBILITÉ - CONNAISSANCES

# Politiques de transport et inégalités sociales d'accès

## Analyse comparative d'enquêtes-ménages déplacements françaises et suisses

**L'objet de cette recherche est de comparer la mobilité quotidienne et son évolution dans des agglomérations françaises et suisses, ainsi que de mettre en évidence les conséquences des politiques des transports qui y sont développées sur les inégalités sociales d'accès.**

La Suisse est souvent présentée comme un exemple de bonnes pratiques en matière de qualité de l'offre de transport public et d'intermodalité. Pourtant, les conséquences des politiques menées dans les agglomérations helvétiques en termes de ségrégation spatiale et d'équité d'accès au centre des villes sont **au centre d'une controverse** : les restrictions de l'accessibilité automobile au centre ville ne se font-elles pas au détriment des catégories sociales les plus modestes, tout en reléguant les familles à l'extérieur ? Inciter les citoyens à utiliser les transports collectifs ne génère-t-il pas des budgets-temps plus importants ?

La présente recherche vise à approfondir ces questions, et a **pour objectif de comparer la mobilité quotidienne et son évolution dans des agglomérations françaises et suisses** (Lyon, Grenoble, Rennes, Strasbourg, Zurich, Berne, Lausanne, Genève), ainsi que de **mettre en évidence les conséquences des politiques des transports menées dans ces agglomérations sur les inégalités sociales d'accès**. En préalable, le projet a visé à réaliser – pour la première fois – une comparabilité statistique entre les données françaises (enquêtes ménages déplacements) et suisses (microrecensement transports).

**Sur le plan des politiques de transports, en comparant les huit villes entre elles**, il ressort que seules Berne et Zurich appliquent très tôt une politique restreignant l'usage de l'automobile et le stationnement (tout en conservant leur réseau de tramway). Si la politique de stationnement est respectée à Zurich, Berne, Strasbourg et Lausanne, les autres villes essaient de renforcer les contrôles.

**Sur le plan de la ségrégation spatiale**, l'analyse montre que les communes d'agglomération accueillant des ménages à revenus élevés sont situées plus près des centres des agglomérations que la moyenne des communes à faibles revenus. On le constate très nettement à Grenoble, Rennes, Strasbourg, Zurich, tandis qu'à Lyon, Genève, et Lausanne, une partie du suburbain concentre les ménages aux revenus modestes.

**Sur le plan de la mobilité enfin**, les résultats vont à l'encontre de certaines idées reçues : même si elle reste globalement élevée, l'utilisation des transports publics est en baisse à Zurich et Berne entre 1994 et 2000, et la part de marché des transports publics est similaire entre Grenoble et Lausanne. Par contre, les agglomérations de Suisse alémanique se caractérisent par une maîtrise des déplacements automobiles dans le suburbain et le périurbain bien meilleure que dans les autres agglomérations étudiées. Concernant les budget-temps individuels, nous constatons une hausse de ceux-ci entre les deux périodes d'analyse, tant pour les transports publics que pour les transports individuels. Par ailleurs, les politiques de stationnement ont eu des effets différents à Berne et Zurich : dans le premier cas, une restriction du stationnement par la réduction des places de parc a lissé les catégories sociales utilisant la voiture pour se rendre au centre ville, alors que dans le second cas, la restriction par le prix élevé du stationnement a conduit à une surreprésentation des catégories sociales supérieures utilisant l'automobile.

Les perspectives ouvertes par ces résultats très brièvement présentés permettent de nuancer les thèses plus ou moins alarmistes présentées en introduction, en offrant une base quantitative comparative dépassant des interprétations basées sur des analyses nationales. L'évolution future des budgets-temps (dont la théorie de la constance au fil des décennies ne semble plus résister à la réalité selon d'autres recherches) reste un élément central dans l'évaluation des effets des politiques publiques.

● **Financement** : Ministère de l'Équipement (Drast).

#### GO 1

Groupe opérationnel : **Mobilité, territoires et développement durable**

**Pilote** : Christophe Jemelin - Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne (Suisse),  
Laboratoire de Sociologie Urbaine (EPFL-Lasur)

Tél. : + 41 21 693 32 96 ou 32 97 - Courriel : christophe.jemelin@epfl.ch

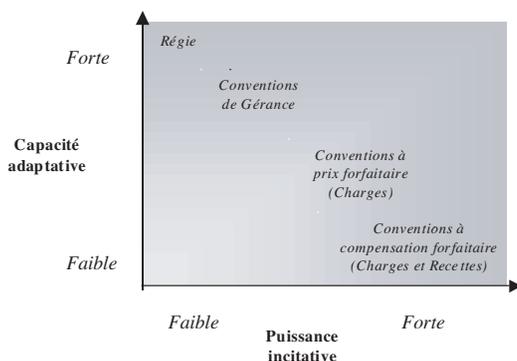
## MOBILITÉ - CONNAISSANCES

# Modes de gestion et efficacité des opérateurs dans le secteur des transports urbains de personnes

**Cette étude met en lumière l'influence du mode de gestion et du type de contrat de délégation sur l'efficacité technique des réseaux de transport urbain.**

Ce rapport, qui résulte de la coopération du centre d'Analyse Théorique des Organisations et des Marchés (Atom) et du Laboratoire d'Economie des Transports (LET), analyse sous l'angle de la théorie des coûts de transaction les modes de gestion alternatifs des services de transports publics urbains en France et propose une estimation de leurs performances relatives mesurées en termes d'efficacité technique. Les résultats obtenus à partir d'un échantillon de 135 réseaux (hors petits réseaux et réseaux disposant de modes lourds), observés sur la période 1995-2002, montrent que le mode de gouvernance et la forme contractuelle retenus influent significativement sur la propension des acteurs du secteur à optimiser la quantité de services fournis.

Le contexte européen actuel de réforme des industries de services publics et les débats sur l'efficacité des partenariats public-privé donnent à l'analyse du modèle français d'organisation de l'offre de transport urbain une acuité particulière. La variété des modes de gouvernance utilisés dans ce secteur permet en effet de comparer les performances de pratiques organisationnelles et contractuelles alternatives et ainsi de répondre aux questions que se posent tant le théoricien que le décideur public.



La première partie du rapport propose une grille d'analyse des modes de gouvernance du secteur, fondée sur les apports de la théorie des coûts de transaction et permettant de mettre en évidence leurs avantages et inconvénients en termes de coûts de production et de contractualisation.

Cette partie propose aussi une étude de l'évolution des choix contractuels

et du détail des contrats de délégation, qui révèle une nette tendance des autorités locales à recourir à des schémas de plus en plus incitatifs.

La seconde partie s'attache à définir et justifier le critère de performance retenu – l'efficacité technique des opérateurs c'est-à-dire l'optimisation des moyens de production à un niveau d'offre donnée - et la méthode d'estimation utilisée - les frontières de production. Ces choix méthodologiques permettent, d'une part d'éviter les problèmes de fiabilité des données financières et d'ambiguïté des ratios généralement utilisés, et d'autre part de se focaliser sur un objectif de performance qui s'impose aussi bien à la gestion publique qu'à la gestion privée.

La troisième partie teste les propositions théoriques avancées dans la partie 1 à partir d'une base de données inédite issue de l'enquête annuelle commune DTT-Certu-Gart-UTP dite des Cahiers Verts et d'une analyse des contrats eux-mêmes.

Les résultats obtenus montrent que les choix du mode de gestion et du type de contrat de délégation ont un impact décisif sur l'intensité d'utilisation des facteurs de production.

Il ressort en effet que les opérateurs privés sont plus efficaces techniquement que les régies et les sociétés d'économie mixte (SEM). Par ailleurs, les SEM apparaissent moins efficaces que les régies.

Les résultats révèlent aussi qu'il n'est pas judicieux pour une autorité désireuse d'améliorer l'efficacité technique de proposer un contrat qui spécifie que l'intégralité des coûts de l'exploitant lui sera remboursée ex post (convention de gérance). De plus, il s'avère que le meilleur choix qu'une autorité puisse faire pour atteindre le niveau le plus élevé d'efficacité technique est de recourir à des conventions de gestion à prix forfaitaire plutôt qu'à des contrats à compensation financière comme le fait une majorité grandissante d'autorités organisatrices.

Ces résultats apportent une contribution à l'évaluation des différents modes de gestion. Toutefois, **la performance des réseaux ne se limite pas à l'efficacité technique des opérateurs** ; d'autres critères sont à prendre en compte tels que l'efficacité commerciale, la qualité du service, les choix d'investissement ou encore les coûts de contractualisation.

● **Financement** : Ministère de l'Équipement (Drast).

#### GO 1

Groupe opérationnel : **Mobilité, territoires et développement durable**

**Pilote** : Luc Baumstark - LET, Université de Lyon 2, ISH

Tél. : 04 72 72 64 41 - Courriel : Luc.Baumstark@let.ish-lyon.cnrs.fr

**Partenaire** : Laboratoire ATOM, Université Paris 1

## MOBILITÉ - SERVICES

# RAMPE : système interactif d'information auditive pour la mobilité des personnes aveugles dans les transports publics

**Rampe** est un système interactif d'assistance et d'information auditive aux personnes aveugles. Il est destiné à équiper les points d'arrêt des transports collectifs (bus, tramway) ou à être installé dans un pôle d'échanges. **Rampe** tire profit de différentes technologies (PDA, WiFi) pour fournir l'information vocale pertinente au bon moment.

### Problématique



Répérer la présence et l'emplacement d'un point d'arrêt (bus ou tramway), connaître les lignes desservies, leurs parcours et horaires, lire un affichage informant du détournement temporaire d'une ligne, apercevoir au loin le numéro du bus arrivant, voilà quelques-unes des tâches qu'accomplit, souvent machinalement en quelques secondes, tout usager avec ses yeux. La personne aveugle ou malvoyante (PAM) peut se trouver dans l'incertitude ou dans l'ignorance de tout ou partie de ces informations surtout lorsqu'elle se trouve sur des sites non familiers ou lorsqu'elle est seule. Quand elle est possible, l'assistance d'autres personnes tente de répondre au plus près de demandes explicites ; elles ne peuvent pas anticiper les intentions ou être exhaustives.

Face à ces difficultés, il n'existe pas à l'heure actuelle de systèmes d'information et d'assistance appropriés.

L'objectif du projet **Rampe** est de développer et expérimenter un système interactif d'assistance et d'information auditive aux personnes aveugles et mal-voyantes pour favoriser leur autonomie et leur mobilité dans les transports publics. Ce système est destiné à équiper les points d'arrêt des transports collectifs (bus, tramway) ou à être installé dans un pôle d'échanges.

### Déroulement de l'étude

Le projet est supporté par la Direction des Transports Terrestres du ministère de l'équipement dans le cadre du programme Predit et du groupe opérationnel 2 sur les services de mobilité et l'accessibilité pour les personnes à mobilité réduite. Il a démarré en janvier 2004.



Débutant le projet, une analyse des stratégies de déplacement des personnes déficientes de la vision et de la diversité des situations auxquelles elles sont confrontées lors de ces déplacements a permis de préciser leur besoin et de définir des scénarios d'utilisation pour les spécifications de l'application.

**Rampe** est constitué de deux parties principales : les équipements aux arrêts (bornes) et le dispositif porté par l'utilisateur. Celui-ci est muni d'un PDA doté d'une application intelligente utilisant une synthèse vocale et communiquant sans fil par WiFi avec les bornes.

L'application sur PDA s'adapte automatiquement au type de système d'information voyageurs (SIV) disponible aux arrêts et réagit aux informations temps-réel. Le système est capable de gérer les situations complexes telles que les sites multi-points d'arrêt ou multi-lignes, les effets de proximité côte à côte ou face-à-face des points d'arrêts, la simultanéité d'utilisation ou d'arrivée de bus.

La borne se signale auditivement pour l'orientation de la PAM, sans gêne pour les riverains.

L'arrêt de bus est situé dans un milieu bruyant, où se croisent personnes et véhicules, c'est-à-dire pour un PAM, un lieu à risque où la vigilance doit être maintenue. Pour éviter toute diffusion passive longue et séquentielle, la conception de l'interface s'est attachée à la réduction du temps et des manipulations pour permettre d'accéder au plus vite et sans digression aux informations pertinentes.

Une attention particulière a été portée à la gestion des priorités temps-réel durant la navigation vocale.

L'interface incorpore une gestion appropriée des clics et du comportement de la borne, afin de prendre en compte ou d'inhiber les effets d'une utilisation liée aux contingences urbaines (abandon en cours d'utilisation due par exemple à une rencontre ou encore une séquence de clics multiples rapprochés en situation de stress).

Autour d'une activité commune importante, le projet, piloté par l'ESIEE, fédère trois partenaires complémentaires :

- le LEI qui a effectué l'analyse des besoins et contribué aux spécifications principalement sur l'interface,
- l'ESIEE qui a contribué aux spécifications techniques de l'application et du système d'information et a développé l'application sur PDA,
- la société Lumiplan travaillant depuis plus de 30 ans avec les autorités organisatrices qui a développé l'application sur la borne en cohérence avec les SIV et effectuera l'implantation aux arrêts dans la dernière phase du projet.

## Résultats

La première phase du projet est terminée. Elle a permis le développement et la validation technique et fonctionnelle des prototypes aussi bien en ce qui concerne le dispositif porté par l'utilisateur que pour les équipements aux arrêts.

**Rampe** tire profit de différentes technologies pour fournir l'information vocale pertinente au bon moment.

Le choix de technologies non spécifiques : PDA d'usage général, WiFi facilitera le déploiement du système et les interactions avec d'autres services.

## Perspectives

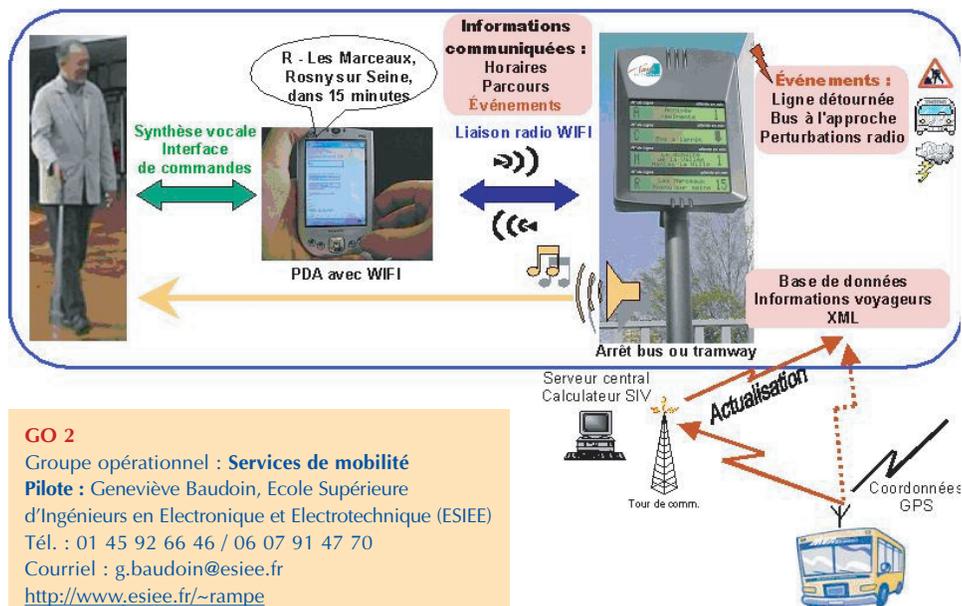
La seconde phase sera consacrée à l'expérimentation in situ sur arrêts de bus en pôles d'échanges avec des collectivités territoriales.

Les aspects normatifs seront étudiés.

L'objectif est de déboucher en fin de phase deux sur des outils concrets et opérationnels qui pourront être mis en place par les collectivités.

- **Financement** : Ministère de l'Équipement (DGMT).

## Architecture générale du système Rampe



### GO 2

Groupe opérationnel : **Services de mobilité**

**Pilote** : Geneviève Baudoin, Ecole Supérieure d'Ingénieurs en Electronique et Electrotechnique (ESIEE)

Tél. : 01 45 92 66 46 / 06 07 91 47 70

Courriel : g.baudoin@esiee.fr

<http://www.esiee.fr/~rampe>

**Partenaires** : Société Lumiplan, LEI Laboratoire d'Ergonomie Informatique - Université Paris 5

## MOBILITÉ - SERVICES

# NOCTURNES : services de mobilités nocturnes en Europe et sur d'autres continents

**Ce travail a pour objet la réalisation d'un état des lieux des mobilités autour des pôles d'activités nocturnes et l'analyse des bonnes pratiques et des services de mobilités expérimentés, des réussites et des échecs tant en milieu urbain que rural et quelle que soit la configuration urbaine centralisée ou polycentrique.**

### Objectif et étapes du projet

Observer et analyser des systèmes de mobilité nocturne innovants. Les expériences internationales les plus innovantes pourront être transférées et adaptées localement en fonction des résultats de l'étude et des caractéristiques fortes du territoire.

Sensibiliser à la thématique des mobilités nocturnes par la création d'un site Internet interactif en 4 langues présentant le programme ([www.u-night.org](http://www.u-night.org)) et par des présentations publiques du projet.

Valoriser lors du 1<sup>er</sup> "Forum international sur les mobilités nocturnes" les 23 et 24 avril 2004 à Rome pour construire un réseau européen de spécialistes qui a réuni plus de 300 experts, chercheurs, entreprises et collectivités à travers le monde.

### Problématique

Progressivement, les activités humaines se déploient vers la nuit et recomposent un nouvel espace de travail et de loisirs qui exige une offre de services de mobilité quasi-permanente à laquelle nos organisations n'étaient pas toujours préparées.

Afin de répondre à ces évolutions, de nouveaux services de transport se mettent progressivement en place dans nos villes. Pour la première fois, avec le soutien du Predit, la Maison du Temps et de la Mobilité de Belfort-Montbéliard lance une enquête internationale auprès d'une centaine de villes sur les services de mobilité nocturne permettant de saisir l'ampleur des transformations, de croiser les expériences et de mettre en commun les avancées et les problèmes rencontrés. L'objectif est de mieux appréhender l'évolution de l'offre et de la demande, d'identifier les expériences mises en place et d'inscrire la question des mobilités nocturnes dans le cadre d'une réflexion plus large sur la ville la nuit.

## Déroulement de l'étude

### Disposer d'un panorama d'expériences européennes

Diverses initiatives ont été développées afin de capitaliser les expériences menées en Europe.

#### - Enquête internationale sur l'offre de services de mobilités nocturnes

Elle est rédigée en 7 langues, à destination de 900 interlocuteurs identifiés dans plus de 270 villes (collectivités, transporteurs locaux, universités/laboratoires de recherche, associations) sur les axes de recherche suivants : transports, autres services, réseau international et perception culturelle de la nuit.

#### - Identification d'opérations de transports nocturnes innovants

52 expériences de services de transports nocturnes ont été identifiées en Europe et dans le monde.

### Créer un réseau d'experts spécialisés sur ces thématiques

Afin de rassembler les experts de la question et jeter les bases d'un réseau structurant cette communauté, un Forum de sensibilisation a été organisé à Rome les 23 et 24 avril 2004.

## Les résultats

Outre une meilleure connaissance des mobilités nocturnes, cette recherche a d'ores et déjà abouti à deux premiers résultats concrets :

- le lancement d'un réseau international des experts basé sur le partage d'expériences innovantes, le montage de projets,
- la création d'un premier "Observatoire de la Nuit", à Bruxelles, en mars 2005, sur les problématiques urbaines nocturnes.

## Perspectives

La rédaction d'une synthèse générale sur l'offre de services de mobilité nocturne marquera l'aboutissement du travail.

- **Financement** : Ministère de l'Équipement (DGMT).

### GO 2

Groupe opérationnel : **Services de mobilité**

**Pilote** : M. Gwiazdzinski - Directeur de la Maison du Temps et de la Mobilité de Belfort-Montbéliard, Emilie Blondy - Chargée de mission

Tél. : 03 84 90 17 00 - Courriel : [emilie.blondy@maisondutemps.asso.fr](mailto:emilie.blondy@maisondutemps.asso.fr)

[www.maisondutemps.asso.fr](http://www.maisondutemps.asso.fr) Site du Projet "Nocturnes" : [www.u-night.org](http://www.u-night.org)

## MOBILITÉ - SERVICES

# Porte à porte

La région SNCF de Tours expérimente depuis décembre 2003 un système novateur d'organisation et de coordination des transports pour les Personnes à Mobilité Réduite. Ce service repose principalement sur la mise en place d'un centre d'appel et en un ensemble de partenariats entre transporteurs et collectivités.

La région de Tours, 1<sup>ère</sup> région SNCF à avoir planifié un réseau de gares accessibles aux personnes en situation de handicap, expérimente depuis décembre 2003 un système novateur d'organisation et de coordination des transports pour les Personnes à Mobilité Réduite (PMR). Ce service repose principalement sur la mise en place d'un centre d'appel et en un ensemble de partenariats entre transporteurs et collectivités. Cofinancé par le Predit, il a pour but de faciliter les démarches des personnes lourdement handicapées souhaitant organiser leur voyage d'un point précis à l'autre en empruntant différents modes de transport dont le train. Le but est donc de **lisser la chaîne de transport en offrant un meilleur service.**



En effet, actuellement, lorsqu'une personne handicapée souhaite voyager, elle doit effectuer de nombreuses démarches : En premier lieu contacter la SNCF pour s'informer et réserver son voyage, ensuite contacter un transporteur spécialisé pour l'emmener de son domicile à la gare de départ, puis un autre transport adapté pour le trajet de la gare à sa destination finale, avec le risque de tout avoir à recommencer si l'un des transporteurs est défaillant. Avec le service de transport "porte à porte", la PMR n'a plus qu'un seul appel à effectuer (aide d'autant précieuse quant, notamment, le handicap rend l'expression orale difficile) pour que l'ensemble de son voyage soit organisé, le Centre d'appels assurant l'assemblage complet du voyage garantissant ainsi la prise en charge du voyageur en situation de handicap.

## Les descriptions du service

Ce service comporte huit étapes principales :

- la PMR appelle le centre d'appel via un numéro indigo : 0825 387 584 (0.15€/min)
- lors de son premier appel, la PMR est invitée à donner des précisions concernant son handicap (fauteuil électrique, manuel...). Elle n'aura pas ainsi à le préciser à chaque appel. L'opérateur enregistre le profil de la personne dans une base de données ainsi que le souhait de déplacement exprimé par la PMR.
- les opérateurs contactent ensuite la SNCF via une ligne directe pour réserver la place handicapée
- puis, contactent également les transporteurs spécialisés afin de déterminer les horaires de la prise en charge de la PMR et trouver un créneau de possibilités (en fonction des contraintes horaires et de trafic).
- une fois le trajet planifié en totalité, l'opérateur rappelle le client pour l'informer des horaires des différentes étapes de son déplacement et le valide avec la PMR
- l'opérateur envoie ensuite une feuille de route (FDR) à la PMR
- Cette FDR est aussi envoyée aux prestataires de transports adaptés afin de récapituler le voyage et de "contractualiser" la prise en charge de la PMR
- enfin, l'opérateur informe les escales en gare des horaires et du type d'assistance nécessaire afin d'accueillir dans les meilleures conditions la PMR dès son arrivée en gare
- les services d'escales en gare, entre eux, valident les prises en charges des clients PMR via les traditionnelles dépêches.

Ce principe d'organisation centralisée, dit de "porte à porte", est gratuit pour les utilisateurs, seules restent payantes les prestations habituelles de transport (Prix de la course véhicules adaptés et billets de trains) et l'appel téléphonique (0,15 €).

Initialement prévue pour une durée d'un an cette expérience a été prolongée de 6 mois avec l'accord du Predit afin de mieux en apprécier la pertinence. A ce jour les destinations proposées sont les villes de Tours, Chinon, Angers, Poitiers, Blois, Orléans, Paris, Marne-la-Vallée, Lille et Bruxelles.

### Les points forts du dispositif :

La planification centralisée par notre opérateur a permis des avancées certaines :

#### Pour les PMR :

- bien que la fréquentation du service n'ait pas donné lieu à des flux de voyageurs importants, les avis recueillis auprès des per-

sonnes handicapées et de leurs associations (APF, AVH) ont été extrêmement positifs, ce qui permet de légitimer en grande partie notre démarche.

- le transport public pour les handicapés peut être uniformisé (sauf cas de restrictions : Paris, Lyon, Nantes) et rendu plus accessible grâce aux efforts consentis sur les tarifications (Tours, Angers, Bruxelles).
- le rebouclage effectué auprès des transporteurs le jour du voyage réduit considérablement le risque “d’incidents de parcours” tant redoutés par les PMR.

#### **Pour les transporteurs :**

- l’anticipation du voyage permet à chaque transporteur de mieux planifier son service (gestion prévisionnelle) et donc d’offrir une prestation fiable et de qualité. Par ailleurs, cette organisation permet d’améliorer les interfaces : en effet, même si chaque transporteur réalise très bien sa propre mission, le point de faiblesse se situe invariablement au passage d’un transporteur à l’autre.
- la mise en œuvre, *centralisée*, de tous les acteurs de la chaîne des transports lisse le voyage multimodal.
- la régulation des flux de voyageurs handicapés, via un centre d’appels, en fonction des capacités des transports urbains dans chacune des villes (exemples :
  1. Blois n’a qu’un véhicule,
  2. les transports bruxellois préféraient effectuer les prestations en dehors des heures de pointe).
- la régulation du nombre de passagers en fauteuil, par exemple en TER où, normalement, il n’existe pas de système de réservation.
- la possibilité de création de nouveaux services associés à l’offre classique de transport.

- **Financement** : Ministère de l’Équipement (DGMT).

#### **GO 2**

Groupe opérationnel : **Services de mobilité**

**Pilote** : Patrick Privard - SNCF, Correspondant Régional de la Mission “Voyageurs handicapés”

Tél. : 02 47 32 16 13 ou 02 47 32 15 61

Courriel : [patrick.privard@sncf.fr](mailto:patrick.privard@sncf.fr) ou [porte-a-porte@sncf.fr](mailto:porte-a-porte@sncf.fr)

**Partenaires** : EFFIA (Filiale de la SNCF), SYNERGIHP Tours (et l’agglomération), CLH Angers (agglomération), TPMR Semois Orléans (et l’agglomération), TLV Transpole Lille (et l’agglomération), Handibus Poitiers (et l’agglomération), STIB Handibus Bruxelles (et l’agglomération), Trans’espace Blois, Les transporteurs privés parisiens (Tady, Atagh...), Disneyland Resort Paris, Passerelle Air France Roissy

## MOBILITÉ - SERVICES

# MOBILURB : information multimodale pour une assistance informationnelle contextualisée

Cette étude consiste en la définition, d'un point de vue fonctionnel, d'un support d'aide à la navigation des automobilistes et des usagers des transports en commun. En situation perturbée, cet outil doit pouvoir être utilisé comme outil d'aide à la décision.

### Objectif

Notre projet a consisté à définir les propriétés informationnelles d'un support d'aide à la navigation multimodale appelé **MobilUrb**. Cet outil doit pouvoir se transformer en outil d'aide à la décision, en cas de situation de crise.

### La méthode

L'étude a porté sur le suivi en situation de parcours de 60 personnes (30 automobilistes et 30 usagers des transports collectifs). Tels des détectives, nous avons pris en filature ces voyageurs afin de recueillir des données sur leurs modes de navigation et sur les tactiques déployées pour contrer les perturbations rencontrées. Certaines personnes ont été suivies à deux reprises pour analyser les modifications de comportement en situation perturbée (provoquée par nos soins ou parfois observée à chaud). Le site d'observation était le trajet Noisy-le-Grand/Paris, de façon à bénéficier d'une situation d'offre alternative réelle à l'automobile. Les observations ont toutes été filmées en vidéo et transcrites intégralement.

#### Analyse des informations recueillies

A partir de ces observations, nous avons défini :

- les compétences cognitives et les ressources (matérielles et immatérielles) que le voyageur mobilise, qu'il a déjà incorporées pour construire son déplacement tant en situation ordinaire qu'en situation perturbée,
- les styles de navigation des automobilistes (routier, cartographe, explorateur et désorienté) ainsi que des usagers des transports collectifs (renard, araignée, dauphin et taupe – voir fiche du projet Aubette dans ce même ouvrage).

## Convergence Automobile et Transports collectifs

Nous avons souhaité rapprocher les profils automobile et transports collectifs pour étudier une convergence potentielle entre les deux univers aujourd'hui disjoints. Il s'avère que la description des styles de conduite d'automobilistes vient se superposer aux styles de navigation des voyageurs en transports collectifs :

- Le renard et le routier détiennent une véritable intelligence du réseau. Ils ont su développé des tactiques pour éviter de se laisser piéger dans les mailles du réseau. Ils sont donc très autonomes et entretiennent un rapport performant au territoire.
- L'araignée et le cartographe ne circulent jamais sans leurs instruments de bord (carte, plan...). Ils entretiennent donc un rapport instrumental au territoire.
- Le dauphin et l'explorateur entretiennent un rapport ludique au territoire. Ils savent jongler avec l'information et se saisissent des opportunités pour ajuster en temps réel leur déplacement.
- La taupe et le conducteur désorienté souffrent du syndrome de saturation cognitive. Ils n'arrivent pas à déchiffrer l'information pour pouvoir construire un plan alternatif en cas de perturbation. Le territoire sur lequel il circule devient progressivement illisible.

Cette analyse construite sur des univers de pratique et des compétences cognitives du voyageur nous permet donc d'imaginer des services à la mobilité communs à ces deux mondes, pour faire en sorte que l'outil **MobilUrb** devienne un "facilitateur" de l'intermodalité.

### L'aide à la navigation : le boîtier **MobilUrb**

L'idée consiste à faire varier le degré d'intervention du système d'aide à la navigation pour que l'outil s'ajuste à la fois aux compétences cognitives de l'utilisateur et à la situation de mobilité. A ce titre, nous avons distingué quatre niveaux d'intervention :

1. Le **mode passif** : **MobilUrb** fournirait de l'aide uniquement sur demande aux voyageurs. Ce mode correspond au voyageur qui souhaite conserver sa liberté de circulation, de manœuvre.
2. Le **mode pro-actif** : le terminal, en fonction des interventions qu'il recevrait et des informations qu'il capterait via le GPS, se déclencherait automatiquement en situation de crise pour offrir des solutions alternatives. Le voyageur déciderait ou non de se saisir ces nouvelles opportunités qui s'offrent à lui. A tout instant, il pourrait se débrancher pour retrouver son autonomie.
3. Le **mode tutoriel** guiderait le voyageur de bout en bout. **MobilUrb** prendrait en charge le déplacement du voyageur, téléguidé à dis-

tance par l'intermédiaire des informations qui lui parviendraient en temps réel. Ce mode satisferait les voyageurs accoutumés à suivre à la lettre un plan d'action.

4. Le **mode assistant personnel de voyage** (ou appel de détresse) consisterait à être piloté par la centrale de mobilité en ayant recours à l'aide d'une personne physique qui indiquerait le chemin et rassurerait la personne. C'est le degré d'intervention le plus élevé.

Cependant, si nos travaux permettent de satisfaire les quatre profils, nous pensons qu'il faut s'adresser prioritairement aux "cartographes" et aux "conducteurs désorientés" qui sont les personnes les plus désarmées en situation de perturbation. Ces deux profils nous semblent plus sensibles à un système d'aide à la navigation qui puisse optimiser leurs déplacements et leur permettre de gérer l'incertitude. De plus, moins attachés affectivement à leurs voitures, ils sont davantage réceptifs à cette idée de pouvoir changer leurs habitudes, leurs comportements modaux, et, au final, d'opter pour les transports collectifs.

## Perspectives

Il apparaît intéressant de concevoir technologiquement le boîtier **MobilUrb** et de le tester, soit dans le cadre d'expérimentations au sein d'un laboratoire d'usage, soit dans un contexte de terrain, au sein d'un réseau de transport multimodal.

- **Financement** : Ministère de l'Équipement (DGMT).

### GO 2

Groupe opérationnel : **Services de mobilité**

**Pilote** : Stéphane Juguet - Tél. : 06 14 82 37 11 - Courriel : enigmatk@wanadoo.fr

**Partenaires** : Laboratoire Lutin, Université de Technologie de Compiègne, laboratoire ESTAS Inrets centre de Villeneuve-d'Ascq, Laboratoire LVMT Inrets, Marne-La-Vallée

MOBILITÉ - SERVICES

# L'AUBETTE : l'environnement et le temps d'attente du bus à Paris et Rennes

**Quoi de plus ordinaire et de plus insignifiant qu'un espace d'attente destiné au bus ? Ces lieux souvent déqualifiés constituent pourtant les portes d'entrée du réseau de transport collectif. Tels des détectives ou des entomologistes, les anthropologues Stéphane Chevrier et Stéphane Juguet ont pris le parti d'observer à la loupe ces "écosystèmes urbains" pour mieux les comprendre. À partir de ces observations, ils ont construit un bestiaire présentant la diversité des voyageurs fréquentant ces lieux eux-mêmes très divers.**

Notre quotidien est fait de mille habitudes insignifiantes, de savoir-faire très ordinaires auxquels nous n'accordons, le plus souvent, aucune importance tant ils semblent naturels. Ces habitudes incorporées sont devenues étrangement invisibles. Elles sont inscrites dans notre chair et dans la matérialité des objets techniques qui encadrent nos pratiques. Elles guident nos pas, nous permettant ainsi de nous déplacer sans même y penser. Pourtant, il suffit qu'une panne, un oubli ou un accident survienne pour que, soudain, nous basculions dans l'incertitude et le doute. Lorsque de telles situations se produisent, nous sommes face à l'obligation de "reprenre la main", de mobiliser des ressources cognitives nouvelles, d'opérer un détour réflexif pour construire des plans d'action de rechange. Mais, la panique ou la peur bloque parfois notre capacité à recomposer de tels plans pour faire face à l'urgence. Ces situations de panne ou de crise soulignent l'importance de ces micros savoirs qui font tenir notre quotidien et révèlent les compétences cognitives mobilisées par les personnes pour construire des plans d'action d'urgence. Ces situations de crise permettent aussi d'apprécier les qualités ou les faiblesses d'un dispositif ou d'un service.

Cette réflexion théorique, issue de la sociologie des sciences et des techniques et de l'anthropologie cognitive, a servi de cadre à une recherche réalisée auprès des clients du bus à Paris et à Rennes. Quels objets, quels savoir-faire, quelles compétences cognitives les voyageurs mobilisent-ils au quotidien ou en situation perturbée pour construire le programme de leur déplacement ? De manière plus précise, cette recherche avait pour ambition d'étudier, d'un point de vue anthropologique, l'importance des espaces d'attente dans cette

chaîne de déplacement. Ces espaces constituent-ils une ressource pour le voyageur ?

L'examen de ces pratiques de déplacement nous a permis d'identifier quatre figures, quatre idéaux types au sens wébérien. Cette typologie n'est pas construite sur les catégories sociales (âge, sexe, CSP) habituellement utilisées dans le domaine du transport, mais bien sur les capacités cognitives de la personne placée en situation perturbée.

- **Le renard** est un voyageur futé qui considère le réseau comme son territoire. Il le connaît "comme sa poche". Guidé par une logique performantielle, le renard fait preuve de ruse pour déjouer les "mauvais plans" et déploie de nombreuses tactiques pour "rentabiliser" son voyage. Les ressources qu'il mobilise pour construire son déplacement se trouvent sur place, distribuées dans l'environnement urbain. L'attente, pour lui, est un piège qu'il faut savoir contourner d'où l'intérêt d'anticiper, de planifier son déplacement pour éviter de se laisser enfermer dans les mailles du réseau. Ayant incorporé les modes d'emploi du réseau, le renard pilote en mode automatique.
- **Le dauphin**, qui voyage léger, sans boussole (plan, guide, montre...), se laisse bercer par les flux, surfe sur le réseau comme un poisson dans l'eau, circule à haut débit. Son parcours d'action ressemble à une arborescence, à une succession de sites et d'embranchements qu'il visite au fil de l'eau. Cet aventurier, en quête de découverte et de sensation forte, se perd quelquefois dans le réseau urbain. Il doit rebrousser chemin. Qu'importe ! La ville offre de nombreuses opportunités qu'il faut rapidement identifier et saisir. L'ajustement de son parcours d'action s'effectue en temps réel. L'attente est perçue comme un temps pour faire le plein d'énergie et laisser libre cours à son imagination, bref, s'oxygéner et déambuler. Le dauphin circule en roue libre.
- **La taupe** est aveugle. L'espace urbain, pour elle, est illisible. Incapable d'utiliser les ressources distribuées dans l'espace (signalétique, plan de quartier...) pour mettre en œuvre un plan d'action, elle n'a pas, contrairement au renard, incorporé les modes d'emploi du réseau. La taupe, dans un contexte urbain perturbé, se sent désœuvrée, laissée à l'abandon... Elle réclame de l'assistance humaine. Anxieuse, elle finit par s'agiter dans tous les sens, tourne en rond et revendique une prise en charge totale. L'espace d'attente, perçue comme un environnement stable, est un lieu de détente, de repos, un havre de paix. Une fois sur place, son corps se relâche, son esprit déconnecte. La taupe pilote en mode dégradé.
- **L'araignée** est un voyageur prévoyant qui ne circule pas sur le réseau sans filet de protection. Elle se caractérise par sa "raison graphique" qui lui permet de visualiser son déplacement et de tracer

au sens propre du terme son parcours sur un support papier. Les instruments de bord qui encadrent son déplacement (carte, plan, guide...) lui permettent de ne pas lâcher prise avec le territoire et de conserver ces repères in situ. Ces outils embarqués de navigation et d'orientation lui permettent de gagner en autonomie. L'araignée co-pilote en mode assisté. Effectivement, ces outils, en raison de leur malléabilité et de leur format de poche, l'assistent au fil... de son voyage.

Pour construire leur déplacement en situation ordinaire ou perturbée ces différentes figures n'expriment pas les mêmes attentes et les mêmes besoins. À chacune de ces figures correspondent des services. Il est ainsi possible de décliner ces figures en un ensemble de services disponibles le long de la chaîne de déplacement. Un certain nombre de ces services pourraient trouver place au sein des espaces d'attente.

### Valorisation :

Cette étude a fait l'objet d'une publication : Stéphane Chevrier, Stéphane Juguet, "Arrêt Demandé : réflexion anthropologique sur la pratique des temps et des espaces d'attente du bus", Enigmatek Ed°, Paris, 2003

- **Financement** : Ministère de l'Équipement (DGMT).

#### GO 2

Groupe opérationnel : **Services de mobilité**

**Pilotes** : Stéphane Chevrier - LARES, Université de Rennes 2.

Courriel : [stephane.chevrier@uhb.fr](mailto:stephane.chevrier@uhb.fr)

Stéphane Juguet - COSTECH, Université de Compiègne.

Courriel : [enigmatek@wanadoo.fr](mailto:enigmatek@wanadoo.fr)

Partenaires : Groupe Kéolis – STAR (Rennes), RATP (mission prospective)

# Sécurité

## CONNAISSANCES ET TECHNOLOGIES

La sécurité des transports, notamment la sécurité routière, fait aujourd'hui partie des grandes causes nationales. Les pouvoirs publics ont développé et appliqué une politique rigoureuse dans ce domaine et des résultats significatifs ont été obtenus.

Malgré leur efficacité présente, les dispositifs en vigueur doivent être encore améliorés et des problèmes résiduels doivent être résolus. Des connaissances complémentaires sur l'accidentologie, les comportements des conducteurs, leurs relations avec diverses conditions liées à la santé, l'appréhension de l'environnement, l'éducation à la sécurité... doivent être accumulées. Parallèlement, de nouvelles technologies doivent être développées pour, d'une part, minimiser les risques d'accidents en améliorant la sûreté des systèmes et, d'autre part, assister le conducteur dans les circonstances les plus difficiles, soit par l'information soit, de façon rare, en se substituant à lui en cas de défaillance ou de prise de mauvaises décisions.

Cette démarche est maintenant interdisciplinaire : elle s'accompagne d'une très forte interaction entre le domaine des "connaissances" et celui de la "technologie". Les nouveaux systèmes développés sont en effet complexes et il faut intervenir, au-delà de la technologie, des aspects de sciences humaines relatives aux études de comportement et d'acceptabilité de contraintes nouvelles.

### CONNAISSANCES

- **RESPONS** • **ESPARR** : Étude de Suivi d'une Population d'Accidentés de la Route dans le Rhône • Acteurs de la sécurité routière : vers un état des lieux des connaissances
- **DSRR** : Développement Social et Sécurité Routière
- **NAOS** : nouvelle approche organisationnelle de la sécurité

### TECHNOLOGIES

- **SUMOTORI** • **PUVAME** : Protection des Usagers Vulnérables par Alarmes ou Manœuvres d'Évitement • **RIDER** : Recherche sur les accidents Impliquant un Deux-Roues motorisé
- **ALZIRA** : Alerte Locale et personnalisé en Zone à Importants Risques d'Accidents
- **ACTEURS** : Améliorer le Couplage Tunnels/Exploitants/Usagers pour Renforcer la Sécurité

## SÉCURITÉ - CONNAISSANCES

# RESPONS

### La mise en cause de la responsabilité des auteurs indirects : un levier pour une réelle prise en compte de la sécurité des déplacements par les décideurs publics ?



On a observé dans les années 1990 une judiciarisation de certains risques (risques sanitaires avec l'affaire du sang contaminé, celle de l'amiante ou de la maladie de Creutzfeld-Jacob,...) mettant en cause décideurs et agents publics. Ce phénomène a produit des mécanismes pour modifier les dispositions relatives aux infractions non intentionnelles. D'autre part, à la fin des ces années 1990, on constatait toujours la difficulté pour le risque routier à être inscrit durablement à l'agenda et à être considéré comme une réelle préoccupation publique, impliquant la responsabilité de tous les acteurs de la sécurité routière et pas exclusivement celle des conducteurs.

Considérant ces constats et à la quête de nouveaux leviers pour redéployer la prise en charge de l'insécurité routière, une nouvelle question de recherche a été énoncée, de manière abrupte : *La mise en cause de la responsabilité des auteurs indirects peut-elle constituer un levier pour une réelle prise en compte de la sécurité des déplacements par les décideurs publics ?*

#### Problématique

Cette question a été reformulée à l'issue d'une année de recherche : la seule crainte de la judiciarisation du risque routier ne contribue-t-elle pas à une prise en charge différente de l'insécurité routière ?

La réflexion a été articulée autour de deux hypothèses : l'insécurité routière est un secteur des risques propice au développement d'un mécanisme de judiciarisation. La crainte de cette judiciarisation peut contribuer à la reconfiguration des modalités de prise en charge du problème, au bénéfice de la sécurité.

Dans le premier volet, on constate que les politiques de sécurité routière n'ont pas la même teneur selon l'élément du système "conducteur – environnement – véhicule" auquel elles s'intéressent. Dans un cas, elles visent un comportement, une faute pénale qui a vocation à être réprimée en toutes circonstances. Dans l'autre, elles cherchent, dans un processus étalé dans le temps, à intégrer une culture sécurité routière dans des pratiques professionnelles. Mais certains acteurs, lassés de ne pas voir les connaissances en sécurité se diffuser rapidement dans l'ac-

tion, vont peut-être se tourner vers une judiciarisation dont la crainte peut permettre une accélération des processus de sécurisation.

C'est pourquoi le second volet étudie les effets de la crainte du risque pénal dans le domaine du risque routier. Au surplus, en deçà d'une procédure judiciaire, la condamnation médiatique ou les procédures contentieuses devant un juge administratif sont aussi des éléments pénalisant dans le vécu d'un élu ou d'un agent public. Ce "spectre" du risque pénal peut certes produire des réactions de protection, mais il peut en même temps conduire à la mise en place de dispositifs sécurisés, à un renforcement des formations, à une meilleure diffusion des connaissances... Différentes pistes explorées montrent ainsi la construction progressive de nouvelles modalités de prise en charge du risque routier.

### Déroulement de la recherche

Le travail s'appuie sur une exploitation des matériaux classiques du droit. Ces sources, au-delà de l'analyse juridique, fournissent des pistes de réflexion sur la crainte du risque pénal, la judiciarisation du risque routier et sur les modalités de prise en charge de l'insécurité. Celles-ci sont également appréhendées à l'aide des ressources spécifiques à la sécurité routière. Sont ainsi utilisées plusieurs types de données :

- sources législatives et réglementaires, travaux parlementaires, circulaires et instructions, jurisprudences pénale et administrative, doctrine ;
- dossiers contentieux dans lesquels sont mis en cause des agents publics, entretiens, comptes-rendus des comités interministériels de sécurité routière, dossiers de presse, dossiers concernant le contrôle de sécurité des infrastructures, littérature produite à propos de la sécurité routière...

Concrètement, plusieurs pistes sont suivies :

- accidents de la route présentant des liens avec un problème d'infrastructure, du point de vue de la gestion du risque et du retour d'expérience,
- affaires médiatisées porteuses de judiciarisation du risque routier : accident de 1999 dans le tunnel du Mont Blanc, dossier de l'API-VIR (Association Pour l'Interdiction des Véhicules Inutilement Rapides), par exemple,
- sécurité aux points d'arrêts scolaires,
- contrôle de sécurité des infrastructures routières (du livre Blanc de 1989 à la mise en place du programme Management et pratiques de sécurité routière par le ministère de l'équipement en passant par les débats parlementaires sur l'amendement Dosière dans la 1<sup>ère</sup> loi Gayssot, du 18 juin 1999 relative à la sécurité routière).

## Premiers résultats



Le travail est en cours, mais on peut déjà préciser :

- que le risque pénal invoqué tient plus à la crainte de sa survenance qu'à la réalité judiciaire,
- mais que cette crainte tient une place suffisamment importante dans l'esprit des intéressés, et notamment des décideurs, pour avoir joué un rôle dans l'évolution des processus de sécurisation, parfois comme une impulsion, parfois comme un frein.

C'est ainsi, par exemple, que le risque pénal a été moteur dans la sécurisation des points d'arrêts scolaires à la suite d'un accident mortel ayant donné lieu à la condamnation pénale d'un département (décision ensuite cassée par la chambre criminelle).

En revanche, la crainte du risque pénal a provoqué le rejet d'un amendement visant à introduire un contrôle de sécurité des infrastructures existantes, dans la loi Gayssot de 1999 déjà évoquée. Cependant, le processus engagé produit progressivement des effets positifs pour la construction d'une culture de la sécurité chez les professionnels.

## Perspectives

Les différentes sources citées ont été recensées, répertoriées. L'analyse du corpus constitué sera finalisé sous forme de rapport au GO3.

Les travaux serviront également de support pour réaliser des documents de synthèse à l'attention des services opérationnels (fiches juridiques, brèves de jurisprudences par exemple).

A terme, il s'agit aussi de réfléchir à un nouveau mode de régulation du risque routier. Sans pour autant nier la responsabilité des conducteurs ou rechercher une pénalisation systématique et sans discernement de tout manquement d'un professionnel à des règles de sécurité ou de prudence (règles juridiques ou règles de l'art), il s'agit de ne plus considérer le conducteur comme cible exclusive de l'action publique et d'étendre le champ de la responsabilité à l'ensemble des acteurs de la sécurité routière, chacun contribuant, pour sa part, à produire l'insécurité et ses conséquences dommageables.

- **Financement** : Ministère de l'Équipement (Drast).

### GO 3

Groupe opérationnel : **Nouvelles connaissances pour la sécurité routière**

**Pilote** : Michèle Guilbot - Inrets, département Mécanismes d'Accidents

Tél. : 01 47 40 71 22 / Fax : 01 45 47 56 06 - Courriel : [guilbot@inrets.fr](mailto:guilbot@inrets.fr)

**Partenaires** : Centre de droit de la responsabilité, Université du Maine, Faculté de droit du Mans, Centre d'études et de recherche sur le droit et l'administration publique (Cerdap), Université de Grenoble 2.

## SÉCURITÉ - CONNAISSANCES

# ESPARR : Étude de Suivi d'une Population d'Accidentés de la Route dans le Rhône

**Le suivi d'une cohorte des accidentés de la circulation dans le Rhône permettra d'analyser les conséquences sanitaires, familiales, sociales et professionnelles d'un accident de la circulation sur les personnes qui en sont victimes.**

### Problématique

Les accidents de la route ont des conséquences importantes tant pour l'individu que pour la société. Toutefois, ces conséquences sont actuellement peu ou mal identifiées. Si l'évaluation de la mortalité est simple, celle de la morbidité est beaucoup plus difficilement accessible à une démarche exhaustive et quantifiée. Une réelle évaluation dans la globalité nécessite un suivi bien au-delà de la première période, période où seuls les traumatisés crâniens graves sont facilement identifiables. Le suivi d'une cohorte prospective des victimes survivantes d'accidents de la route dans le département du Rhône permettra d'analyser les conséquences sanitaires, familiales, sociales et professionnelles d'un accident de la circulation sur les personnes qui en sont victimes.

### Les objectifs

Identifier les facteurs pronostiques du devenir des victimes d'accidents de la circulation et les conséquences graves, notamment neurologiques en fonction des caractéristiques initiales de survenue des lésions. Apporter des données chiffrées sur les conséquences des accidents.

### Déroulement de l'étude

La période d'inclusion, en cours, se continuera jusqu'au 31 octobre 2005. 1 500 personnes devraient être incluses. Les enquêteurs effectuent des vacations de 5 heures dans les services d'urgence du département, au cours de laquelle ils rencontrent toutes les victimes d'accident de la circulation habitant le Rhône, afin d'obtenir leur accord pour participer à l'étude de suivi, puis de connaître les éléments préexistants pouvant être des facteurs de risque d'accidents ou d'aggravation des séquelles (médicaments, consommation de stimulants ou existence de pathologies) enfin, de faire un bilan des conséquences immédiates et des lésions.

Les sujets seront suivis dans le temps (6 mois, 1, 3 et 5 ans). Des questionnaires standardisés et validés seront utilisés pour évaluer la qualité de vie, la dépression et le retour dans la vie sociale et professionnelle. Les enfants feront l'objet d'un suivi adapté à leur âge. Les sujets les plus gravement atteints (M-AIS<sup>8</sup> 3) et un échantillon de traumatisés crâniens, auront de plus un examen clinique permettant d'évaluer les séquelles fonctionnelles et psychocognitives.

Les données recueillies lors de l'inclusion auprès des victimes y compris celles concernant l'état de santé initial avant l'accident et la qualité de vie antérieure, seront analysées. Les données concernant l'accident lui-même, les lésions, la prise en charge médicale seront prises en compte dans l'analyse des conséquences : ainsi nous analyserons le devenir des victimes en tenant compte des caractéristiques individuelles, accidentelles, et lésionnelles. Cette étude permettra de mieux définir ce qu'est un blessé grave.

## Les résultats

Après 4 mois de recueil, plus de 570 personnes ont été intégrées. L'étude reçoit de la part des victimes d'accidents de la route et de leur famille, et des personnels des hôpitaux, un accueil très positif. Le taux de non participation est de 14,8 % (refus, problèmes de langue, procédures judiciaires en cours).

## Perspectives

Cette cohorte permettra d'(e) :

- 1) Apprécier les facteurs pronostiques initiaux sur le devenir de cette population.
- 2) Formaliser les filières de prise en charge de la personne accidentée, et élaborer des recommandations pour l'amélioration de cette prise en charge
- 3) Réorienter les actions de prévention des conséquences des accidents de la circulation.
- 4) Réaliser des études du coût économique des accidents (prise en compte du coût des conséquences)

● **Financement** : Ministère de l'Équipement (DSCR) et Ministère de la Santé.

### GO 3

Groupe opérationnel : **Nouvelles connaissances pour la sécurité**

**Pilote** : Martine Hours - Inrets, Bron

Tél. : 04 72 14 25 22 - Courriel : [martine.hours@inrets.fr](mailto:martine.hours@inrets.fr)

## SÉCURITÉ - CONNAISSANCES

# Acteurs de la sécurité routière : vers un état des lieux des connaissances

Onze séances de séminaire rassemblant des acteurs et des experts des questions de sécurité des transports se sont déroulées de mars 2003 à novembre 2004 au sein du groupe opérationnel 3 du Predit, l'objectif étant de constituer un espace où soient présentées des expériences en sécurité routière. Cela a conduit à formaliser certains éléments de ce savoir "pratique".

### Problématique

L'étude part de l'hypothèse qu'il existe, hors du champ constitué de la connaissance scientifique et experte sur la sécurité routière ou à sa frontière, des gisements de savoir qui restent largement méconnus et sous-exploités par les producteurs habituels de connaissances dans ce domaine et par les acteurs politiques et administratifs en charge de ces problèmes. Les pratiques mises en œuvre par les acteurs intervenant directement ou indirectement sur la sécurité routière font au moins implicitement appel à des cadres de référence, à des types de connaissance qui sans être formalisés ne forment pas moins une dimension essentielle de la connaissance du risque routier. Le statut de ce savoir qui reste dans les situations normales à l'état pratique rend difficile sa diffusion puisqu'il n'a pas de lieu pour être débattu ou présenté de façon plus systématique. L'objectif de cette étude était donc de constituer un espace où soient présentées des expériences, des approches ou des politiques en lien avec la sécurité routière dans le but de formaliser certains éléments de ce savoir déployé à l'état pratique dans certaines activités.

#### Thèmes abordés et intervenants :

- 1<sup>re</sup> séance : **"Connaissance scientifique, expertise et action publique en sécurité routière. Quel savoir pour quelle action ?"**, Jean L'Hoste, Claude Got.
- 2<sup>e</sup> séance : **"La sécurité routière : affaire de tous ou question de professionnels ? Autour des politiques publiques de mobilisation sur les questions de sécurité routière initiées au début des années 1980."**, Pierre Mayet, Jean-Paul Morel, Marie Redor, Jean-Pierre Galland.
- 3<sup>e</sup> séance : **"L'Équipement et les DDE face aux enjeux de sécurité routière"**, Marie-Christine Prémartin, Alain de Meyere, Michel Forêt, Sonia Baudoin.

- 4<sup>e</sup> séance : “**Sécurité routière: retour sur la constitution d’un secteur d’intervention spécialisé**”, Claude Tarrière.
- 5<sup>e</sup> séance : “**Les associations contre l’insécurité routière : acteurs “encombrants” ou porteurs d’un regard spécifique sur la sécurité routière ?**”, Chantal Perrichon, Christiane Cellier.
- 6<sup>e</sup> séance : “**L’infrastructure entre enjeux de sécurité et de recherche**”, François Leygue, Jean-Pierre Jouineau.
- 7<sup>e</sup> séance : “**Acteurs et enjeux de la formation du conducteur**”, Maryse Pervanchon, Gérard Acourt, Jean-Baptiste Bouzigues.
- 8<sup>e</sup> séance : “**Les assureurs et la sécurité routière : enjeux de prévention et de recherche**”, Guillaume Rosenwald, Régis Guillet-Arnaud.
- 9<sup>e</sup> séance : “**La réglementation technique des véhicules. Négociations internationales et mise en œuvre des mesures au niveau national**”, Bernard Gauvin.
- 10<sup>e</sup> séance : “**L’insécurité routière : un problème de santé publique ? Mobiliser les médecins : enjeux et difficultés**”, Marc Giroud, Michèle Muhlmann-Weill.
- 11<sup>e</sup> séance : “**Comment mettre les connaissances sur la sécurité routière au service d’une évolution des politiques publiques ?**”, Michel Ternier.

## Premiers résultats

A ce jour, onze fascicules reprenant les interventions et les débats du séminaire ont été publiés. Ils constituent une source d’informations pour étudier les politiques publiques de sécurité routière. Dans les mois qui viennent, une synthèse de ce travail sera publiée permettant de dégager les aspects les plus importants développés au cours de ce séminaire.

- **Financement** : Ministère de l’Équipement (Drast).

### GO 3

Groupe opérationnel : **Nouvelles connaissances pour la sécurité**

**Responsable scientifique** : Emmanuel Henry, maître de conférences science politique

Armines et Groupe de sociologie politique européenne (GSPE-PRISME UMR 7012)

Institut d’études politiques de Strasbourg

Courriel : emmanuel.henry@iep.u-strabg.fr

Courriel Drast : therese.spector@equipement.gouv.fr

## SÉCURITÉ - CONNAISSANCES

# DSRR : Développement Social et Sécurité Routière

**Ce projet a pour but de problématiser les aspects sociaux impliqués dans la construction par l'enfant de sa gestion de l'espace routier. Au travers de différentes approches de la psychologie du développement social, il s'agit de prendre en compte, dans la recherche et l'éducation, la construction par l'enfant de connaissances sociales dans l'interaction avec ses différents milieux de vie.**

Les comportements routiers sécuritaires se construisent par différents apprentissages, implicites et explicites, qui touchent à la fois des aspects cognitifs liés à la mobilité, mais aussi des aspects socio-affectifs liés au partage de l'espace routier. Pourtant, la littérature internationale en psychologie abordant la question de l'enfant dans la circulation et de son éducation à la sécurité laisse sensiblement de côté les compétences sociales. Ce projet se propose de prendre en compte toutes les zones d'influence du développement social : les compétences sociales en jeu dans la mobilité, les processus permettant leur construction, leur apprentissage et leur éducation, et les lieux d'influence des variables sociales sur la construction de ces compétences. Tout ceci suppose d'envisager l'enfant pour lui-même - dans ses moyens d'acquérir les normes, les valeurs, les compétences cognitives et les comportements lui permettant de gérer la situation routière - et en tant que futur adulte - pour savoir ce qu'il va reproduire, transformer, reconstruire, de ce qu'il a observé, décodé, construit de ses différents milieux de vie (famille, école, pairs) en tant qu'enfant.

Au plan méthodologique, nous nous concentrons sur une approche exploratoire : il ne s'agit pas encore de vérifier des hypothèses, mais bien de les construire. Notre vision constructiviste nous amène à privilégier le discours de l'enfant sur ce qu'il sait, voit et pense de la sécurité routière, mais aussi sur ses propres comportements, attitudes, représentations, compétences, en rapport avec la sécurité routière. De plus, notre approche dialectique nous invite à mettre l'accent sur l'observation des situations de conflits, dans lesquelles ses propres représentations et systèmes de valeurs sont en interaction avec les systèmes de valeurs de ses différents milieux de vie et avec le contexte et la situation d'observation.

Le travail est actuellement en cours et porte sur différents facteurs d'influence sociale du rapport au risque : les pratiques éducatives,

les pairs, l'adhésion aux stéréotypes de sexe, le positionnement de soi et des groupes de référence sur les normes sociales, l'évaluation des comportements de transgression, la valorisation de l'individu à risque, les traits de personnalité, le sens donné à l'action et la compréhension de la situation de trafic.

Les aspects novateurs de ce projet de recherche en sécurité routière résident principalement dans une vision développementale, constructiviste et dialectique qui met en lumière les aspects sociaux impliqués dans le développement du comportement de l'utilisateur. Cette problématisation du développement social en sécurité routière, qui oriente ce projet plutôt vers la recherche fondamentale, sera un apport important pour changer les représentations de l'enfant en sécurité routière. L'objectif à terme est d'aider à la mise en place d'outils pédagogiques en direction des enfants et des adolescents, dans leur actualité et leur futur d'utilisateur de la route.

- **Financement** : Ministère de l'Équipement (DSCR).

### GO 3

Groupe opérationnel : **Nouvelles connaissances pour la sécurité**

**Responsable du projet** :

Marie-Axelle Granié - Inrets / LPC

Tél. : 01 47 40 73 58 - Courriel : [marie-axelle.granie@inrets.fr](mailto:marie-axelle.granie@inrets.fr)

**Partenaires du projet** : Inrets, Laboratoire de Psychologie de la Conduite (LPC), Université de Caen, Laboratoire de Psychologie Cognitive et Pathologique (LPCP), Université Paris X Nanterre, Laboratoire Processus Cognitifs et Conduites Interactives (PCC), Université Rennes II, Centre de Recherche en Psychologie de la Communication et de la Cognition (CRPCC), Université Toulouse II le Mirail, Laboratoire Personnalisation et Changements Sociaux (PCS).

## SÉCURITÉ - CONNAISSANCES

# NAOS : Nouvelle Approche Organisationnelle de la Sécurité

**Le projet vise à associer l'ensemble des acteurs concernés à la conception ou à la modification des règlements de sécurité en leur reconnaissant des marges d'autonomie plus importantes.**

### Problématique

Les études montrent que les opérateurs mettent régulièrement en œuvre des ajustements aux règles de sécurité prescrites par leur organisation sans que le niveau de fiabilité soit compromis. Ainsi, les règles formelles coexistent avec des règles autonomes. Parmi les raisons : le caractère parfois inadapté de ces règles en situation de travail, la non prise en compte par les règles des spécificités de l'activité des agents qui doivent les mettre en œuvre. **Naos** vise, d'une part à analyser les démarches associant les agents à la production des prescriptions de sécurité, d'autre part, à tester et évaluer une méthodologie de participation des acteurs permettant une plus grande applicabilité des règles.

### Déroulement de l'étude

La première phase a fourni un état des théories et des pratiques de participation dans les entreprises à haut niveau de fiabilité (HRO), la deuxième a réalisé un état des pratiques participatives à la SNCF.

### Les résultats

La littérature sur les HRO montre que la rigidité des règles n'exclut pas la possibilité de leur négociation. La réussite des expériences participatives de production de règles de sécurité tient à une implication active des différents acteurs, et à un besoin de temps. Dans le nucléaire, l'implication des acteurs à la conception/révision des règles a permis un meilleur suivi de celles-ci par les opérateurs. On constate une plus grande autonomie des acteurs dans la gestion de la sécurité, mais aussi parfois des risques de déficience dans le pilotage de la sécurité, ainsi qu'une charge et une responsabilisation accrues. Les méthodes participatives de production de règles doivent tenir compte des types d'acteurs impliqués, des modalités de leur désignation et de leur représentation, de leur degré d'association, du moment d'implication et des techniques de participation utilisées.

A la SNCF, ces démarches ont été régulièrement préconisées depuis le rapport de 1989 des experts de la commission d'enquête sur les accidents, jusqu'à l'accord relatif au dialogue social de 2004.

S'appuyant sur l'analyse d'une vingtaine d'expériences, l'étude dresse un tableau synthétique des forces et des faiblesses de ces démarches en termes de périmètre, types de textes, étapes, acteurs et modalités d'implication et de participation :

- elle évoque les finalités attendues par les promoteurs de ces démarches : diminution des événements contraires à la sécurité, adaptation de la règle à son contexte, meilleures appropriation et application des règles, transmission des savoirs et des compétences sécurité, capitalisation des "bonnes" pratiques, levier pour le management de la sécurité.
- elle décrit les apports effectifs : règles plus lisibles et accessibles, formalisation des "bonnes pratiques", valorisation des savoirs des opérationnels, nouveau levier de management, nouveau support de formation, notamment pour les nouveaux agents, mise en évidence de dysfonctionnements dans l'organisation du travail, échanges et débats sur la sécurité.
- elle présente aussi les craintes exprimées : manque de recul et de neutralité des participants, rapport difficile à l'écrit - culture orale -, non-représentativité des participants, rétention d'informations par les opérateurs et les freins identifiés : contraintes temporelles et budgétaires, monopolisation de la parole par l'animateur, transformation des agents naïfs en experts.
- elle met en évidence les conditions de réussite : prise en compte du contexte socio-organisationnel, représentativité en âge, compétences, etc., animation par le dirigeant de proximité aidé d'un expert SHS, validation des aspects sécurité à toutes les étapes, élargissement et valorisation de la démarche à toutes les dimensions du management de la sécurité.
- enfin, elle propose des pistes de réflexion méthodologique connexes à l'approche participative : méthodes d'analyse cognitives de l'activité d'utilisation des procédures, évolution des représentations des concepteurs, groupes de qualification mutuelle, apprentissage et appropriation des règles de sécurité, management de la sécurité.

## Perspectives

La troisième phase fournit l'occasion de définir une méthodologie de conception des règles de sécurité et définition des critères de validation. La quatrième permettra d'expérimenter la méthodologie proposée, d'évaluer sur site réel et de proposer des pistes d'amélioration.

- **Financement** : Ministère de l'Équipement (Drast).

### GO 3

Groupe opérationnel : **Nouvelles connaissances pour la sécurité**

**Pilote** : Christian Blatter - SNCF Direction de l'Innovation et de la Recherche

Tél. : 01 53 42 92 41 - Courriel : christian.blatter@noos.fr

**Partenaire** : Jean Pariès - Dédale SA - Tél. : 01 58 39 30 91 - Courriel : jparies@dedale.net

## SÉCURITÉ - TECHNOLOGIES

# SUMOTORI

**SUMOTORI (S**Ureté, sécurité de l'ensemble **MOTO**-motard contre les **R**isques liés à son environnement) a pour objectif de démontrer la faisabilité d'un système électronique embarqué afin de détecter une situation dangereuse et d'avertir le pilote par analyse du comportement dynamique d'un deux-roues motorisé.

 **L**'une des principales étapes de **Sumotori** consiste à acquérir la connaissance de la dynamique du deux-roues en situation de perte de contrôle. Dans ce but, il est prévu d'instrumenter un scooter de capteurs endogènes et de l'utiliser en conditions normales et accidentelles pour faire des mesures.

*Primé*

Les données recueillies permettront de définir le système de sécurité embarqué, et seront utilisées comme référence par celui-ci pour décider de la dangerosité de la situation en temps réel. Une fois conçu, ce système sera intégré à un scooter pour constituer un démonstrateur de principe.

### Problématique

Malgré les dernières mesures pour la sécurité routière, la moto reste un moyen de transport dangereux : le nombre de tués est toujours très élevé. Pour les deux-roues, il y a entre 1 000 et 1 600 tués par an depuis 20 ans. De plus, les systèmes de sécurité passifs et actifs sont très peu répandus pour ces véhicules. Ce sont les automobilistes qui bénéficient réellement des dernières innovations en matière de sécurité, bien que les usagers des deux-roues soient les plus vulnérables.

Le projet **Sumotori** s'inscrit dans une démarche d'amélioration de la sécurité des deux-roues motorisés et vise à combler en partie les lacunes énoncées ci-dessus. Démarré en octobre 2003, sa durée est de trois ans. Après la présentation du projet, cet article montre l'état d'avancement à mi-parcours et décrit les travaux réalisés par les différents partenaires depuis le démarrage.

### Déroulement de l'étude

Le projet est découpé en cinq parties. La première est la connaissance du comportement dynamique d'un deux-roues en situation



accidentogène. La deuxième et la troisième étapes sont la définition du système embarqué, la quatrième est la réalisation du système et la cinquième les tests avec le démonstrateur :

### 1. Étude accidentologique et enregistrement de données

**Étude des conditions d'accident fréquents impliquant des deux-roues motorisés :** dégager les conditions d'accident impliquant des deux-roues motorisés pour extraire des scénarios types.

**Définition des scénarios exécutés sur piste et en conditions réelles pour mesure de paramètres :** représentatifs des conditions rencontrées sur les routes, ils seront rejoués sur piste par un cascadeur pour caractériser le comportement dynamique du deux-roues en situation dangereuse.

**Expérimentations et stockage des données.** Les deux-roues seront instrumentés par des capteurs et un système d'acquisition, constituant une base de données de référence.

### 2. Analyse des données et définition fonctionnelle

**Analyse des données et choix des variables pertinentes :** organiser et traiter les données, pour dégager des variables pertinentes décrivant le comportement du deux-roues. Ces variables seront mesurées en temps réel par le système embarqué et comparées au contenu de la base de données.

**Définition fonctionnelle du système à concevoir.** Les variables permettront de définir les fonctions du système embarqué et la stratégie de détection de situations dangereuses.

### 3. Spécification du système

**Analyse des fonctions du système vis-à-vis des données mesurées :** définir des solutions technologiques pour le système embarqué.

**Choix et spécification des capteurs et des actionneurs :** utilisés pour la détection de situations accidentogènes et l'alerte du pilote, ils seront spécifiés à partir des blocs fonctionnels du système.

### 4. Conception du système temps réel

**Conception du système défini précédemment :** sera conçu en fonction des capteurs et des fonctions spécifiés. Il traitera les données provenant des capteurs et décidera de la dangerosité de la situation.

**Fiabilité vis-à-vis des contraintes d'environnement :** rendre le système fiable, en termes de fausses alertes, incluant un "durcissement" vis-à-vis des perturbations extérieures.

## 5. Réalisation et test du démonstrateur

**Réalisation et test du système selon les scénarios choisis.** Un démonstrateur sera fabriqué et monté sur un scooter. Son comportement sera testé suivant les scénarios définis.

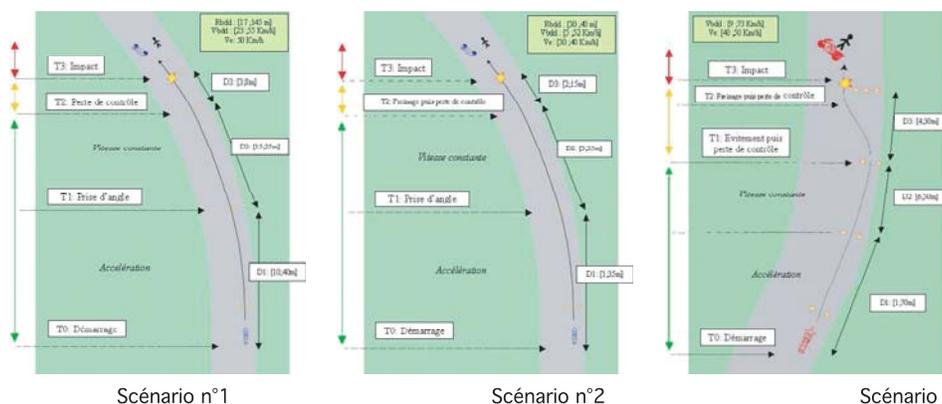
### Résultats



Le constructeur Peugeot-Motocycles fournit des scooters. Le modèle retenu est l'Elystar 125 cm<sup>3</sup> avec ABS.

La connaissance du comportement dynamique du scooter en situation dangereuse est essentielle. Pour l'acquérir, des variables seront mesurées lors d'expérimentations avec les scooters instrumentés. Elles s'appuient sur des scénarios, déroulements chronologiques d'actions débutant par une conduite normale et se poursuivant par une conduite à risque entraînant un accident.

Pour sélectionner les scénarios accidentogènes, le Ceesar a mené une étude sur une base de données de 200 accidents, extrayant 3 scénarii conformes aux caractéristiques du projet (perte du contrôle du véhicule à l'origine de l'accident). Ils concernent la perte d'adhérence en virage, le freinage en virage et le freinage lors d'un évitement.



- ↔ Phase de conduite normale
- ↔ Phase accidentogène
- ↔ Chute



Une liste de paramètres à mesurer sur le scooter a été établie :

- **Rotation des roues AV et AR.** Des impulsions sont générées par 2 capteurs lors de la rotation des roues, ce qui permet de détecter un blocage de la roue AR. Connaissant la circonférence des roues, le calcul de la vitesse et de la distance parcourue peut être réalisé.
- **Accélérations dans les 3 axes.** 3 capteurs d'accélération sont placés sur 3 axes orthogonaux. Les signaux permettent d'apprécier les accélérations ou décélérations appliquées au deux-roues. En intégrant, on obtient la composante dans chaque axe de la vitesse, une intégration supplémentaire sur l'axe longitudinal permet de calculer la distance parcourue, pour conforter la mesure du capteur de rotation de roues ou aider à la détection de patinage.
- **Position du guidon.** Cette information de position instantanée du guidon permet de connaître l'action du pilote avant et pendant la phase de conduite accidentogène.
- **Inclinaisons.** L'inclinaison du deux-roues n'est pas mesurée directement mais par des capteurs de vitesse de rotation autour des 3 axes. Par intégration on obtient l'inclinaison du véhicule pour chaque axe.



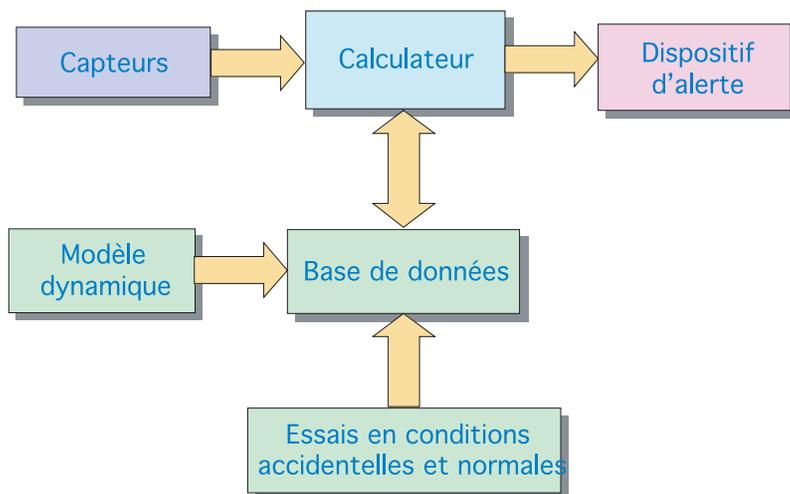
- **Position de la manette des gaz.** Un signal associé au papillon des gaz fournit la position de la manette, ce qui permet de connaître l'action sur cette manette lors de la phase de conduite à risque.

■ **Action sur les manettes de frein.** Un contact électrique indique qu'une des deux manettes de freins est actionnée.

Les signaux fournis par les différents capteurs seront utilisés dans un premier temps pour alimenter la base de données de situations normales et accidentelles. Ces informations permettront ensuite de définir le système de sécurité embarqué qui utilisera ces données pour détecter les situations à risque. La figure suivante montre la liste des paramètres mesurés sur le scooter et indique les capteurs sélectionnés pour la mesure.

Le système de sécurité embarqué a plusieurs fonctions : mesure et stockage des données des capteurs pour examen a posteriori, analyse en temps réel de la situation du deux-roues et avertissement du pilote en cas de danger. Un calculateur décide de la dangerosité de la situation en s'appuyant sur une base de données de référence constituée des mesures réalisées lors des essais en conditions accidentelles et normales, et des valeurs fournies par un modèle dynamique du deux-roues.

*Schéma synoptique du système embarqué*



Le système d'acquisition embarqué, défini et réalisé par Inrets et IEF, comporte une carte mère à microcontrôleur et une carte fille qui ajoute des fonctions de stockage et de communication.

Les caractéristiques du système sont les suivantes :

- système d'acquisition de données analogiques et numériques
- microprocesseur 186 et microcontrôleur 16/32 RISC
- entrées analogiques 14-bits, 4 canaux
- précision des acquisitions 4  $\mu$ s
- stockage des données sur mémoire 512 Mo



Le système d'acquisition sera alimenté par des batteries indépendantes afin de limiter les perturbations et sera monté à l'intérieur d'un boîtier blindé dans le coffre de selle du scooter. Tous les signaux de capteurs arriveront sur ce boîtier par des câbles blindés.

La figure suivante montre une vue de la carte mère sans la carte fille installée.

*Carte mère à microcontrôleur du système d'acquisition.*



## Perspectives

Les données recueillies permettent de constituer une base de données de référence utilisée pour l'analyse de la situation du deux-roues par le système embarqué. Cette approche d'analyse par comparaison permet d'éviter de recourir à un modèle de simulation du comportement dynamique du deux roues, gourmand en termes de ressources de calcul. La limite est que le système ne convient qu'au véhicule choisi et aux situations définies par les scénarios. Une attention sera portée à l'évolution du système pour pouvoir traiter un plus grand nombre de situations.

Les perspectives sont multiples : instrumentation d'un deux-roues motorisé pour l'étude de la sécurité, adaptation du système au déclenchement de gilets gonflables, données expérimentales utiles aux études accidentologiques.

● **Financement** : Ministère de la Recherche.

### GO 4

Groupe opérationnel : **Technologies pour la sécurité**

**Pilote** : Fabrice Auzanneau - CEA/LIST/DTSI/SARC/LCSD

Tél. : 01 69 08 90 70 - Courriel : fabrice.auzanneau@cea.fr

**Partenaires** : Inrets, Ceasar, Peugeot-Motocycles

## SÉCURITÉ - TECHNOLOGIES

# PUVAME : Protection des Usagers Vulnérables par Alarmes ou Manœuvres d'Évitement

**Contribuer à réduire les accidents entre véhicules de transports en commun (bus et tram, etc.) et usagers vulnérables (piétons, cyclistes, etc.), c'est le but du projet Puvame.**

Suite à une analyse des sinistres entre bus et usagers vulnérables (piétons, cyclistes) effectuée en 2003, il ressort que dans 25,6 % des accidents, la collision a lieu au démarrage ou à l'accostage du bus. Dans 38,5 % des accidents, un piéton est renversé par le bus lorsqu'il traverse hors des passages protégés ou qu'un conducteur n'a pas respecté les priorités. Enfin 33,3 % des accidents surviennent sur le bord de trottoir lorsqu'un usager court pour attraper le bus, qu'il est accroché par le bus, heurté par un rétroviseur ou encore qu'il perd l'équilibre.

Le but du projet **Puvame** est de contribuer à réduire ces accidents en développant les fonctionnalités suivantes :

- amélioration des capacités de perception du conducteur dans les environnements proche et moyenne distance de son véhicule, en fusionnant des données issues de différents capteurs (caméras, télémètre laser, ultrasons, etc.).
- détection et appréciation des situations dangereuses à partir d'une analyse informatique intégrant la manœuvre que le bus est en train d'exécuter et les mouvements observés des usagers vulnérables.
- déclenchement d'alertes destinées au conducteur et éventuellement aux usagers en danger.

### Déroulement de l'étude

L'étude a débuté par une analyse des situations accidentogènes mettant en jeu des usagers vulnérables et des bus ou des tramways. A partir de cette analyse, différents scénarios d'études ont été proposés.

Une architecture matérielle et logicielle a été conçue, comportant les modules suivants :

- fonctions de vision pour la détection, l'identification et le suivi temps réel de cibles mobiles ;

- fonctions de localisation du véhicule dans la scène ;
- fusion par méthodes probabilistes des données issues de l'ensemble des capteurs débarqués et embarqués ;
- Analyse du risque de collision entre les vulnérables et le bus ;
- Fonctions d'alertes visuelles et sonores.

Chacun de ces modules est développé indépendamment par le partenaire spécialiste du domaine, en vue d'une intégration finale sur véhicule expérimental.

Trois scénarios d'études, correspondant aux trois types de sinistres identifiés, sont illustrés ci-dessous :

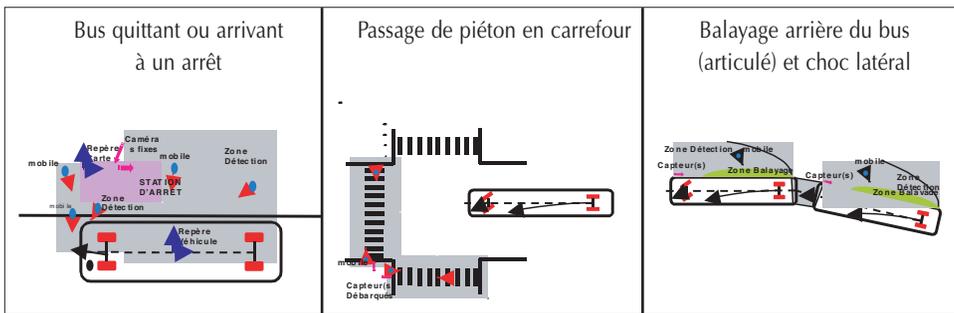


Figure 1 : Illustration des situations accidentogènes mettant en jeu des usagers vulnérables et des bus.

Dans un premier temps, il a été choisi d'implanter le scénario "Passage de piéton en carrefour" sur le site expérimental illustré ci-dessous :



Figure 2 : Site expérimental de l'Inria/Rhône-Alpes pour le scénario "Passage de piéton en carrefour". Un jeu de caméras est implanté dans l'infrastructure, chacune équipée d'un dispositif de suivi de cibles mobiles. La zone verte représente le passage piétons.

Un an après le commencement du projet, le véhicule expérimental est en mesure de se localiser précisément dans le plan du site. Les informations provenant du jeu de caméra et des capteurs pla-

cés sur le véhicule sont collectées, fusionnées et résumées dans une interface graphique. Un écran présente alors en temps réel au conducteur les positions et vitesses du véhicule et des vulnérables dans le plan de la scène. L'estimation de la position des piétons en danger et du temps restant avant la collision avec le bus permet d'avertir le conducteur afin qu'il adapte sa conduite et qu'il évite la collision.

Dans la suite du projet, nous allons nous concentrer sur l'intégration et les tests sur l'ensemble des scénarios, à savoir :

- amélioration de l'ensemble des modules : fusion, détection et suivi de piétons, évaluation de risque.
- développement et test des différents scénarios.
- intégration de l'ensemble des fonctionnalités (associées à chacun des scénarios) dans un seul système.

● **Financement** : Ministère de la Recherche.

#### GO 4

Groupe opérationnel : **Technologies pour la sécurité**

**Pilote** : Olivier Aycard - Inria/Rhône-Alpes

Tél. : 04 76 61 55 14 - Fax : 04 76 61 52 10 - Courriel : Olivier.Aycard@inrialpes.fr

**Partenaires** : Équipe eMotion de l'Inria/Rhône-Alpes (coordinateur du projet), Équipe Imara de l'Inria/Rocquencourt, Centre de robotique de l'École des Mines de Paris, Robosoft SA, Connex-Eurollum.

Sous-traitants : Intempora, Inrets/Lescot, Probayes.

<http://emotion.inrialpes.fr/puvame/>

## SÉCURITÉ - TECHNOLOGIES

# RIDER : Recherche sur les accidents Impliquant un DEUX-Roues motorisé

Approfondir les connaissances sur les mécanismes accidentels et lésionnels impliquant les deux roues motorisés, comprendre et expliquer les défaillances des conducteurs, proposer des recommandations concernant l'usager, les véhicules, l'infrastructure, et contribuer à l'amélioration des vêtements de protection, tels sont les objectifs du projet **Rider**.

### Problématique

En dépit de chiffres encourageants depuis que la sécurité routière a été déclarée comme étant l'un des grands chantiers du quinquennat 2002, la moto reste le moyen de transport le plus dangereux avec notamment une probabilité de décès 21 fois supérieure à celle des automobilistes (à kilométrage égal).

Dès lors, il nous semblait nécessaire, pour contribuer à l'effort de sécurité, d'améliorer les connaissances actuelles mais aussi de constituer un outil de production des connaissances des mécanismes accidentels des deux-roues motorisés aussi bien au niveau micro accidentologique que les EDA (Etudes Détaillées d'Accidents) que macro accidentologique (les fichiers BAAC).

**Rider** a été élaboré en ce sens ; outre la création de cet outil généraliste de production des connaissances, l'objectif du projet était de pouvoir appréhender les indicateurs d'insécurité et les facteurs de risques ainsi que leurs interactions, permettre l'identification des contre-mesures pour améliorer les aspects techniques et réglementaires et aider au développement des spécificités futures.

Ce projet a été financé par le Ministère de la Recherche, le CNSR et la Fondation Maïf.

### Résultats

**Rider** a débuté en janvier 2003 et s'est achevé en avril 2005 ; les résultats obtenus sont :

- Base de données Eda enrichie de 210 cas d'accident soit un total de 360 cas comportant chacun plus de 1 800 variables
- Collecte de cas ciblés
- Etat des lieux sur les recherches relatives aux deux-roues motorisés
- Réalisation de 8 études thématiques :
  - lien accident-infrastructure
  - protection du pilote par l'équipe-

- le casque
- analyse des manœuvres réalisées en situation d'urgence
- efficacité attendue d'un meilleur freinage en situation d'urgence
- étude des scénarios d'accidents
- éjection des pilotes
- étude statistique.

L'état des lieux ainsi dressé a permis d'aboutir à des recommandations destinées à améliorer l'accidentologie deux-roues et visant notamment à promouvoir un travail d'information et de recherche.

Il nous semble important d'insister sur deux recommandations en particulier : la première visant la sécurité active en promouvant le développement des aides au freinage (ABS, répartiteur et amplificateur dont nous avons pu mesurer les effets bénéfiques), par exemple grâce à une incitation financière des pouvoirs publics ; la deuxième concernant la sécurité passive en favorisant le port des vêtements de protection (actuellement trop rare et pourtant efficace), notamment grâce aux assureurs (information et primes d'assurances réduites).

Le travail fourni au cours de ces deux années de recherche a permis de mettre en place une équipe pluridisciplinaire désormais experte dans le domaine du deux-roues motorisé et de constituer une base de données unique en France.

Ces deux atouts ne peuvent rester inutilisés : ils vont permettre au Ceesar de répondre aux attentes et besoins actuels en terme de connaissance liées à l'accidentologie des deux-roues motorisés.

Ainsi, les projets faisant suite à **Rider** pourront, grâce à ce regroupement de compétences, développer des problématiques que nous n'avions pu jusqu'à présent approfondir :

- la biomécanique
- le comportement accidentologique
- la sécurité active
- la formation.

Pour mener à bien ces projets futurs, il semble judicieux de s'entourer de partenaires pertinents ayant des compétences reconnues en la matière : la Recherche publique, la Recherche privée, les assureurs, les Ministères français...

Tout ceci afin de développer un pôle de compétence spécifique deux-roues auquel le Ceesar apporterait des connaissances remarquables grâce au travail issu du projet **Rider**.

- **Financement** : Ministère de la Recherche, Ministère de l'Équipement (DSCR).

#### GO 4

Groupe opérationnel : **Technologies pour la sécurité**

**Pilote** : Maxime Moutreuil - Ceesar

Tél. : 01 76 87 35 24 - Courriel : maxime.moutreuil@ceesar.asso.fr

**Partenaires** : • Représentants des financeurs : M. Ravalard - Ministère de la Recherche, M. Chapelon - CNSR, M. Oliviero - Fondation Maïf.

• Représentants des partenaires et utilisateurs des résultats Rider : M. De Roaldes - Bering, M. Teston - Shark, MM. Bonnin et Hoffmann (Peugeot-Motocycles, M. Meimoun, Air Parka, M. Drazetic - Université de Valenciennes, M. Willinger - Université de Strasbourg • Experts : M. Cesari - Inrets, M. Guillemot - ULM Essonne.

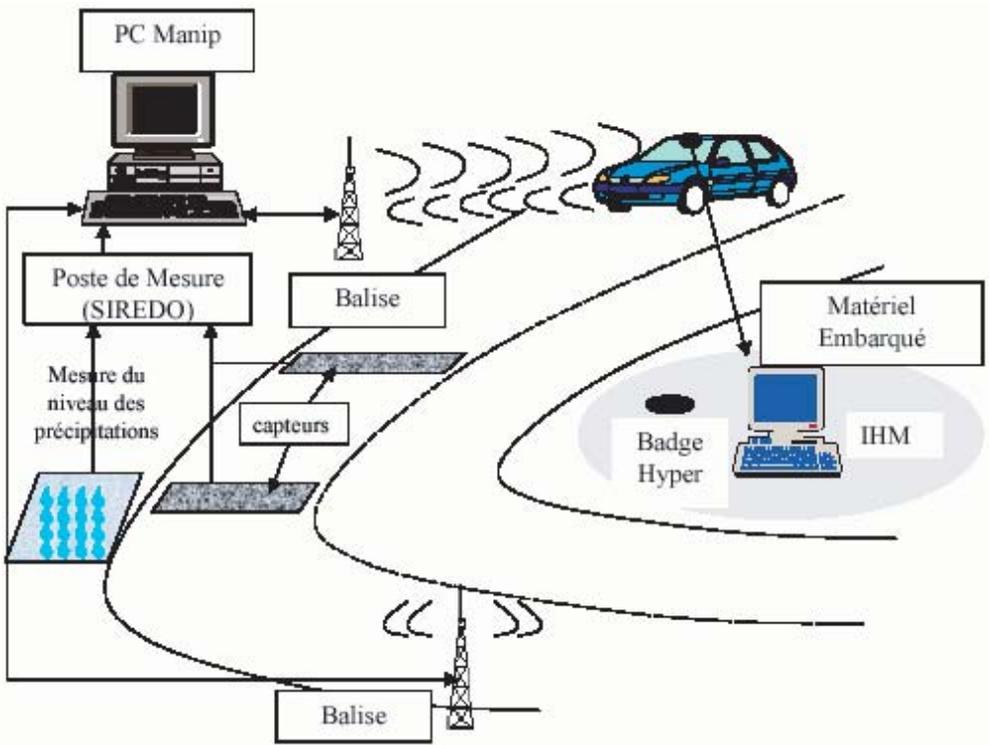
## SÉCURITÉ - TECHNOLOGIES

# ALZIRA : Alerte Locale et personnalisé en Zone à Importants Risques d'Accidents

Le projet **Alzira** est un nouveau pas dans le domaine de l'assistance à la conduite automobile. Il a abouti à l'expérimentation d'un dispositif technique d'alerte basé sur la communication "véhicule-infrastructure".

Le projet **Alzira** a pour objectif de renforcer la sécurité des conducteurs sur des zones à très fort risque d'accident, par exemple en temps de pluie, en leur transmettant une alerte personnalisée. La mise en commun des technologies et des données concernant le véhicule et la route laisse entrevoir des perspectives en vue de réduire les sorties de route considérées comme une cause majeure d'accidents mortels.

## Description du fonctionnement



Le principe de fonctionnement testé est le suivant :

- le PC Manip interroge régulièrement le coffret de mesure des précipitations. Il élabore des messages et les transmet aux balises.
- un véhicule équipé d'un badge hyperfréquence et d'un terminal embarqué se présente en entrée de virage.
- au passage dans la zone de communication de la balise, il reçoit des informations de la balise en amont. Il émet en retour un message vers la balise concernant des données propres au véhicule.
- le véhicule en fonction de ses propres paramètres dynamiques et des paramètres transmis par la balise sur le site, détermine un danger éventuel pour le franchissement du site. Le terminal embarqué dans le véhicule affiche le message de la balise afin de l'avertir d'un danger ou non en fonction des paramètres pris en compte.
- le poste de mesure transmet des informations au PC Manip lorsque le véhicule franchit le poste de mesure (boucles électromagnétiques sous chaussée).
- à la sortie du virage, la balise transmet un message au véhicule qui transmet en réponse des paramètres relatifs au franchissement du virage (vitesse, état de la route,...).
- le PC Manip recueille les informations du véhicule et capitalise l'information pour élaborer les messages suivants.

## Les résultats

Des essais réalisés sur une piste équipée ont permis d'évaluer l'influence de 2 types de messages délivrés par le dispositif **Alzira** (alerte Accident et alerte Virage) :

- pour tous les passages avec alerte, les vitesses minimales de franchissement du virage sont inférieures à celles observées lors des passages sans alerte
- la réduction des vitesses intervient également plus tôt
- les messages visuels et auditifs sont d'un usage facile ; le message parlé est particulièrement apprécié et est trouvé convaincant
- des conducteurs attendent la confirmation visuelle de l'alerte pour réagir

## Perspectives

L'intérêt du dispositif est indéniable. Cependant, il nécessiterait une généralisation du procédé sur le réseau routier secondaire ce qui est difficilement envisageable à court terme.

Par contre, ce projet ouvre la voie à de nouvelles expérimentations (projet VIF par exemple) visant à adapter la dynamique du véhicule en fonction des informations issues de son environnement.

- **Financement** : Ministère de l'Équipement (Drast).

#### **GO 4**

Groupe opérationnel : **Technologies pour la sécurité**

**Pilote** : Laurent Breheret - société Sodit

Tél. : 05 62 16 10 17 - Courriel : Laurent.breheret@sodit.info

**Partenaires** : PSA-Renault, Thales, Inrets, LCPC, Cete.

## SÉCURITÉ - TECHNOLOGIES

# ACTEURS : Améliorer le Couplage Tunnels/ Exploitants/Usagers pour Renforcer la Sécurité

**Le projet *Acteurs* vise à apporter des solutions concrètes d'amélioration de la sécurité des tunnels routiers, à partir d'une meilleure connaissance des comportements des conducteurs.**

Le projet associe les compétences des Autoroutes alpines (Area, LATMB et SFTRF), de la société Dédale spécialisée dans les Facteurs Humains de la sécurité et du Cetu. Lancé en janvier 2003, *Acteurs* est structuré en deux lots complémentaires.

Le lot 1, fini début 2005, articulait 3 séries d'études des comportements des usagers des tunnels :

1. Un bilan de ce que les professionnels des tunnels (exploitants et concepteurs) connaissent des comportements des usagers a été élaboré à partir d'une revue de littérature, d'une série d'entretiens et d'un questionnaire. Il apparaît que la physique de chaque tunnel, la réglementation et les principes d'exploitation exigent des usagers certains comportements. Dans la réalité, les usagers ne semblent pas en mesure de produire les comportements attendus. La tendance actuelle est de renforcer la contrainte d'obéissance et au risque d'éloigner encore plus les usagers d'un rôle actif dans la sécurité des tunnels.
2. Les comportements des usagers en situation normale de traversée des tunnels ont été étudiés à partir d'interviews, d'une enquête auprès de 620 usagers sortant des tunnels de la région Rhône-Alpes, d'observations directes dans les véhicules et de l'analyse de données d'exploitation.

Les résultats indiquent un défaut de connaissances des usagers concernant les équipements, aménagements de sécurité, les règles de circulation et les comportements à adopter dans les tunnels. Des croyances sur les comportements qui seraient les plus adaptés tendent à pallier cette méconnaissance. En outre, les usagers perçoivent difficilement la plupart des informations communiquées en amont et dans le tunnel. Ils adaptent leur conduite au tunnel en donnant la priorité à la vitesse maximale, puis au maintien d'une certaine distance avec le véhicule qui précède. Ce n'est qu'assez tardivement qu'ils portent attention au tunnel avec des difficultés pour comprendre la fonction de certains aménagements, dont les issues de secours.

3. Les comportements des usagers confrontés à une situation de crise en tunnel (ex. incendie) ont été étudiés à partir d'une revue de littérature scientifique sur les comportements développés en cas d'incendie dans un environnement confiné, complétée du recueil de témoignages d'usagers ayant été confrontés à de telles situations en tunnel. Les résultats montrent : des difficultés de perception et de reconnaissance des signaux d'alerte ; des délais avant d'observer les premiers mouvements ; des problèmes d'identification des comportements à adopter ; un vrai dilemme lié à l'abandon du véhicule ; des problèmes de perception et de compréhension de la signalétique prévue pour les guider ; et un impact très positif de la présence d'une personne capable d'organiser et de déclencher un mouvement d'évacuation.

Les données récoltées suggèrent de travailler dans trois directions principales :

- Adapter l'environnement des tunnels aux usagers : en définissant des stratégies de sécurité plus réalistes, en s'attachant à simplifier et homogénéiser les attentes comportementales, et en intégrant les usagers dans les démarches d'amélioration de la sécurité.
- Aider les usagers à s'approprier le tunnel par un renfort d'éducation et/ou d'information sur la particularité de la sécurité, et par un travail visant à optimiser la perception et la compréhension des informations aux abords et dans le tunnel.
- Optimiser l'évacuation en cas de crise : en travaillant sur la crédibilité des signaux d'alerte, en visant à faciliter la localisation et l'utilisation des issues, et en s'appuyant sur des usagers "relais d'information".

Le lot 2 du projet **Acteurs** a débuté en mai 2005. Il a pour objectif de déduire des résultats du lot 1 des solutions concrètes d'amélioration du couplage tunnel/exploitant/usagers. Les travaux en cours portent sur le retour d'expérience tunnel, la définition des stratégies de sécurité, la formation des conducteurs et des chauffeurs professionnels et l'adaptation du dispositif d'information des usagers sur un itinéraire comportant plusieurs tunnels.

- **Financement** : Ministère de l'Équipement (Drast).

#### GO 4

Groupe opérationnel : **Technologies pour la sécurité**

**Pilote du programme** : Frédéric Ricard – ATMB (Autoroute et tunnel du Mont-Blanc)

Tél. : + 33 1 40 61 70 00 - Courriel : frederic.ricard@atmb.net

**Gestion technique du programme** : Alain Noizet - Dédale, cabinet spécialisé dans la gestion des risques

Tél. : + 33 1 58 39 30 93 - Courriel : anoizet@dedale.net

**Partenaires** : Area, SFTRF (société du tunnel de Frejus), Dédale, Cetu.

# MARCHANDISES

## CONNAISSANCES ET TECHNOLOGIES

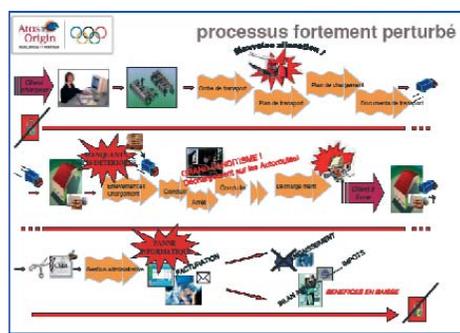
Le transport de marchandises est assuré à plus de 80% par la route. Pour les chargeurs, le transport routier présente aujourd'hui d'incontestables avantages de régularité, de coûts, de délais et de fiabilité. Par contre, ses conséquences en terme de congestion, d'impacts environnementaux, de sécurité font l'objet de débats croissants.

L'objectif de Predit dans ce champ est donc d'abord de favoriser l'efficacité des modes alternatifs à la route et de développer l'intermodalité, mais tout autant de concevoir des organisations et des technologies susceptibles de réduire les impacts du transport routier.

Il s'agit donc d'actions combinées qui portent à la fois sur l'organisation des échanges et du transport (les "connaissances" sur la logistique et es marges d'action des politiques publiques) et sur l'amélioration ou le développement de la technologie des infrastructures et des véhicules.

Toutes les échelles sont concernées, de la logistique urbaine jusqu'aux échanges internationaux.

Surtram



Novum



## MARCHANDISES - CONNAISSANCES

# ELU : Espaces logistiques urbains

## Guide méthodologique

Le guide méthodologique est une production de l'action fédérative sur les "espaces logistiques urbains" qui a été mise en place en juin 2001 dans le cadre du Predit. Ce document est à destination des institutionnels (ceux qui participent à la gestion de la ville) et des professionnels (ceux qui contribuent à la desserte des zones denses).

L'action fédérative s'est déroulée durant trois années (clôture effective en septembre 2004) ; cette démarche se situant comme un sous-ensemble de la recherche développée dans le programme national sur les "Marchandises en ville".

L'Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie (Ademe) et le ministère de l'Équipement des Transports de l'Aménagement du territoire du Tourisme et de la Mer, par l'entremise de la Drast<sup>1</sup>, ont été les financeurs de l'action fédérative sur les espaces logistiques urbains.

### Problématique

Un espace logistique urbain (ELU<sup>2</sup>) est un équipement destiné à optimiser la livraison des marchandises en ville, sur les plans fonctionnel et environnemental, par la mise en œuvre de points de ruptures de charges.



*Primé*

Les villes sont maintenant pleinement conscientes de la place prise par les marchandises dans l'économie locale comme dans la qualité de vie des habitants. La sensibilisation à ce thème est une réalité comme en témoignent les nombreuses études engagées (notamment dans le cadre des plans de déplacements urbains). Toutefois, force est de constater que des difficultés subsistent pour passer de la réflexion à des réalisations.

Les désirs d'action des responsables communaux et les souhaits des opérateurs de trouver des réponses à leurs problèmes viennent buter sur la méconnaissance d'opérations ayant valeur d'exemple et sur la difficulté qu'ils ont à identifier une méthode permettant d'insérer

<sup>1</sup> Direction de la Recherche et des Affaires Scientifiques et Techniques

<sup>2</sup> voir glossaire

dans leur quotidien des outils destinés à mieux échanger. Leurs interrogations portent sur : comment faut-il agir ? quels équipements développer ? quelles mesures d'accompagnement doivent être mises en place ? quel financement est à prévoir ? qui sont les acteurs à mobiliser ? quels effets induits sont prévisibles ? quels montages juridiques ?...

La vocation du guide est d'apporter réponse à ces questions sachant qu'il n'est qu'une première étape dans la présentation des moyens à déployer pour la mise en œuvre de ces équipements d'interface. En effet, les évaluations d'expérimentations sont encore bien peu nombreuses, mais la dynamique est lancée et de nouveaux projets apparaissent régulièrement.

Les enjeux sont économiques, fonctionnels, environnementaux, urbanistiques, sociaux et les leviers pour agir réduits. Il n'y a véritablement que deux types d'actions possibles :

- agir sur la gestion de la voirie urbaine (les axes de circulation, les lieux de stationnement, les aires de livraison) principalement à l'aide de réglementations relatives aux heures autorisées, aux conditions d'arrêt, au type de véhicules admis,... ;
- créer des équipements (les Espaces Logistiques Urbains) destinés à optimiser la livraison des marchandises en ville, sur les plans fonctionnel et environnemental, par la mise en œuvre de points de rupture de charges.

Ces interfaces peuvent être développées soit par le secteur public, soit par le secteur privé, soit encore par une coopération entre les deux.

Trois catégories d'acteurs interviennent dans l'élaboration d'une politique "marchandises en ville" organisée autour des espaces logistiques urbains :

- les représentants de l'agglomération ;
- les générateurs de fret (les "clients") ;
- les opérateurs qui acheminent ou organisent l'acheminement des produits dans la ville.

Laisser entièrement l'organisation de la desserte aux entreprises est certainement porteur de risques d'affaiblissement du système urbain. A l'évidence les chargeurs comme les transporteurs doivent évoluer dans un cadre prédéfini par la puissance publique, sans quoi des conflits dans l'usage de la voirie viendraient mécaniquement affaiblir la productivité globale du réseau. A l'inverse, une collectivité qui agirait sans concertation avec les professionnels ne saurait identifier tout ce qui fonde les comportements ; les pratiques s'expliquent toujours par des réalités de terrain et les ignorer risque grandement de condamner la viabilité d'une nouvelle solution. La pérennité passe par le dialogue.



Pour situer toutes ces interfaces et rapprocher leurs finalités nous proposons le tableau suivant :

Type d'Elu	Principaux objectifs recherchés	Modification de la chaîne logistique	Volontarisme politique	Implication des opérateurs privés
ZLU	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Diminuer le nombre de véhicules utilitaires sur les pénétrantes.</li> <li>- Améliorer la productivité des opérations de desserte urbaine.</li> </ul>	Aucun changement dans les pratiques, ni chez le transporteur, ni chez le client.	Nécessite une intervention à deux niveaux : <ul style="list-style-type: none"> <li>- dans les plans d'urbanisme</li> <li>- dans la maîtrise du foncier.</li> </ul>	Concerne les messagers et plus généralement tous les logisticiens urbains (stocks, services après-vente,...).
CDU	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Limiter les conflits entre usagers de la voirie publique.</li> <li>- Améliorer l'environnement urbain.</li> </ul>	Création d'une rupture dans le lien transporteur/client. Nécessité de rétablir les circuits d'administration des envois.	Coûts de fonctionnement relativement importants. Demande un fort engagement.	Système "transparent" pour le client (dès lors que sont réglés les problèmes de suivis documentaires et financiers).
PAV	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Faciliter le stationnement des véhicules utilitaires et limiter les gênes qu'ils apportent.</li> <li>- Réduire le temps d'approche.</li> </ul>	Aucune modification pour le destinataire (ou l'expéditeur). Le transporteur allonge le parcours effectué à pied.	Montant faible pour l'investissement et modeste pour le fonctionnement. Equipement qui peut être déplacé (voire supprimé).	Il est nécessaire que les messagers soient impliqués dans le montage de l'opération.
PAM	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Répondre aux besoins de zones difficiles d'accès</li> <li>- Satisfaire des clients qui sont peu disponibles.</li> </ul>	Ce schéma déplace le lieu de livraison terminale (ou d'envoi). L'information doit être averti. être adaptée.	Important travail de concertation avec les acteurs concernés (transporteurs, clients).	La mobilisation des acteurs en faveur d'une telle solution est indispensable pour en assurer le succès.
BLU	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Permettre de livrer ou d'enlever des marchandises sans la présence du client.</li> <li>- Rendre possible la desserte dans les périodes peu circulées.</li> </ul>	Comme dans le cas précédent, il y a modification du point (et souvent de l'heure) de mise à disposition. Le client doit être averti.	Faible (voire nulle) implication des pouvoirs publics.	Ces équipements sont généralement mis en œuvre par des entreprises spécialisées. L'aspect "marché" est déterminant.

### GO 5

Groupe opérationnel : **Logistique et transports de marchandises**

**Contact :** Daniel Boudouin - CRET-LOG (Centre de Recherche sur le Transport et la LOGistique - Université de la Méditerranée à Aix-en-Provence)

Tél. : 04 42 26 65 60 - Courriel : boudouin@univ-aix.fr

Ce guide méthodologique fait l'objet d'une édition à la Documentation française dans la collection du Predit "Transports, recherche, innovation" Parution : automne 2005.

Pour tout renseignement sur le Programme National Marchandises en Ville, voir le site :

<http://www.tmv.transports.equipement.gouv.fr/>

## MARCHANDISES - CONNAISSANCES

# SURETRAM

**Apporter sûreté et traçabilité au transport de marchandises, c'est, pour une entreprise du TRM, convertir la maîtrise du risque en un avantage compétitif.**

### Problématique

Nul besoin de démontrer que le domaine des industries françaises de transport et de logistique connaît un retard dans l'adoption des technologies de l'information et de la communication (TIC), ni que ce retard les pénalise, tant sont nombreuses les études qui s'en font l'écho.

Les PME du TRM sont le maillon le plus vulnérable du réseau de transport. Soumises à la concurrence des grandes entreprises et des autres pays d'Europe, affectées par des vols d'une ampleur inégalée, ces PME hésitent à se doter d'un système d'information apte à augmenter les performances de leurs activités.

Pour stimuler la décision d'investissement, l'idée originale dans la recherche **Suretram** fut d'aborder les TIC sous l'angle de leur capacité à apporter une solution simple et efficace au problème concret du vol des marchandises, mal auquel les professionnels sont extrêmement sensibles et dont ils perçoivent très clairement les effets désastreux.

### Déroulement de l'étude

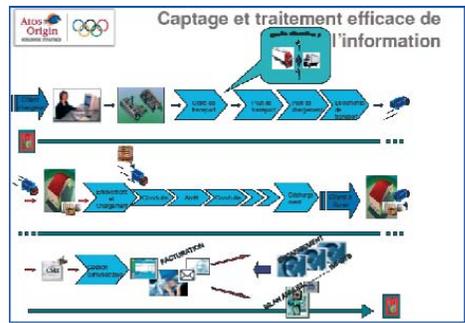
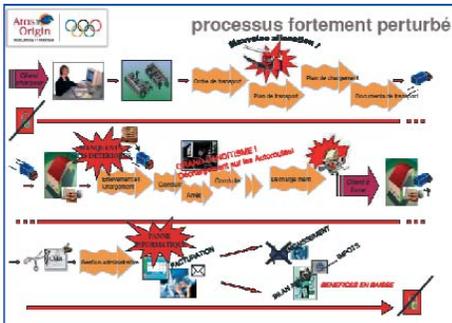
Pour mobiliser les professionnels, les impliquer dans l'identification de solutions accessibles et adaptées à leurs attentes, l'étude a débuté par une phase d'enquête. Une invitation à témoignage a été lancée vers eux par des revues professionnelles et des sites Internet. Plus d'une centaine d'interviews a été menée. Pour captiver l'intérêt et susciter l'attente, une information sur l'avancement de l'étude a été périodiquement communiquée par ces canaux. Elle fut complétée par des articles et conférences sur des sujets connexes : les initiatives et nouvelles réglementations américaines en sûreté du fret ; les apports et contraintes de l'emploi émergent des étiquettes à radio fréquence. En fin d'étude, profit a été tiré de ces médias électroniques pour diffuser le guide en y associant un questionnaire de satisfaction. Les commentaires reçus furent dans leur grande majorité très élogieux avec engagement pris par les lecteurs de s'efforcer d'appliquer ou de faire appliquer les recommandations. Pour en étendre la diffusion, le guide a été communiqué aux présidents des organisations et syndicats professionnels.

Résultat

Un guide à l'usage des dirigeants d'entreprise "Tracer et sécuriser au moindre coût" Décembre 2003 consigne les résultats de l'étude 1.

Pourquoi les professionnels qui en ont pris connaissance nous ont-ils rapporté avoir été convaincus par sa conclusion qui n'est autre qu'une énième preuve irréfutable de l'amélioration de compétitivité générée par un système informatisé de gestion du transport ?

1. Tout d'abord parce que cette conclusion est amenée par un raisonnement logique où chaque argument est illustré par des situations et cas concrets issus des témoignages.



La démonstration commence par l'analyse des facteurs de perturbation d'une activité de transport, des effets qu'ils produisent. Elle se poursuit par des exemples de solutions TIC qui, utilisées tout au long du processus de transport, aurait permis de contenir les effets de ces perturbations. Ceci permet d'introduire un système informatisé par ses différents composants qui se complètent et se renforcent mutuellement.

2. Ensuite, c'est la simplicité de la solution préconisée.



Plusieurs composants de la solution, dérivés directement de matériels grand public, sont très accessibles économiquement et aisément acceptés par les utilisateurs, par exemple téléphone cellulaire et webcam.

3. Puis c'est l'analyse et la justification des réticences et objections pour mieux les lever.



4. Enfin ce sont la puissance, la simplicité et l'efficacité des outils associés au guide.

Pour faciliter l'utilisation du guide, plusieurs outils sous forme de questionnaires électroniques y sont annexés.

## GO 5

Groupe opérationnel : **Logistique et transport de marchandises**

**Responsable de l'étude** : Jean-François Perrillat - Atos Origin Intégration

Tél. : 01 73 29 38 25 - Courriel : jean-francois.perrillat@atosorigin.com

**Partenaire** : Jean-Claude Bonnet - Groupama Transport

Tél. : 02 32 92 92 30 - Courriel : jcbonnet@groupama-transport.com

## BIBLIOGRAPHIE

<sup>1</sup> Le guide et la synthèse d'ateliers interprofessionnels s'interrogeant sur l'utilisation de la RFID sont accessibles au téléchargement sur :

[www.predit.prd.fr/predit3/synthesePublication.fo?cmd=edit&inCde=17414](http://www.predit.prd.fr/predit3/synthesePublication.fo?cmd=edit&inCde=17414)

[www.fr.atosorigin.com/presse/medialib.html](http://www.fr.atosorigin.com/presse/medialib.html)

[www.groupama-transport.com/fr/kiosque/newsqt.htm](http://www.groupama-transport.com/fr/kiosque/newsqt.htm)

[www.traceneews.net/dossiers/sutrans7.php](http://www.traceneews.net/dossiers/sutrans7.php)

Plusieurs articles ont accompagné la réalisation de la recherche, ils sont accessibles sur les sites de traceneews et de lognews aux adresses suivantes :

<http://www.traceneews.net/dossiers/sutrans.php>

<http://www.traceneews.net/dossiers/sutrans2.php>

<http://www.traceneews.net/dossiers/sutrans3.php>

<http://www.lognews.info/dossiers/sutrans4.php>

<http://www.lognews.info/dossiers/sutrans5.php>

<http://www.lognews.info/dossiers/sutrans6.php>

<http://www.traceneews.net/dossiers/roth.php>

<http://www.lognews.info/dossiers/vulnerabilite.p>

MARCHANDISES - CONNAISSANCES

# Traverser les Pyrénées

## Analyse du choix modal route-fer des transports de marchandises

L'objectif de cette étude est d'ajuster et de tester plusieurs formulations de choix modal pour les transports de marchandises transpyrénéens sur la base de l'exploitation de l'enquête de transit 1999. Ces formulations pourront ensuite être utilisées pour tester l'impact des politiques de transport ou d'amélioration de l'offre de transport sur le report modal.

L'originalité de cette étude réside dans la mise en évidence de formulations plus complexes que les formulations linéaires utilisées généralement dans les modèles Logit de type classique.

### Processus simulés

Après l'élaboration de la base de demande et d'offre par origine destination, différentes formulations de partage modal ont été testées pour expliquer les parts modales observées (données agrégées). Les paramètres des modèles Logit correspondants ont été estimés par le logiciel Trio, développé par le Centre de Recherche sur les Transports de l'Université de Montréal.

Un modèle Logit a pour but d'évaluer pour chaque mode en concurrence et pour chaque relation une fonction d'utilité qui fait intervenir différents attributs (coût, temps,...). La probabilité que le mode soit choisi est d'autant plus grande que l'utilité est élevée. Le logiciel utilisé permet également de prendre en compte des formulations non linéaires, par le biais de transformation de Box-Cox appliquées à une ou plusieurs variables. Cette variable, soit  $X$ , sera alors introduite sous la forme suivante :

$$X = \frac{X^{a-1}}{a}$$

La valeur  $a$  étant un paramètre supplémentaire du modèle.

Généralement, dans les formulations Logit, les variables propres à un mode n'interviennent que dans l'utilité du mode considéré (Logit standard). Cependant, on peut penser que la part d'un mode peut aussi dépendre des caractéristiques des modes concurrents et particulièrement du coût.

Il est possible de tester ceci à l'aide des "coûts croisés", en faisant intervenir dans l'utilité du mode le coût de ce mode, mais également le coût des modes concurrents (Logit généralisé).

Trois types de variables interviennent dans les formulations :

- variables d'offre : distance, coût kilométrique et vitesse,
- variables géographiques pour prendre en compte les différences de parts modales, en fonction du pays d'origine ou de destination au nord des Pyrénées,
- variable de trafic : Tonnes x kilomètres tous modes confondus pour refléter le fait que la part ferroviaire peut être plus élevée sur des longues distances ou dans le cas d'un volume important.

Trois modes sont distingués : Route, Fer conventionnel et Combiné. Les formulations présentées ici sont ajustées sur une partie spécifique de la base, soit le trafic combinable. Ce groupe contient l'ensemble du trafic combiné, ainsi que les catégories de marchandises empruntant le fer conventionnel ou la route mais susceptibles d'utiliser un transport combiné.

## Résultat :

### les formulations retenues

Deux des formulations retenues au final sont présentées ici :

- une formulation de type standard Box-Cox qui n'utilise que les coûts directs :

Utilité du mode Route =	Utilité du mode Fer =	Utilité du mode Transport Combiné =
$((\text{coût kilométrique route})^{0.551}-1)/(-0.551)$		
+ 0.551 X - 0.76	+ distance X - 0.00	+ distance X - 0.00
+ vitesse route X 0.07	+ vitesse transport combiné X 0.07	+ vitesse du fer X 0.07
	+ $((\text{coût kilométrique transport combiné})^{0.551}-1)/(-0.551)$ X - 0.76	+ $((\text{coût kilométrique fer})^{0.551}-1)/(-0.551)$ X - 0.76
	+ variable indicatrice Italie X - 3.37	+ variable indicatrice Italie X - 3.48
	+ variable indicatrice Belgique X - 1.78	+ variable indicatrice Royaume-Uni X - 1.01
	+ variable indicatrice Allemagne X - 0.68	+ variable indicatrice Belgique X - 1.88
	+ variable indicatrice Suisse X - 0.18	+ variable indicatrice Allemagne X - 1.15
	+ variable indicatrice France X - 2.86	+ variable indicatrice Suisse X - 3.18
	+ $((\text{tonnes} \times \text{kilomètres})^{1.053}-1)/(1.053)$ X 0.00	+ variable indicatrice France X - 1.06
		+ $((\text{tonnes} \times \text{kilomètres})^{1.053}-1)/(1.053)$ X - 0.00
		+ 3.32

Une formulation de type Logit Box-Cox généralisé qui utilise les coûts croisés.

Utilité du mode Route -	Utilité du mode Fer -	Utilité du mode Transport Combiné -
$((\text{coût kilométrique route})^{0.701}-1)/(-0.701)$		
+ 0.701 X - 0.21	+ distance X - 0.00	+ distance X - 0.00
+ $((\text{coût kilométrique fer})^{1.756}-1)/(1.756)$ X 0.32	+ vitesse transport combiné X 0.07	+ vitesse fer X 0.07
+ $((\text{coût kilométrique transport combiné})^{1.756}-1)/(1.756)$ X 359.15	+ $((\text{coût kilométrique route})^{1.756}-1)/(1.756)$ X 359.15	+ $((\text{coût kilométrique route})^{1.756}-1)/(1.756)$ X 359.15
+ vitesse route X 0.07	+ $((\text{coût kilométrique fer})^{1.756}-1)/(1.756)$ X 0.32	+ $((\text{coût kilométrique fer})^{0.701}-1)/(-0.701)$ X - 0.21
	+ $((\text{coût kilométrique transport combiné})^{0.701}-1)/(-0.701)$ X 0.21	+ $((\text{coût kilométrique transport combiné})^{1.756}-1)/(1.756)$ X 0.32
	+ variable indicatrice Italie X - 3.26	+ variable indicatrice Italie X - 3.46
	+ variable indicatrice Belgique X - 1.56	+ variable indicatrice Royaume-Uni X - 1.08
	+ variable indicatrice Allemagne X - 0.61	+ variable indicatrice Belgique X - 1.54
	+ variable indicatrice Suisse X - 0.38	+ variable indicatrice Allemagne X - 0.91
	+ variable indicatrice France X 2.98	+ variable indicatrice Suisse X 2.93
	+ $((\text{tonnes} \times \text{kilomètres})^{0.089}-1)/(0.089)$ X 0.04	+ variable indicatrice France X - 3.72
		+ $((\text{tonnes} \times \text{kilomètres})^{0.258}-1)/(-0.258)$ X 10.25
		+ 38.03

Le tableau suivant présente les élasticités issues de ces formulations :

Valeurs des élasticités des parts modales par rapport aux variables de coûts et de temps

		Résultats de la modélisation			Observation		
		Route	For	Transport combiné	Route	For	Transport combiné
Formulation sans coûts croisés	Parts modales	79.8%	1.6%	15.6%	75.4%	5.6%	19.0%
	Valeur de l'élasticité de la part modale par rapport :						
	au coût kilométrique	-0.58	-2.71	-3.10			
	à la vitesse	0.33	1.57	1.27			
Formulation avec les coûts croisés	Parts modales	79.5%	1.8%	15.7%			
	Valeur de l'élasticité de la part modale par rapport :						
	au coût kilométrique	-0.81	-1.09	-2.27			
	à la vitesse	0.36	1.78	1.39			

Les élasticités sont calculées pour une variation de 5% de la variable concernée.

Ces élasticités représentent la sensibilité de la part modale aux variations d'une variable (coûts ou temps). Plus l'élasticité est élevée en valeur absolue et plus cette sensibilité est forte.

## Conclusion

Cette analyse a montré que l'usage de transformations de Box et Cox permet d'estimer une formulation utilisable de "Logit Universel".

Elle a aussi montré que la question de savoir si certains modes sont concurrents ou complémentaires est une question admissible dont les modélisateurs ne doivent pas avoir peur, pas plus d'ailleurs qu'ils ne doivent craindre la complexification des calculs dans le cas de la recherche de formulations non linéaires.

### GO 5

Groupe opérationnel : **Logistique et transports de marchandises**

Responsable de l'étude : Isabelle Paulmyer - Setec-International/Setec-Economie

Tél. : 01 40 04 62 57 - Courriel : paulmyer@inter.setec.fr

## MARCHANDISES - CONNAISSANCES

# ELP : Espace logistique de proximité de Bordeaux. Evaluation économique et environnementale

Comment assurer la distribution urbaine des marchandises pendant les travaux du tramway de Bordeaux ? C'est cette difficulté qui a conduit à concevoir et à faire naître le projet **ELP**.

### Contexte général

Le projet **ELP** de Bordeaux est né dans le contexte des travaux du tramway qui ont généré de grosses difficultés d'accès, de circulation et de stationnement sur l'ensemble du centre-ville. Les commerçants ont été fortement pénalisés par cette situation. La CCI de Bordeaux a mené une réflexion sur la problématique livraisons des marchandises dans l'hyper centre qui a été l'occasion de réunir tous les acteurs publics et privés concernés pour rechercher une solution permettant d'assurer la distribution urbaine des marchandises pendant les travaux du tramway. Cela a conduit à concevoir et à faire naître le projet **ELP**.

Une expérimentation a été menée en deux phases entre février 2003 et mai 2005, à l'initiative de la CCI de Bordeaux, avec le soutien de la Communauté Urbaine et de la Ville de Bordeaux, ainsi que de l'Ademe.

Nous avons réalisé pour le compte de la CCI de Bordeaux :

- un suivi et des analyses statistiques détaillées de la fréquentation de l'**ELP**,
- des études qualitatives de satisfaction,
- des études quantitatives sur l'évolution de la structure des tournées de livraisons ;
- une évaluation économique et environnementale de l'impact du projet et de ses perspectives de développement.

### Le concept ELP

L'**ELP** est une aire de livraisons et de manutention, réglementée par un arrêté municipal, mise en place sur la voie publique à proximité immédiate du centre-ville.

L'aire a en moyenne une surface de 75 m<sup>2</sup> et accepte simultanément environ quatre véhicules de livraison de moins de 7,5 tonnes.

Elle est gérée par des voltigeurs qui accueillent les livreurs, les aident dans les opérations de stationnement et de manutention et assurent la surveillance du site. Des outils de manutention : diables, chariots mécaniques, vélo triporteur sont également mis à disposition.

## Les résultats

La première année d'expérimentation a démarré le 17 février 2003 avec la mise en place d'un premier espace dans la zone travaux.

On a dénombré, sur la base de 294 jours d'expérimentation, 675 utilisateurs différents qui ont effectué 11 217 arrêts. A chaque arrêt correspondent en moyenne 2 positions et 6 colis livrés ou enlevés. Les principaux utilisateurs sont les entreprises de messagerie et de fret express.

Sur le plan du bilan environnemental, on observe :

- une réduction de la consommation énergétique moyenne de 660 grammes équivalent pétrole par arrêt,
- une réduction moyenne d'émission de 845g de CO<sub>2</sub> par arrêt, soit près de 40 kg par jour.

Le passage par l'**ELP** permet au livreur de réduire la durée de sa tournée de 10 minutes par arrêt, soit en moyenne pour l'ensemble des utilisateurs une économie d'une tournée par jour.

Les enquêtes de satisfaction auprès des commerçants et des transporteurs sont très positives. Le changement de site d'implantation n'a pas perturbé la fréquentation de l'**ELP**.

La deuxième phase d'expérimentation, démarrée début juin 2004, permet de tester le concept **ELP** à la fois sur une zone en travaux et sur une zone hors travaux ; et de tester également l'utilisation du vélo triporteur de la Petite Reine et du Chronocity de Chronopost International. La faisabilité et la pertinence de l'implantation d'un **ELP** dans une zone "hors travaux" a été démontrée. L'utilisation d'un vélo triporteur ou d'un Chronocity permet d'accroître très sensiblement la productivité et d'élargir la zone desservie par l'**ELP**. La phase expérimentale s'est terminée le 31 mai 2005.

## Perspectives

L'étude d'évaluation n'est pas achevée. Nous réfléchissons avec les partenaires impliqués dans le projet aux moyens de pérenniser et de professionnaliser un service combinant l'exploitation d'espaces logistiques de proximité et l'utilisation de vélos triporteurs, d'outils de manutentions et de véhicules propres pour la desserte du dernier kilomètre en centre-ville.

### GO 5

Groupe opérationnel : **Logistique et transports de marchandises**

**Responsable de l'étude** : Bernard Gérardin

Mobile : 06 10 68 80 32 Tél./fax : 01 48 40 58 11

Courriel : bgerardin2@wanadoo.fr

MARCHANDISES - TECHNOLOGIES

# NOVUM : Nouvelles méthodes de prédiction quantitatives de la performance des rails sous accroissement des sollicitations de service

Du fait notamment de l'accroissement du tonnage fret sur certains axes ferroviaires, il s'avère nécessaire de mieux appréhender le comportement des rails en réponse à des sollicitations plus fortes. D'autre part, il est aussi nécessaire d'en optimiser la maintenance et d'en améliorer les techniques de réparation. Tels sont les objets de la présente étude entreprise dans le cadre du programme "Deufrako" de coopération franco-allemande.



*Primé*

Ce projet, entrepris dans le cadre d'une coopération franco-allemande Deufrako, s'inscrit dans les actions à entreprendre pour prédire la performance des rails dans les conditions de trafic actuelles ou prévisibles à moyen terme. Ces conditions se caractérisent par une augmentation des vitesses, des charges à l'essieu, du volume du trafic, par une modification du type des engins de traction, ainsi que par de nouvelles méthodes de maintenance. Il résulte de ces divers facteurs une modification des distributions habituelles des contraintes dans le rail. Parallèlement, le produit rail bénéficie d'avancées significatives sur le plan de la qualité et de la performance en service en vue de s'adapter à ses exigences d'utilisation.

## Problématique

Des phénomènes nouveaux (fatigue de contact, fluage sous charge, impacts dynamiques) viennent se superposer aux modes de dégradation connus (corrosion, usure, fatigue interne).

L'objectif de ce projet est de proposer une étude de l'ensemble de ces questions sur les plans fondamentaux et appliqués.

Des progrès appréciables ont été réalisés depuis une vingtaine d'années dans les domaines des méthodes expérimentales, de la fatigue des matériaux et de la modélisation numérique. Ce sont ces progrès que le projet vise à mettre en oeuvre en fédérant l'apport des laboratoires et des centres de recherche autour de l'expérience des réseaux SNCF, RATP et DBAG ainsi que du four-



nisseur de rails Corus et de l'Institut fédéral allemand d'essais de matériaux (Bam).

La modélisation des sollicitations et de la fatigue des matériaux qui en résulte n'est qu'une étape intermédiaire, bien qu'indispensable. Le but le plus important de ce projet de recherche est la prévision de la croissance des fissures susceptibles de s'amorcer de différentes façons sous sollicitations. L'importance de cet objectif vient de son impact très fort sur la disponibilité et la régularité, dans la mesure où une connaissance plus précise de la vitesse de croissance facilite l'adaptation des cycles de surveillance, même s'il subsistera toujours une part aléatoire non couverte par la prévision.

On distinguera deux domaines de modélisation selon que l'on se trouve au voisinage du contact ou bien dans le champ lointain. Pour fixer les idées, le champignon relève du champ proche car le régime des contraintes y est fortement déterminé par le champ hertzien. A l'opposé, le champ lointain est essentiellement ce type flexion.

## Déroulement de l'étude

### Description schématique des étapes du projet

Le projet, à la fois théorique et expérimental, comporte trois grandes phases :

1. Détermination par modélisation numérique des sollicitations subies par le rail en régime dynamique sous l'effet des sollicitations ferroviaires et incidence de ces sollicitations sur l'endommagement des rails.
2. Validations expérimentales et calage des modèles numériques.
3. Bilan sur l'endommagement des rails en fonction du trafic et des paramètres caractéristiques de l'infrastructure. Adaptation des cycles de surveillance et des méthodes de maintenance pour augmenter la durée de vie du rail.

### Pilotage du projet

#### Partie française

Les partenaires industriels français du projet sont associés par une convention IDR2 (Initiative de Développement et de Recherche sur le Rail). Des universités et des centres de recherche participent aux travaux décidés par les membres de cette convention et en particulier au projet **Novum**.

Les membres de la convention sont la SNCF, la RATP et Corusrail-France. Les universités ou centres de recherche auxquels sont confiés des travaux sont le Laboratoire de Mécanique des Solides de l' Ecole Polytechnique (LMS), le Laboratoire de Mécanique des Contacts de l'Insa de Lyon (LMC) et le Laboratoire des Technologies nouvelles de l'Inrets (LTN/Inrets).

### Partie allemande

Les participants allemands sont le Centre de recherches techniques de la Deutsche Bundesbahn (DBAG TZF), l'Institut Fédéral allemand d'essais de matériaux (Bam) et l'Institut de Recherche sur les Matériaux (GKSS).

Une à deux réunions ont lieu chaque année entre les partenaires français et allemands du projet **Novum**, afin de superviser l'avancement des tâches respectives.

### La coopération Franco-Allemande

L'apport de la partie française se concentre surtout sur un savoir-faire dans les domaines de la modélisation numérique de l'endommagement ou du contact entre le rail et la roue. Cette connaissance est mise en oeuvre par les chercheurs du LMS, de l'Insa et de l'Inrets.

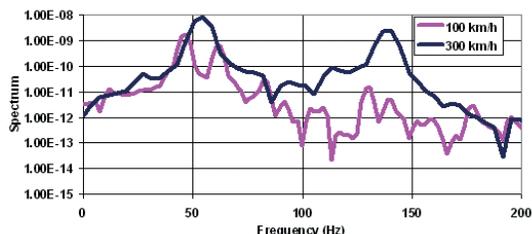
La contribution allemande, très complémentaire, porte :

- sur les mesures in-situ des sollicitations réelles,
- sur les essais au banc en vraie grandeur.

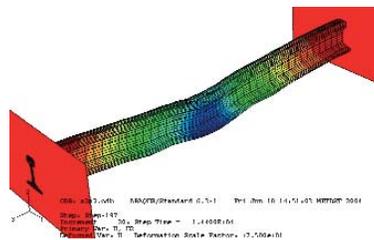
## Les résultats

Les modélisations réalisées restituent le comportement vertical et transversal du rail sous circulation, ainsi que l'impact de certaines interventions de réparation du rail.

Des simulations en laboratoires et en voie sont effectuées pour valider les prédictions théoriques de fissuration des rails sous sollicitations



*Influence de la vitesse sur les oscillations verticales.*



*Déformation résiduelle après réparation.*



*Simulation en laboratoire.*



*Essai en voie.*

## Perspectives

Grâce à une meilleure prédiction de la croissance des fissures en fonction du trafic supporté et de la constitution de l'infrastructure, il devrait être possible d'adapter les cycles d'auscultation à l'accroissement ou au changement de nature des sollicitations.

Ce changement de nature des sollicitations est aujourd'hui particulièrement sensible sur certaines lignes banlieue, en particulier en Ile-de-France, où la densité des circulations, combinée à une relative augmentation des charges à l'essieu, provoque un vieillissement anticipé du rail. Pour cerner cet effet relativement nouveau dans lequel la répétition et le rapprochement des cycles de charge jouent un rôle essentiel, il faut développer des modèles sensibles à ces facteurs jusqu' alors assez peu étudiés.

Les résultats de l'étude seront également très précieux pour apprécier les conditions de fatigue des rails sous l'effet des futures sollicitations entraînées par l'élévation des tonnages. Il y a à un enjeu très fort puisque la tendance est aujourd'hui au développement trans-frontière des trafics de ferroutage, dans le but de protéger l'environnement. Ce développement sera d'autant plus favorisé que le choix des cycles de maintenance et la durée de vie du rail seront mieux adaptés en vue d'abaisser les coûts globaux.

En améliorant ainsi la connaissance des phénomènes de fatigue des rails dans ce domaine de trafic, les cycles de surveillance ainsi que la prévision des remplacements de rails seront mieux adaptés. Ceci bénéficiera bien entendu à la régularité et donc au service rendu à la clientèle.

Pour l'industriel Corus, ces travaux aboutissent à une meilleure connaissance des conditions de sollicitation du rail, à partir de modèles et de mesures systématiques en voie. Ceci est très important pour le choix d'aciers appropriés aux sollicitations réellement supportées, qui sont en général estimées par leurs valeurs moyennes. Le plan de mesures in-situ prévu dans le projet sera à cet égard une source très utile d'informations.

#### GO 6

Groupe opérationnel : **Technologies pour les transports de marchandises**

**Contact** : Louis Girardi - SNCF, Direction de l'Infrastructure, Division des Rails

Tél. : 01 53 42 99 50 - Courriel : louis.girardi@sncf.fr

**Partenaires** : Deutsche Bahn AG, DB Systemtechnik, Corus, RATP, Unité Voie, Insa-Lyon, Laboratoire de Mécanique des Contacts, Inrets, Laboratoire des Technologies nouvelles, Ecole Polytechnique, Laboratoire de Mécanique des Solides Mecamix.

## MARCHANDISES - TECHNOLOGIES

# ELODIT : Etude comparative de solutions de Locomotives européennes De grande puissance à moteur Diesel ou à Turbines

Le projet rend compte d'une étude comparative se rapportant à la faisabilité complète d'une locomotive équipée, soit d'un moteur diesel rapide de nouvelle génération, soit de turbines à gaz. L'architecture retenue est de type BoBo existant et des contraintes de poids et de puissance ont été imposées.

### Objectif du projet

Ce projet est commun à Turboméca, SNCF et Alstom. La comparaison des solutions a porté sur les coûts de réalisation, les coûts de possession: combustible et maintenance, la pollution (gaz, particules, bruit), les performances, la fiabilité de service.

Les hypothèses de départ sont les suivantes :

- 3000 kW à la jante ; • locomotive BoBo ; • 21t/essieu ;
- 240 000 km/an ; • plus de 4000 h de fonctionnement annuel.

Dans le but d'appréhender de futurs trafic fret potentiels, ces hypothèses vont au-delà des spécifications des matériels actuels.

### Architecture locomotive

Les deux solutions retenues sont d'une part une locomotive équipée d'un moteur Caterpillar 20 C175 de 3600 kW et d'autre part une locomotive équipée de deux groupes Turboméca TM1800 de 1800 kW chacun. Le reste des équipements de la locomotive sont communs aux deux solutions, notamment la transmission électrique de puissance basée sur l'utilisation de moteurs de traction asynchrones alimentés par des onduleurs à IGBT.

#### *ETUDE COMPARATIVE* Performances

#### *Cycle de fonctionnement et exploitation*

Exploitation

Profil type de mission :

- parcours Rouen-Dijon, soit 580 km avec un train de 1600 t ;
- 240 000 km/an ; • 4000 h de fonctionnement annuel.

Les calculs de coût de maintenance ne concernent que la partie production d'énergie et sont basés sur les retours d'expérience des motoristes. De plus, pour optimiser la consommation dans la solution à turbines, il est convenu qu'une turbine sur deux est arrêtée pendant 100 % des temps de ralenti logistique, soit environ 50 % du temps d'utilisation de la locomotive.

### Consommations

Résultats sur le parcours type AR :

- 7 854 kg de gazole pour la solution à moteur diesel Caterpillar,
- 8 290 kg de gazole pour la solution à turbines TM 1800.

### Emissions polluantes

Les objectifs sont donnés par la fiche UIC 624 applicables à partir du 1er janvier 2008 :

NOx = 6 g/kWh

CO = 2 g/kWh

HC = 0,5 g/kWh

Particules = 0,2 g/kWh

suivant la pondération donnée par cette même fiche (25 % au nominal, 15 % à mi-charge et 60 % au ralenti)

A l'heure actuelle, les émissions polluantes du moteur Caterpillar retenu n'ont pas encore été mesurées mais le motoriste affiche cet objectif.

Pour le groupe turboalternateur, les mesures effectuées ont mis en évidence des émissions gazeuses inférieures de 20 à 80 % aux valeurs fixées par la fiche UIC pour un fuel possédant les caractéristiques suivantes :

Suivant NF EN 590, fiche CSR407	42000 (tbc) kJ/kg
Teneur en soufre	£ 50 ppm

### Fiabilité de service

En l'absence des données relatives au moteur C175 de Caterpillar (en cours de développement), les valeurs de référence pour la motorisation diesel ont été extrapolées sur la base des renseignements fournis par le motoriste pour le moteur 3516 BHD (16 cylindres, 2000 kW).

La solution turboalternateurs offre de meilleures caractéristiques de fiabilité. En effet, en cas d'incident sur un groupe, la moitié de la puissance restera disponible sur le deuxième et pourrait permettre, dans la plupart des cas, de dégager la voie, terminer la mission si les conditions de circulation le permettent, ou acheminer sans assistance la locomotive dans un centre de réparation.

### *Implantation, encombrement et masse*

Les simulations d'encombrement et de masse d'une locomotive répondant aux critères européens de "crash" et de compression de chaudron sont résumés dans le tableau suivant :

Motorisation	Longueur tampons inclus	Masse totale	Masse à l'essieu
diesel	21,8 m.	94,4 t	23,6 t
turboalternateurs	23,10 m.	85,6 t	21,4 t

### **Coût de possession**

Le calcul réalisé sur les 30 ans de vie de la locomotive ne porte que sur la partie production d'énergie avec ses servitudes et pour le profil de mission type.

Résultats :

- coûts d'acquisition inclus  
Solution diesel : 2,85 €/km  
Solution bi- turbines: 2,66 €/km
- hors coûts d'acquisition  
solution diesel : 2,70 €/km  
solution turbines : 2,38 €/km.

### **Conclusion**

La conclusion générale est en faveur de la solution à deux groupes turboalternateurs sur trois points essentiels :

- coûts de maintenance significativement plus faibles ;
- faisabilité de la locomotive en solution BoBo ;
- redondance de la production d'énergie qui devrait permettre d'éviter le secours en ligne dans la plupart des cas d'avarie d'un groupe de production d'énergie.

Seule la consommation de carburant est légèrement en défaveur de la solution turbines.

La réalisation d'un démonstrateur permettrait de valider la solution à deux groupes turbo-alternateurs.

#### **GO 6**

Groupe opérationnel : **Technologies pour les transports de marchandises**

**Contact** : Bernard Dumas - Alstom Transport, établissement de Belfort, Solution Group Locomotives

Tél. : 03 84 55 22 84 - Courriel : [bernard.dumas@transport.alstom.com](mailto:bernard.dumas@transport.alstom.com)

**Partenaires** : SNCF, département MTD, Centre d'Ingénierie du Mans Turboméca, établissement de Bordes (64)

## MARCHANDISES - TECHNOLOGIES

# Chrono City

Imaginée et développée par Chronopost International, la solution **Chrono City** s'adapte aux nouveaux impératifs de livraison en centre-ville et répond ainsi aux attentes des collectivités locales, des commerçants comme des riverains.

### Problématique

#### du Transport de Marchandises en Ville (TMV)

Aujourd'hui, les municipalités cherchent de plus en plus à répondre aux attentes de leurs concitoyens, à savoir diminuer la pollution atmosphérique et les nuisances sonores, décongestionner les centres urbains pour améliorer le cadre de vie des habitants.

Pour ce faire, la loi sur l'Air et l'utilisation rationnelle de l'énergie du 30 décembre 1996 oblige la rédaction d'un volet "marchandises" dans les plans de déplacements urbains. Cette mesure interpelle directement les entreprises et les décideurs locaux.

### Déroulement de l'étude

#### Une démarche pionnière dès 1998

Chronopost International a compris très tôt que le TMV constituait un nouvel enjeu en entreprenant la mise en place, en concertation avec les municipalités, de nouveaux modes de transport et de livraison respectueux de l'environnement, tout en préservant l'activité économique. En octobre 1998, Chronopost International présente une nouvelle solution répondant à ces objectifs au Predit 1996-2000 : la solution **Chrono City**. Le dossier est accepté en novembre 2000.

#### Une première concrétisation de **Chrono City** : le centre-ville de Strasbourg

En avril 2001, la mairie de Strasbourg souhaite travailler avec une entreprise de transport prête à proposer une nouvelle organisation de livraison dans la zone piétonne de la ville.

La solution **Chrono City**, qui a pour vocation première de réaliser de nouveaux outils et de mettre en œuvre de nouvelles organisations de travail en adéquation avec les spécificités de chaque ville, est alors acceptée au stade expérimental. Elle se déroule en général en 4 étapes :



- les plis et colis à destination du centre historique sont triés à l'agence Chronopost International. Ils sont ensuite entreposés dans des conteneurs de 1,3m<sup>3</sup> pouvant accepter jusqu'à 300 kg ;
- les conteneurs sont ensuite placés dans un véhicule dit "d'acheminement" qui effectue le trajet de l'agence Chronopost International au centre-ville ;
- une fois rallié le point d' "éclatement" situé à la périphérie du centre historique, les conteneurs sont embarqués sur une plateforme mobile électrique automotrice, équipée d'une "commande" permettant au messager Chronopost International de le manœuvrer ;
- la tournée à l'intérieur de la zone piétonne peut alors débuter.

## Les résultats de l'expérimentation à l'industrialisation

A l'issue de la phase d'expérimentation sur Strasbourg (du 15 septembre 2002 au 31 mars 2003), Chronopost International a effectué un bilan environnemental, social et économique.

Grâce à ce système, Chronopost International contribue à maintenir l'activité au cœur du quartier historique, tout en participant

de façon significative à la qualité de vie en centre-ville mais aussi à l'amélioration des conditions de travail de ses messagers :

- diminution des nuisances sonores dues aux véhicules de livraison
- diminution de la pollution atmosphérique
- diminution de l'encombrement des rues
- diminution des montées/descentes du camion par le Messenger (amélioration de la sécurité)
- diminution du risque d'accident
- diminution du stress des chauffeurs
- rapidité des livraisons par diminution des risques d'embouteillages.

### Exploitation des résultats

A la suite de ce bilan positif, Chronopost International a financé à 100 % l'industrialisation et le déploiement de la solution **Chrono City**. A ce jour, la solution est utilisée sur les villes de Annecy, Avignon, Bordeaux, Clermont-Ferrand, Grenoble, Lille, Montpellier, Nice, Paris, Strasbourg, Toulouse.

#### GO 6

Groupe opérationnel : **Technologies pour les transports de marchandises**

**Contact** : Pascal Triole - Chronopost International

Tél. : 01 49 69 81 08 - Courriel : p-triole@chronopost.fr

MARCHANDISES - TECHNOLOGIES

## SAFIR ++ Fluidification des nœuds ferroviaires complexes

Une voie de progrès pour accroître la ponctualité des trains et augmenter le débit des lignes sur les zones complexes de transit

Des travaux préliminaires de faisabilité théorique de la fluidification<sup>1</sup> avaient été réalisés par la direction de l'Innovation et de la Recherche de la SNCF avec le soutien du Predit dans le cadre du projet **Safir**. Ils ont permis, d'une part, de définir un algorithme efficace pour calculer des solutions de fluidification ; et d'autre part de mesurer l'intérêt de la fluidification en terme de réduction des retards, sous hypothèse que les trains soient localisés précisément sur la zone d'action à fluidifier.

Des travaux complémentaires, plus orientés sur la faisabilité opératoire, ont été réalisés dans le cadre du présent projet **Safir++**. Les problèmes sont abordés via des briques technologiques (GPS, GSM-R, ETCS2) qui permettent d'apporter des réponses satisfaisantes aux problématiques de la collecte des données de position et de vitesse des mobiles, de la transmission des vitesses de consigne aux conducteurs et de leur application. Corrélativement, un algorithme permettant de calculer plus précisément les directives de consignes a été mis au point.

### Problématique

Le projet **Safir** a permis de montrer que la fluidification constituait une solution efficace pour limiter les effets négatifs sur le débit ou la ponctualité des nœuds complexes. La mise au point d'un premier algorithme a démontré la faisabilité de pouvoir réaliser des calculs en des délais courts (< 10 secondes) pour trouver des solutions plus efficaces que la solution de non-intervention sur la vitesse.

Par contre, la faisabilité opératoire demeurerait à démontrer en raison des nombreuses difficultés résidant dans la collecte en temps réel des données de position et vitesse des mobiles et dans la façon dont les directives de vitesses seraient transmises au conducteur et appliquées par ce dernier.

<sup>1</sup> Le concept de fluidification consiste à agir sur la vitesse des trains afin de résoudre localement des conflits de circulation constatés en opérationnel. Les actions de fluidification sont complémentaires voire subordonnées aux actions de régulation qui fixent l'ordre de succession des trains en circulation sur le réseau.

## Déroulement de l'étude et résultats

Les algorithmes de résolution ont été améliorés en vue d'une généralisation du principe de calcul à toutes sortes de nœuds ferroviaires afin de transcender la spécificité des solutions retenues dans le cadre du projet **Safir**. Ils constituent donc une avancée significative par rapport à l'état atteint dans le projet **Safir**.

La stabilité et la fiabilité des solutions de fluidification telles qu'elles pouvaient être mises en oeuvre dans l'état technique actuel du système ferroviaire ont ensuite été analysées par une évaluation statistique de la robustesse des solutions de fluidification. Le principal enseignement de ce travail est qu'il serait vain d'attendre de bons résultats d'un système de fluidification si la précision des données d'entrée du système de calcul n'est pas améliorée par rapport au dispositif existant de localisation. À cet égard, le déploiement progressif sur l'ensemble du réseau ferroviaire du système de télécommunications GSM-R, associé à l'équipement des engins de traction, fournit une opportunité de surmonter cette difficulté qui sinon eut été rédhibitoire.

Ont été enfin répertoriées les solutions techniques (GPS, GSM-R, ETCS-2) qui peuvent ou pourraient être mobilisées pour pallier les défauts de précision des systèmes de localisation actuels, transmettre les directives de vitesse aux conducteurs et permettre leur application. Ces solutions donnent un réel crédit aux perspectives d'obtenir des gains significatifs et fiables, dans l'exploitation des techniques de fluidification.

## Perspectives d'exploitation des résultats

Une expérimentation de la fluidification sur le nœud ferroviaire de Rémilly-Baudrecourt, zone d'interconnexion entre la ligne LGV-Est et le réseau classique (à proximité de Nancy), est envisagée. Ce nœud fournirait un excellent cadre de test en raison de conditions technologiques favorables : déploiement réalisé du système GSM-R, nécessité d'équipement d'un nombre limité mais significatif d'engins moteurs, éventuellement extension à la gestion des TGV circulant sur la ligne LGV-Est équipée du système ETCS-2 qui permettrait de tester la transmission de directives de vitesse directement applicables.

### GO 6

Groupe opérationnel : **Technologies pour les transports de marchandises**

**Contacts** : SNCF - Direction de l'Innovation et de la Recherche

Daniel Gauyacq, Christelle Lérin (Courriel : [christelle.lerin@sncf.fr](mailto:christelle.lerin@sncf.fr)), Christian Weber (Courriel : [christian.weber@sncf.fr](mailto:christian.weber@sncf.fr)).

## MARCHANDISES - TECHNOLOGIES

# VIF : Véhicule PL Interactif du Futur

Cette recherche a pour objet l'optimisation, par l'intermédiaire de l'exploitation des nouvelles technologies de l'information et de la communication, des coûts économique et environnemental du transport routier de marchandises. Cet optimisation s'appuie sur le développement d'un système "communicant" et interactif (véhicule/composants, infrastructure, exploitation).

Compte tenu des progrès techniques réalisés ces dernières années, il paraît opportun de se poser globalement la question des possibilités optimales d'exploitation des nouvelles technologies d'échanges d'information pour les véhicules poids lourds de transport routier de marchandises.

Une combinaison judicieuse des possibilités techniques devrait permettre d'accroître la sécurité routière en créant simultanément des percées économiques et environnementales.

### Intérêt scientifique, technique, jeux économiques et sociétaux

L'intérêt scientifique et technique majeur du projet réside dans la co-conception, entre l'ensemble des parties prenantes (véhicules, infrastructures, pneus, logisticiens, transporteurs), d'un système de transport routier communicant optimisé selon quatre objectifs :

1. optimiser les coûts du transport (véhicules et infrastructures),
2. améliorer la sécurité routière,
3. réduire la pollution.
4. réduire les encombrements

### Déroulement de l'étude

Six grandes entités techniques sont mises en oeuvre :

1. L'ensemble routier (caractéristiques, dynamique et maintenance).
2. Le pneumatique (caractéristiques, maintenance et comportement).
3. Les infrastructures (caractéristiques et sollicitations).
4. Les informations conjoncturelles sur les conditions de trafic et météo.
5. L'exploitation des véhicules, fret et infrastructures
6. Les moyens télématiques.

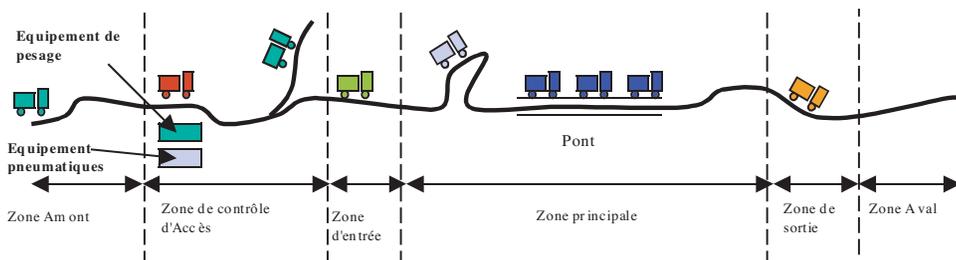
## Démarche

Ces six entités, que l'on peut définir comme des sous-ensembles techniques, vont être mises en un seul réseau interactif, apportant ainsi une intelligence d'un niveau supérieur au niveau de chacun.

L'innovation portera sur cette intelligence partagée et distribuée entre les différentes entités,

Le challenge principal portera sur la génération, l'échange, le traitement et l'usage des données pertinentes issues de chaque entité.

## Exemple de scénario



**Important :** cet exemple n'est pas exhaustif, son but est d'imager les possibilités offertes par un système coopératif.

La **“Zone Principale”** à surveiller/contrôler comporterait un pont ainsi que des zones à risques telles que des virages.

Le système envisagé pourrait identifier/peser les Poids Lourds pénétrant dans la **“Zone de contrôle d'accès”**. ainsi que contrôler l'état de leurs pneumatiques.

En fonction de l'état courant du véhicule, du trafic, de la météo, de contraintes réglementaires et/ou mécaniques sur l'infrastructure, l'accès à la zone pourrait être :

- autorisé,
- autorisé sous condition,
- déconseillé,
- interdit.

Le système pourrait également réaliser un pronostic de fonctions vitales du véhicule (ex. : pneumatiques) et prendre en compte cette information lors du contrôle d'accès.

Afin d'optimiser les temps de transport et/ou satisfaire les conseils d'accès, les véhicules pourraient prendre éventuellement un autre itinéraire.

Dans la **“Zone d'Entrée”** le système identifierait précisément la nature du trafic pénétrant dans la zone (Poids, nombre de V.I., Type de V.I., Vitesses,...).

Dans la “**Zone Principale**” le véhicule pourrait être une source d'informations permettant d'affiner les prévisions météorologiques et de trafic (détection de perturbation) en communiquant par exemple sa vitesse, la température extérieure,... A l'approche d'une zone dangereuse le système pourrait alerter les poids lourds si un risque de renversement est détecté et également communiquer des consignes de vitesse ou d'inter-distance.

De façon plus ou moins automatisée, le véhicule serait amené à prendre en compte ces consignes, tout en respectant la sécurité des usagers.

L'analyse de la circulation sur les ouvrages permettrait d'évaluer les dommages et fatigues imposés et contribuer ainsi à l'élaboration d'indicateurs d'usure.

Les gestionnaires de flotte et de fret pourraient recevoir des informations leur permettant d'optimiser le transport des marchandises, l'immobilisation des véhicules pour les opérations de maintenance comme les pneumatiques par exemple.

Dans la “**Zone de Sortie**” le système identifierait précisément la nature du trafic sortant de la zone.

## Perspectives

### *Conséquences attendues*

- amélioration de la stabilité du véhicule
- amélioration de la fonction adaptative Cruise Control (gestion distance inter-véhicules)
- diagnostic, pronostic et maintenance des pneumatiques
- amélioration de la maintenance des infrastructures
- amélioration de la sécurité routière
- amélioration du contrôle du trafic

### *Planning du projet*

Le projet se décompose en 3 phases principales

2005 – Etude/Interviews

2006 – Réalisation d'un prototype (Véhicule + Infrastructure)

2007 – Test et diffusion des résultats

### **GO 6**

Groupe opérationnel : **Technologies pour les transports de marchandises**

**Contacts** : Stéphane Verger - Renault trucks

Tél. : 04 72 96 63 64 - Courriel : [stephane.verger@renault-trucks.com](mailto:stephane.verger@renault-trucks.com)

**Partenaires** : Laboratoire Central des Ponts et Chaussées (LCPC), Sodit, MFPM (Manufacture Française des Pneumatiques Michelin)

# Énergie - Environnement

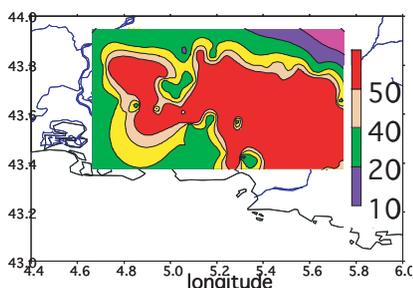
## CONNAISSANCES ET TECHNOLOGIES

Les transports terrestres, de personnes ou de marchandises ont un impact considérable sur l'environnement. Ils émettent des rejets atmosphériques (gazeux et particulaires) et ils sont la source de nuisances sonores. Il y a lieu de mieux les inscrire dans une perspective de développement durable.

Concernant les rejets atmosphériques, il faut en comprendre la genèse, la diffusion et les effets sur l'environnement, le climat et la santé. Il est aussi bien sûr impératif de les minimiser. Dans la mesure où ils sont directement liés à la consommation d'énergies fossiles, il y a lieu de réduire cette dernière en augmentant l'efficacité des systèmes de traction ou propulsion et d'utiliser des sources et vecteurs d'énergie aussi "propres" que possible. Cette orientation a d'ailleurs été confortée par la mise en oeuvre en 2004 du plan gouvernemental "véhicule propre et économe".

Pour le bruit, même si les phénomènes physiques mis en jeu sont totalement différents, la problématique, elle, est la même : il faut identifier l'origine des bruits, en comprendre la propagation, en étudier les effets sur les personnes et, in fine, supprimer ou à tout le moins minimiser, les émissions.

Escombe



Prototype Smart



## ENVIRONNEMENT - CONNAISSANCES

# Escompte

**Prévoir les épisodes de pollution atmosphérique et mieux connaître les processus physico-chimiques qui les génèrent, tels sont les objectifs du programme **Escompte** qui a fédéré une soixantaine d'équipes de recherche.**



Depuis peu l'homme a pris conscience de la dégradation de l'environnement planétaire liée à l'accumulation de polluants atmosphériques, à la concentration croissante de gaz à effet de serre, etc. Pour répondre à cette évolution les sommets de Rio (1992) et de Johannesburg (2002) ont promu le Développement Durable qui associe développement économique et respect de l'environnement.

C'est dans ce cadre que le Medd et les agences en charge de l'environnement (Ademe) ont initié, au travers des programmes nationaux inter-organismes PNCA et Primequal-Predit, le programme **Escompte** sur l'étude et la prévision des épisodes de pollution photochimique.

Ce programme comporte des objectifs appliqués comme la mise au point d'outils de prévision des épisodes de pollution atmosphérique et d'autres plus fondamentaux visant à mieux connaître les processus physico-chimiques qui génèrent ces épisodes. Ceux-ci, observés localement, résultent des transformations de polluants primaires (émis dans un rayon limité) au sein de panaches transportés sur plusieurs centaines de kilomètres.

La démarche suivie dans **Escompte** a consisté à établir, sur une région et pour une période adéquate, un cadastre d'émissions d'origine naturelle ou anthropique de haute résolution spatio-temporelle (1km\*1km\*1h) et à réaliser une expérience de terrain de grande envergure pour documenter la dynamique et la chimie atmosphérique dans la basse troposphère, lors de quelques épisodes de pollution photochimique.

Le domaine d'étude choisi est centré sur l'agglomération marseillaise et le complexe industriel de Fos-Berre. Il représente un parallélépipède de 120km\*120km\*3km. Cette région constitue en France une des zones de plus forte occurrence d'épisodes de pollution photochimique. La principale campagne de terrain s'est déroulée du 5 juin au 13 juillet 2001 ; elle a été précédée d'une expérience préparatoire d'ampleur plus limitée au cours de l'été 2000.

**Escompte** a fédéré une soixantaine d'équipes de recherche dont une dizaine d'équipes étrangères. Un important dispositif expérimental

a été déployé pendant la campagne de terrain : sept avions, des ballons plafonnants lâchés de deux sites "source" et 4 sites de radiosondage ; 24 instruments de télédétection active (lidars, radars et sodars) pour les profils de vent et d'ozone ; deux navires pour la chimie de l'air marin ; une trentaine de sites de surface, pour la météorologie et/ou la chimie, venant enfin compléter les réseaux des associations de surveillance de la qualité de l'air.

Les deux années qui ont suivi la fin de la campagne de terrain ont été consacrées à la constitution d'une base de données aussi complète et conviviale que possible, réalisée par Medias-France. Elle contient le cadastre d'émissions spécifiquement constitué et toutes les mesures réalisées lors des campagnes de 2000 et 2001. Une interface permet une extraction aisée des données choisies par fenêtrage spatio-temporel, plates formes et/ou paramètre (<http://medias.obs-mip.fr/escompte>).

La simulation numérique constitue un outil essentiel d'**Escompte** : les simulations préparatoires ont aidé à la définition du dispositif expérimental, en faisant ressortir les paramètres et les zones à documenter. De plus, à compter de mai 2003, un exercice ouvert de modélisation a été lancé. Il comporte la simulation, dynamique et/ou chimique, des épisodes observés pendant la campagne. Une dizaine d'équipes travaillent dans ce projet, dont le rendu doit avoir lieu courant 2005. La base de données **Escompte** est également utilisée pour simuler des scénarios de réduction d'émissions en vue de limiter les épisodes de pollution photochimique.

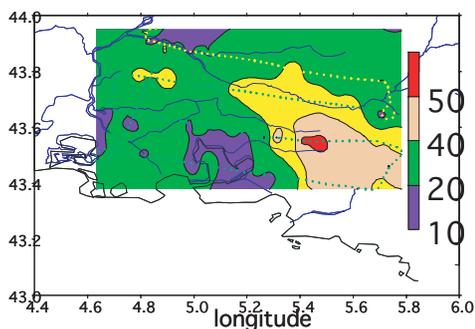
Les quelques exemples ci-dessous font ressortir les avancées du programme dans le domaine des études de processus liés à la pollution photochimique, et dans les aspects plus appliqués :

- La connaissance de la répartition géographique des panaches de polluants, issus de l'agglomération marseillaise et de l'Etang de Berre, est confirmée dans ses grandes lignes par les observations et la modélisation. Toutefois, certains processus dynamiques "fins" et mal connus, comme des circulations complexes de brise canalisées par les reliefs, conduisent à la pénétration ou pas dans la vallée étroite de la Durance, ou encore à des différences importantes observées sur l'épaisseur de la couche de mélange des polluants.
- La formation d'aérosols secondaires en zone urbaine a été mise en évidence. Les processus en jeu sont actuellement à l'étude, l'une des pistes envisagées étant la photochimie.
- Les nombreuses observations en altitude ont fait ressortir l'hétérogénéité horizontale des champs de scalaires (de l'ordre de 20 ppbv pour l'ozone sur des distances inférieures à 3 km), aussi bien que verticale : on observe un empilement de couches, avec des stratifications et des concentrations en gaz et particu-

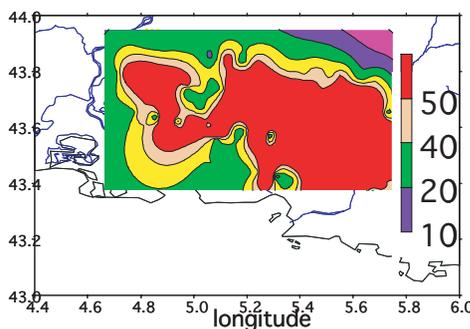


les très différentes. Dans de telles conditions, seule une modélisation couplée dynamique-chimie, avec une résolution suffisante (quelques kilomètres) peut permettre de résoudre le bilan d'un composé tel que l'ozone. A l'autre bout du spectre d'échelles, les mesures ont également montré l'impact du transport sur de longues distances, avec les traces retrouvées des panaches tantôt de la région de Barcelone, tantôt de la région de Lyon, voire de la région parisienne.

- Les "réacteurs chimiques" conduisant à la fabrication de l'ozone ont pu être observés à la fois en surface et en altitude. La chimie est très active le matin et en milieu de journée, suivant le schéma réactionnel bien connu mettant en jeu les précurseurs de l'ozone (NO<sub>x</sub> et COV). L'importance des COV d'origine biogénique a ainsi été mise en évidence. Le régime chimique observé pendant la plus grande partie de la campagne est un "régime sensible aux NO<sub>x</sub>", sauf au cœur de certains panaches, là où la concentration en NO<sub>x</sub> est élevée (du fait du trafic routier principalement) ; le régime peut alors devenir sensible aux COV. Dans l'ensemble, les vitesses de production chimique d'ozone observées étaient très élevées à l'intérieur des panaches (plusieurs dizaines de ppb par heure, voir figure jointe).



P(O<sub>3</sub>) en ppb h<sup>-1</sup> le 24 juin à midi



P(O<sub>3</sub>) en ppb h<sup>-1</sup> le 25 juin à midi

Vitesses de production chimique d'ozone, calculées sur un plan horizontal au milieu de la couche limite à partir des mesures aéroportées les 24 (à gauche) et 25 juin 2001 (à droite). Figure adaptée de Coll et al., *Atmos. Res.* **74**, 477-505.

L'analyse complète du bilan d'ozone, prenant en compte les termes de production et destruction chimique, transport par le mouvement moyen et la turbulence, et dépôt à la surface, ne peut se faire qu'au travers d'une modélisation couplée dynamique-chimie, prenant en compte les différentes échelles (locale, régionale,

inter-régionale). C'est ce qui est étudié actuellement par biais de l'exercice de modélisation. (<http://medias.obs-mip.fr/escompte/exercice/HTML/exe.html>).

Les études de processus dynamiques et chimiques engagées dans le programme **Escompte** vont se poursuivre pendant encore quelques années. Les modèles de Chimie-Transport développés et améliorés au cours de ce programme vont permettre de proposer des actions ad hoc pour réduire et gérer au mieux les épisodes de pollution de façon à en limiter l'ampleur et les conséquences.

#### Références :

De nombreux travaux relatifs à **Escompte** sont publiés dans un numéro spécial d'Atmospheric Research (vol. 74, Mars 2005). On pourra également consulter : Cros, B., P. Durand, H. Cachier, Ph. Drobinski, E. Frejafon, C. Kottmeier, P. E. Perros, V-H. Peuch, J.L. Ponche, D. Robin, F. Saïd, G. Toupance and H. Wortham, 2004, *The Escompte program : an overview*, **Atmos. Res.**, 69, 3-4, 241-279  
Durand, P. and Cros, B., 2004, *Une expérience d'étude de la pollution à l'échelle régionale : le programme Escompte*. **La Météorologie**, 44, 16-27.  
Pierre Durand et Bernard Cros  
Laboratoire d'Aérodologie – Université Paul Sabatier – CNRS – Toulouse.

## ENVIRONNEMENT - CONNAISSANCES

# PIE : Prospective et Indicateurs des impacts des transports sur l'Environnement

**Pie est un projet de recherche pluridisciplinaire qui vise à élaborer des outils pour évaluer de manière globale les différents impacts environnementaux du système de transport français, ou d'un sous-système, et pour évaluer leur évolution dans le temps.**

Seront élaborés des systèmes d'indicateurs de l'impact environnemental des transports par type de nuisance (pollution de l'air, bruit, pollution des eaux et du sol, impacts sur l'espace et le paysage, sur la faune et la flore...), agrégeant un certain nombre d'indices et tenant compte de variables et descripteurs physiques et perceptifs. Une méthode d'analyse multicritère sera développée pour agréger les différentes thématiques dans un outil d'aide à la décision permettant de fournir un diagnostic synthétique.

### Problématique

Dans le domaine des transports, les contraintes environnementales sont fortes et constituent une version de planification. Par ailleurs les impacts sur l'environnement sont très nombreux, de nature très diverse et sont parfois antagonistes. L'un des objectifs de ce projet est d'élaborer des indicateurs par type de nuisance tenant compte de variables physiques et de la perception des nuisances par la population, puis de construire un outil qui allie simplicité d'utilisation et validité. Cet outil doit notamment permettre de comparer les impacts environnementaux de différents modes, technologies ou politiques de transport.

Un gros effort de collecte et d'analyse de données parcellaires et de qualité hétérogène est nécessaire.

Le projet innove quant à son approche systémique des transports, de l'environnement, et du couple transports-environnement. L'approche pluridisciplinaire proposée vise la création d'une discipline "environnement" et la prise en compte de manière approfondie des enjeux environnementaux par les spécialistes des transports. La mise sur pied d'un tel consortium associant de nombreuses disciplines et laboratoires est un projet ambitieux, qui demande à être consolidé par un long travail sur un objectif commun scindé par des séminaires.

## Déroulement de l'étude

### 4 phases principales :

- A** - L'évolution du système de transport français au sens de ses infrastructures, des véhicules et de leurs usages de 1970 à 2050, pour l'ensemble des modes de transport.
- B** - L'évaluation de l'évolution des sources de nuisances.
- C** - L'élaboration des indicateurs pour chaque type de nuisance élémentaire.
- D** - La construction d'un système d'indicateurs environnementaux d'impact agrégés.

## Les résultats

Le projet **Pie** a été labellisé par le Predit en 2004. 3 thèses sont actuellement en cours, cofinancées par l'Ademe et l'Inrets,

- agrégation multicritères pour les indicateurs environnementaux liés aux transports (2005)
- indicateur acoustique urbain pertinent pour des périodes sensibles (2006).
- indicateur de pollution (fin 2006).

Différents travaux de recherche ont abouti à plusieurs rapports. Citons par exemple: *"Une analyse structurelle et morphologique des indicateurs d'impact sur l'environnement"* (M. Maurin, sept. 2002), *"Parcs, usages et émissions des véhicules routiers en France de 1970 à 2020"* (S. Lacour, R. Joumard), *"Enquête chargeurs"* (C. Rizet 2003), et *"Bilan des différentes filières énergétiques"* rédigé par L. Antoine et F. Badin, ainsi que des notes de synthèse *"Perspective et prospectives des sources d'énergie et des technologies classiques des véhicules"* (JP. Roumégoux, 2002) et *"Problématique pour une approche globale multi-nuisances des indicateurs de l'environnement"* (M. Maurin, 2004) et *"Analysis and bibliographical summary of the different « Environment and Transport" Indicators Systems* (J. Beaumont, J. De Quinhones Levy et A. Pinela, avril 2005).

## Perspectives

- Amélioration des connaissances en matière d'environnement des transports et notamment sur la période 1950-2050, pour l'ensemble des modes de transport.

- Les évolutions des sources de nuisances, tout en ayant une approche du cycle de la vie des transports (bruit, pollution locale, effet de serre, déchets, eau, paysage).
- La construction d'indicateurs de l'environnement par type de nuisance agréant un certain nombre d'indices et tenant compte des variables et descripteurs physiques et perceptifs. Ces outils doivent notamment permettre de comparer les impacts environnementaux de différents modes, technologies ou politiques de transport. Une approche multi critère est en développement.

**GO 7**

Groupe opérationnel : **Impacts énergétiques et environnementaux**

**Contact** : J. Beaumont – Inrets/Laboratoire Transports et Environnement

**Partenaires** : une vingtaine (EPST, universitaires français et étrangers)

## ENVIRONNEMENT - CONNAISSANCES

# SMET : vers un Système de Management Environnemental des Transports

### Un outil de gestion de la circulation pour les politiques publiques

Le fret routier est désormais l'une des activités les plus présentes dans l'espace urbain. Il assure l'approvisionnement des commerces, permet la diffusion territoriale des productions nationales comme étrangères et contribue au dynamisme économique local. Mais son fonctionnement est à l'origine de problèmes environnementaux graves. Les véhicules de livraison sont toujours plus nombreux et participent activement aux problèmes de congestion, de pollution et autres nuisances dont souffrent nos villes. Concilier transport et environnement, tel est donc l'un des défis majeurs des politiques urbaines contemporaines. Rendus obligatoires par la loi sur l'air et l'utilisation rationnelle de l'énergie (Laure), les Plans de Déplacements Urbains (PDU) intègrent ainsi le transport et la livraison des marchandises *“de façon à en réduire les impacts sur la circulation et l'environnement”* (art. 28-1 al.5 ).

Cette étude fixe les modalités de structuration, puis de mise en œuvre d'indicateurs de développement durable (IDD) spécifiques au fret terrestre, susceptibles de s'inscrire dans le cadre plus exhaustif d'un Système de Management Environnemental des Transports, outil de gestion de la circulation sur un territoire donné.

- Les résultats obtenus répondent à un objectif à la fois théorique et opérationnel :
  - Ils fixent les modalités de réalisation d'indicateurs.
  - Ils présentent l'espace géographique comme support fondamental pour l'étude des effets environnementaux, définissant des grilles d'analyse variables selon l'échelle retenue.
  - La méthodologie exposée repose à dessein sur la structuration d'un Système d'Information Géographique, établi à partir de données variées relatives aux transports, à l'environnement, comme à l'occupation du sol. Un tel outil doit permettre l'élaboration d'un ensemble d'indicateurs représentatifs de situations actuelles en matière d'exposition des populations aux nuisances et pollutions, mais aussi de risques pour les milieux naturels au regard des conditions de réalisation du transport de marchandises.

L'étude réalisée permet ainsi la mise en lumière de situations critiques mais aussi de marges de manœuvre en matière de fret terrestre. Elle s'affirme dès lors comme un outil d'aide à la décision susceptible d'éclairer et d'orienter les acteurs du transport, professionnels et institutionnels, dans le choix de solutions alternatives d'aménagement (transfert modal, changement d'itinéraire...) en matière de transport de marchandises.

Le projet s'inscrit dans la logique d'une approche générale sur les types d'indicateurs d'impact final des transports. Les objectifs à atteindre suite à cette réflexion sur les indicateurs sont les suivants : La mise en œuvre de politiques nouvelles susceptibles de réduire les clivages et, l'adoption de comportements nouveaux permettant de réduire les atteintes portées à l'environnement.

La recherche menée retient pour finalité principale d'inscrire les indicateurs de développement durable dans une démarche de mise en œuvre d'un Système de Management Environnemental (SME) spécifique aux transports terrestres.

L'étude portant sur un Système de Management Environnemental (SME) appliqué aux transports a permis de réunir dans une même structure organisationnelle des outils d'évaluations (indicateurs) pour analyser et synthétiser de manière rigoureuse les phénomènes complexes liés au transport. La mise en place du SME engendre également la mise en œuvre d'un outil d'aide à la décision simple d'utilisation, pouvant croiser des informations de natures diverses. Cet outil est le Système d'Informations Géographiques.

L'intérêt de faire de la gestion de la mobilité dans le cadre du Management Environnemental est d'ordre divers. Il s'agit tout d'abord d'offrir l'occasion de nouveaux partenariats, entre organismes publics, entreprises privées et services de l'État. En effet, un Système de Management Environnemental permet de réunir autour d'un projet commun, les collectivités locales, les organes décentralisés (Région, Département,...) les représentants des organes déconcentrés de l'État (DDE, DDI, Ademe,...), le secteur privé et les représentants de la société civile.

De plus, agir dans le cadre du management environnemental, selon le principe d'amélioration continue et d'un suivi permanent des actions, permet de s'assurer rapidement de la satisfaction de nouvelles pratiques de déplacement et d'apporter les corrections qui semblent nécessaires. Enfin, l'évaluation des résultats permet de déterminer si les efforts consentis ont permis de réduire l'impact environnemental du transport sur le territoire concerné. Si ce bilan s'avère positif, il justifiera les efforts consentis, à l'inverse si cela ne s'avère pas satisfaisant, cela peut inciter à modifier les politiques de transports mises en place.

Une telle approche s'inscrit dans une démarche continue d'amélioration des conditions de réalisation de la circulation des biens mais aussi d'accompagnement de l'évolution des trafics à court, moyen et long terme sur un territoire fragile et en pleine mutation économique.

**GO 7**

Groupe opérationnel : **Impacts énergétiques et environnementaux**

**Contacts** : Alban Bourcier, Estelle Levesque, Daphné Hardy - Société GéoDéveloppement

Tél. : 02 35 24 76 41 - Fax : 02 35 24 77 07

Courriels : [alban.bourcier@chello.fr](mailto:alban.bourcier@chello.fr), [estelle.levesque@godeveloppement.com](mailto:estelle.levesque@godeveloppement.com)

## ENVIRONNEMENT - CONNAISSANCES

# SONVERT

Le niveau de bruit homologué d'une voiture n'est pas représentatif des nuisances sonores émises dans l'environnement lors d'une utilisation réelle. Ce niveau de bruit est mesuré au passage selon la norme ISO 362 à 7,5 m de part et d'autre d'une piste normalisée lorsque le véhicule roule pendant 20 mètres à 50 km/h en pleine charge.

Les nuisances sonores dans l'environnement sont produites à 70 % par les transports routiers. C'est donc un enjeu important dans lequel la recherche Sonvert s'insère : s'atteler à la connaissance de l'ensemble des phénomènes acoustiques qui rentrent en jeu lorsqu'une voiture circule, et cela, quelle que soit son utilisation, est une tâche ambitieuse et réaliste, compte tenu des progrès scientifiques réalisés à ce jour.

L'objectif de cette recherche est d'établir une méthodologie pour connaître le bruit en tout point dans l'environnement et à tout instant, d'un déplacement d'un véhicule routier. Connaissant cela, on pourra ensuite "remonter" par cheminement inverse aux sources de bruit, et proposer des solutions de réduction acoustiques pertinentes.

### Problématique

La problématique du bruit routier peut être appréhendée de deux façons différentes : soit par la connaissance du bruit moyen d'un ensemble de véhicules, soit par la connaissance du bruit d'un véhicule, en particulier.

D'une part, on connaît le bruit moyen sur une longue période d'un trafic relativement important de véhicules ; ce bruit dépend du nombre de véhicules en circulation mais aussi de la vitesse moyenne de flot, de la pente de la voie du pourcentage de poids lourds... De tels niveaux de bruit ont été établis à partir de statistiques sur de nombreuses mesures de bruit et permettent d'estimer, relativement finement, le bruit qui parvient aux bâtiments situés en bordure de voies rapides, par exemple.

En second lieu, on connaît le niveau sonore de tous les véhicules mais dans une seule et unique configuration donnée : celle de la norme ISO 362 pour homologation. Ces niveaux ne peuvent excéder une certaine valeur fixée par la réglementation avant d'être mis sur le marché.

Entre le niveau sonore d'un trafic de véhicules et le niveau sonore au passage selon la norme ISO 362, il n'y a pas de moyen terme. C'est

pourquoi, le projet **Sonvert** vise l'établissement d'une méthodologie de qualification des nuisances sonores des véhicules routiers qui permette de connaître le bruit d'un véhicule en tout point de l'environnement et pour toutes les configurations possibles : vitesse-charge. A plus long terme, on pourra modéliser par addition des différents niveaux sonores, une série de véhicules et connaître en tout point le bruit d'un flot de véhicules, de manière extrêmement fine.

## Déroulement

La modélisation se base sur la décomposition du bruit selon les trois principales sources de bruits d'un véhicule routier : le bruit du groupe moto-propulseur (moteur, boîte de vitesse, transmission...), le bruit de l'échappement (et de l'admission) et, enfin, le bruit de roulement des pneumatiques sur la chaussée ; chacune de ces sources pouvant être décomposée en source de bruit élémentaire.

Le premier travail à effectuer est la construction d'une macro-source à partir des sources élémentaires citées ci-dessus. La notion de macro-source acoustique consiste à considérer le véhicule comme une surface sur laquelle on a ramené les contributions des différentes sources acoustiques élémentaires. Cette surface "fictive" qui correspond à l'enveloppe externe du véhicule, permet d'effectuer les calculs de propagation à partir de cette surface "équivalente". L'intérêt d'une macro-source se situe dans l'exploitation que l'on en fait par la suite !

Le second travail à effectuer est la propagation du bruit dans l'environnement à partir de la macro-source précédemment calculée dans une direction et pour une distance donnée, en fonction d'une configuration vitesse-charge du véhicule. Ce calcul est alors facilité par la méthodologie, puisque c'est globalement que le bruit est appréhendé par l'intermédiaire de cette macro-source.

## Résultat et perspectives

La pari de cette recherche est donc d'établir l'architecture méthodologique qui permettra de faciliter les calculs de propagation et la multiplication des sources dans des configurations parfois très différentes. En particulier, cela permet de considérer simultanément une multitude de macro-sources et de calculer leurs contributions acoustiques cumulatives en tout point donné de l'environnement.

**Coordonnées :**

**Rédacteur du présent article et suiveur du projet Sonvert :** Emmanuel Thibier  
Acousticien à la Direction Air, Bruit et Efficacité Energétique,  
Ademe, 500, route des Lucioles - 06560 Valbonne. Tél. : 04 93 95 79 00

**Chef du projet Sonvert :** Jean-François Rondeau - Faurecia, Centre R&D de Mouzon,  
BP13 - 08210 Mouzon. Tél. : 03 24 22 74 79

**Partenaires du projet Sonvert :**

Philippe Jean - CSTB, 24, chemin Joseph Fourier - 38400 Saint-Martin-d'Hères ;  
Gérard Borello - Inter-Ac, 10, impasse Borde-Basse, ZA La Violette - 31240 L'Union ;  
Slahedine Fricka - ESI groupe, 99, rue des Solets - Silic 112 - 94513 Rungis cedex

## ENVIRONNEMENT - CONNAISSANCES

# “Surveillance et suivi de la pollution de l'air en proximité de grandes infrastructures de transport”

### Les objectifs

Les travaux s'inscrivent dans le contexte d'un appel à proposition lancé dans le cadre du groupe 7 du Predit. Ils visent à réaliser le cahier des charges d'un dispositif de surveillance qui sera mis en œuvre par les associations de surveillances de la qualité de l'air. Ce dispositif sera spécifiquement dédié à la surveillance de la qualité de l'air au voisinage d'axes de circulation automobile dans les zones interurbaines. Le développement de règles de production d'un ou plusieurs indicateurs, en utilisant les données du futur dispositif, fait partie intégrante du projet.

Il s'agit en premier lieu de clarifier les exigences découlant des directives européennes, qui restent assez évasives sur la manière d'assurer une surveillance en proximité de sources d'émission, notamment pour les grandes infrastructures de transport. Les travaux envisagés permettront de proposer à la Commission européenne une approche spécifique, en tenant compte des travaux menés par ailleurs dans le cadre de programmes européens (City Delta, Street Emission Ceiling) ou américains (super sites de l'Epa). En ce sens, le réseau de surveillance envisagé est expérimental (“opération de démonstration”). Il s'agira de préciser comment associer mesures en stations fixes et outils de modélisation, en vérifiant le bon calage des modèles utilisés et la part de pollution atmosphérique imputable au trafic.

Outre ce premier objectif très opérationnel, rappelé ci-dessus, il s'agira en second lieu, et de manière plus libre, d'explorer les opportunités offertes par ce futur dispositif en tant que plateforme de recherche ou pour la capitalisation des informations obtenues dans un ou plusieurs indicateurs. Cette exploration vise à susciter au sein du groupe des réflexions plus riches que celles générées par la partie très opérationnelle du projet, et à satisfaire l'inscription du projet dans le programme de recherche Predit. En première approche, c'est bien néanmoins l'objectif opérationnel qui guidera la réalisation des travaux. Ces travaux “de second objectif” s'attacheront principalement à développer des indicateurs de la pression exercée par les transports sur le milieu

atmosphérique ou des indicateurs de l'état du milieu atmosphérique en proximité de grandes infrastructures. Ce premier type d'indicateurs pourra notamment accompagner la diffusion progressive, à des échelles de temps longues (année...), de nouvelles technologies automobiles ou refléter la modification des déplacements. Il s'agira d'informer différentes cibles (grand public, chercheurs, pouvoirs publics...), à l'échelle nationale, sur l'évolution réelle de la qualité de l'air au long des grandes infrastructures. Des indicateurs d'impact pourront également être développés (reflétant par exemple les impacts sanitaires), mais de manière relativement secondaire (peu de population en proximité de grandes infrastructures interurbaines).

Ces travaux sont actuellement en cours et s'achèveront fin 2005.

### Les participants

Les travaux sont menés dans le cadre d'un partenariat entre 8 organismes dont les attributions principales figurent dans le tableau suivant :

	Attributions
<b>ALCIMED</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Leader de projet</li> </ul>
<b>INERIS</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Polluants à prendre en compte</li> <li>• Technologies de surveillance et cahier des charges des outils de surveillance spécifiques</li> </ul>
<b>EM DOUAI</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Diagnostic du dispositif existant</li> </ul>
<b>EM PARIS</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Diagnostic du dispositif existant</li> <li>• Indicateurs</li> </ul>
<b>CETE</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Typologie des infrastructures,...</li> </ul>
<b>INRA</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Polluants à prendre en compte (biosurveillance)</li> <li>• Technologies de surveillance et cahier des charges des outils de surveillance spécifiques (biosurveillance)</li> </ul>
<b>ENPC CEREAL</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Archivage, capitalisation</li> </ul>
<b>LECES</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dimensionnement, cahier des charges</li> </ul>

#### Coordonnées du responsable de projet :

Ademe - Hervé Pernin

Département de la Surveillance de la Qualité de l'Air

27, rue Louis Vicat - 75 373 Paris Cedex 15

Tél. : 01.47.65.20.50 - Courriel : herve.pernin@ademe.fr

## Annexe 1 : coordonnées des groupes de travail

	Nom du responsable	Coordonnées
<b>ALCIMED</b>	Adrien Lemoine	ALCIMED 57, boulevard de Montmorency 75016 PARIS Tél. : 01 44 30 44 30 Courriel : adrien.lemoine@alcimed.com
<b>INERIS</b>	Laurence Rouil	INERIS Parc Technologique Alata – BP 2 F-60550 Verneuil-en-Halatte Tél. : 03 44 55 61 13 Mail : laurence.rouil@ineris.fr
<b>EM DOUAI</b>	François Mathé	Département Chimie – Environnement 941, rue Charles Bourseul – BP 838 59508 DOUAI Cedex Tél. : 03 27 71 26 10 Mail : mathe@ensm-douai.fr
<b>EM PARIS</b>	Chantal de Fouquet	EM PARIS 35, rue Saint-Honoré F – 77305 Fontainebleau Cedex Tél. : 01 64 69 47 61 Mail : chantal.de_fouquet@ensmp.fr
<b>CETE</b>	Eric Premat	CETE Département Ville et Territoires 46, rue Saint-Théobald - BP 128 38081 l'Isle d'Abeau Cedex Tél. : 04 74 27 51 74 Mail : eric.premat@equipement.gouv.fr
<b>INRA</b>	Jean-Pierre Garrec	INRA – Centre de Recherche de Nancy Laboratoire Pollution Atmosphérique 54280 Champenoux Tél. : 03 83 39 40 69 Mail : garrec@nancy.inra.fr
<b>ENPC CEREА</b>	Stéphanie Lacour	CEREА 6-8, avenue Blaise Pascal Cité Descartes F77455 Marne la Vallée Cedex 2 Tél. : 01 64 15 21 45 Mail : lacour@cerea.enpc.fr
<b>LECES</b>	Florence Berho	LECES Environnement BP 40223 57282 Maizières-les-Metz Cedex Tél. : 03 83 70 42 11 Mail : florence.berho@sechaud.fr

## Annexe 2 : composition du Comité de Pilotage

<b>ADEME</b>	Remy Stroebel Laurence Galsomies Hervé Pernin	remy.stroebel@ademe.fr laurence.galsomies@ademe.fr herve.pernin@ademe.fr
<b>CERTU</b>	Jean-Pierre Vinot	Jean-Pierre.Vinot@equipement.gouv.fr
<b>GEODEVELOPPEMENT</b>	Alban Bourcier	alban.bourcier@chelloo.fr alban.bourcier@geodeveloppement.com
<b>METL DAEI</b>	Thierry Vexiau	thierry.vexiau@equipement.gouv.fr
<b>Fédération ATMO</b>	Jean-Michel Vernier Emmanuelle Kohl-Drab	jean-michel.vernier@mairie-reims.fr Emmanuelle.drab-atmo-ca@wanadoo.fr
<b>PSA</b>	Alain Henriet	alain.henriet@mpsa.com
<b>RENAULT</b>	Alain Le Douaron	alain.Le-Douaron@renault.com
<b>SCETAURROUTE</b>	Philippe Thievent Julian Ozdowski	p.thievent@scetauroute.fr j.ozdowski@scetauroute.fr
<b>AIRPARIF</b>	Michel Elbel	michel.elbel@airparif.asso.fr
<b>SETRA</b>	Laurence Calovi	laurence.calovi@equipement.gouv.fr

ENVIRONNEMENT - TECHNOLOGIES

# “ONIX DU FUTUR”

## Système de propulsion ferroviaire

La nécessaire augmentation des performances des convois ferroviaires passe par une augmentation de la puissance des systèmes de propulsion et par un gain de poids. D'autre part, il est nécessaire pour des raisons de confort, d'accessibilité et d'optimisation de l'utilisation des volumes disponibles, de réduire l'encombrement des divers équipements techniques embarqués, notamment les moteurs et leurs systèmes de commande et d'alimentation. La mise au point du système de propulsion “Onix du futur” participe à ces objectifs.



Afin d'améliorer leurs offres, les constructeurs de matériel ferroviaire sont amenés à renforcer la fiabilité et la compétitivité technique de leurs produits. Les clients expriment de nouvelles exigences :

- accroître la vitesse du trafic, c'est à dire augmenter la puissance des systèmes de propulsion, donc *a priori* leur masse et leur volume ;
- offrir des véhicules avec un nombre accru de places assises, et donc réduire le volume et la masse la masse des équipements embarqués
- accroître la fiabilité pour réduire le coût de possession

Ces éléments sont en apparence contradictoires, mais ils figurent néanmoins fréquemment dans les cahiers des charges auxquels les constructeurs doivent désormais satisfaire.

En s'appuyant sur sa maîtrise des nouvelles technologies acquise dans le cadre du développement du système “Onix” (Predit 2, convertisseurs électroniques de puissance à IGBT de 200 à 1200 kW et moteurs de traction), Alstom Transport est en passe de résoudre la “quadrature du cercle”. C'est l'objet du projet “Onix du futur”.

### Résumé du programme

Ce travail comporte trois phases principales :

- études préliminaires de la chaîne de traction synchrone à aimants permanents de forte puissance et de l'onduleur de puissance intégré. Mise en œuvre d'un prototype de : tramway pour



le moteur synchrone à aimants permanents (rame "Citadis" en service sur le réseau de Rotterdam) et d'un prototype d'automotrice à deux étages pour l'onduleur à intégration de puissance (RER Ile-de-France).

- études détaillées et réalisation de maquettes du nouveau système de propulsion Onix du futur avec test sur bancs d'essais. Validation sur la technologie "onduleur classique" puis "onduleur à intégration de puissance" des choix de l'architecture du système "onduleur+moteur+commande".
- réalisation d'un prototype représentatif d'un système complet prêt à être monté sur une rame d'automotrice grande vitesse (AGV), ce prototype intégrant l'ensemble des solutions innovantes : onduleur, supervision et moteurs.

### Objectifs poursuivis

Le développement des nouvelles chaînes de propulsion répond à divers critères.

Les convertisseurs utilisant une électronique de puissance intégrée visent des objectifs ambitieux. Par rapport aux dispositifs classiques ils permettront d'atteindre des gains appréciables en volume (réduction d'un facteur 8), en masse (10 %) et en coût (50 %). Ils présenteront de plus l'avantage d'être refroidis par eau.

Leur utilisation sera de plus compatible avec l'exploitation de nouvelles sources d'énergie embarquée tels les piles à combustible, les turbines, les supercapacités ou les volants d'inertie. est associé à celui de développer de nouveaux convertisseurs standardisés.

Quant aux moteurs à aimant permanents, à même encombrement, ils développent une puissance et un couple 20 % supérieurs aux moteurs asynchrones. Leur technologie est validée pour des puissances comprises entre 100 et 750 kW.

Au niveau de la grande vitesse, ces concepts nouveaux seront utilisés pour le développement des rames à grande vitesse de nouvelle génération (dites "AGV" pour automotrice à grande vitesse) avec motorisation distribuée.

La concrétisation de ce projet "Onix du futur" permet le développement et la mise au point d'une chaîne de traction basée sur des concepts novateurs tant au niveau du convertisseur à intégration de puissance que du moteur à aimants permanents. Ces concepts permettent d'accéder à des gains conséquents de masse et de volumes fort appréciés des exploitants ferroviaires. De plus, grâce à ces gains, de nouvelles architectures de matériel peuvent être envisagées.

Enfin, des chaînes de traction de conceptions identiques (mais de puissances différentes évidemment) peuvent être utilisées sur toute une gamme de produits, du tramway à la rame à grande vitesse, réduisant ainsi les frais d'étude.

Il est à noter que le projet "Onix du futur" donne lieu à une collaboration étroite et fructueuse entre un industriel, Alstom Transport, et divers laboratoires de recherche académique.

**GO8**

Groupe opérationnel : **Véhicules propres et économes**

**Contact :** Alain Jullien - Alstom Transport, site de Tarbes

Tél. : 05 62 53 41 21 - Courriel : [alain.jullien@transport.alstom.com](mailto:alain.jullien@transport.alstom.com)

**Partenaires :** Pellenc S.A., Ecole nationale d'Ingénieurs de Tarbes, Institut européen de Recherche sur les Systèmes embarqués et leurs Technologies Toulouse, Institut national polytechnique de Toulouse, Ecole Centrale de Lille, Institut national polytechnique de Grenoble, Ecole Supérieure d'Electricité

# RTM : fabrication d'une porte de véhicule léger en composites. Optimisation et modélisation d'un procédé d'injection d'une résine thermodurcissable

**Les matériaux composites permettent d'atteindre un bon compromis poids/résistance. Ils posent cependant encore des problèmes de façonnage. L'optimisation et la modélisation d'un procédé de fabrication de pièces de carrosseries automobiles sont l'objet de la présente étude.**

Le poids est un facteur déterminant dans la consommation de carburant des véhicules. Aussi l'allègement des structures est-il un objectif à poursuivre. Il faut cependant veiller à maintenir la rigidité et la sécurité de la caisse. Les matériaux composites devraient permettre de concilier ces deux objectifs. Toutefois, des problèmes de fabrication restent à résoudre. Cette étude a consisté à optimiser et modéliser le procédé d'injection de résine thermodurcissable basse pression à travers un renfort pré positionné dans un moule "RTM".

Le procédé d'injection RTM (Resin Transfer Moulding) sur des renforts complexes est utilisé par des constructeurs et des fabricants de pièces ou de sous-ensembles pour réaliser des éléments composites en séries moyennes. Il fonctionne à basse pression et requiert des investissements limités. Il a une bonne productivité et émet un faible niveau de composés organiques volatils. La mise au point des outils, comme celle des procédures de fabrication, est délicate compte tenu de la complexité du procédé d'injection réactive.

## Problématique

Pour réduire les coûts et délais de conception et de fabrication, il importe de préalablement mettre au point des outils d'ingénierie assistée par ordinateur (IAO). Pour ce faire, l'étude concerne :

- la physique et la chimie du procédé et l'application des résultats des recherches au cas d'une pièce représentative.
- l'évolution des matières premières : les renforts dans leur architecture et les résines dans leurs formulations.

- la simulation du processus d'injection, permettant de contrôler le débit, la pression, la composition du mélange au niveau du système d'injection, les températures dans les circuits de thermorégulation des outillages.

## Déroulement de l'étude

Cette étude comporte de nombreuses phases :

- la conception et la réalisation d'"outillage expert" ;
- l'étude des singularités des renforts ;
- la simulation numérique de l'injection ;
- l'étude rhéocinétique de résines polyester insaturées qui seront utilisées comme matière première ;
- l'étude du procédé "RTM" lui-même par la mesure des flux thermiques (source thermique et retraits, modélisation de la cinétique et des flux, essai et validation des résultats) afin de définir des séquences de pilotage de la température des moules ;
- mise en place du processus de "virtualisation" du procédé en calculant une perméabilité et une conductivité thermique équivalentes et en optimisant l'architecture et les renforts.

## Résultat et exploitation des résultats

La "virtualisation" du cycle RTM est acquise. C'est le préalable au développement de l'outil d'Ingénierie Assistée par Ordinateur. Elle comporte les éléments suivants :

- la définition de l'outillage expert et de l'outil de préformage
- la simulation et détermination numérique de la perméabilité
- la simulation numérique et optimisation des renforts. Prédiction de la perméabilité.
- la prise en compte des manipulations et de l'influence du préformage
- la simulation comparaison et transposition industrielle des paramètres thermiques d'une résine polyester.
- l'utilisation de la spectroscopie PIR pour modéliser et comprendre la cinétique de réaction
- le suivi en temps réel de la polymérisation
- la détermination de la conductivité thermique en phase dynamique.
- la simulation de l'injection.

Ces simulations ont été validées par des essais et elles sont donc transposables.

Cette recherche a donc permis de mettre au point l'outil d'ingénierie assistée par ordinateur indispensable à la conception et la

réalisation de pièces en matériaux composites. Elle ouvre ainsi la voie à la conception, la mise au point et la fabrication de pièces pour automobiles présentant des caractéristiques de légèreté et de robustesse permettant de concilier réduction de consommation de carburant et sécurité passive du véhicule.

**GO 8**

Groupe opérationnel : **Véhicules propres et économes**

**Contacts** : Jean-Pierre Cauchois, Pôle de Plasturgie de l'Est, Saint-Avoid (57500)

Tél. : 03 87 92 93 94 - Courriel : [jpc@ppe.asso.fr](mailto:jpc@ppe.asso.fr)

**Partenaires** : Matrasur Composites, Marcoussis (91), Cray Valley, Drocourt (62), Polystar, Saint-Sylvain d'Anjou (49), Armines Paris, Sophia-Antipolis (06), Armines Douai, Douai (59), Insa Lyon/CNRS, Laboratoire des Matériaux moléculaires, Villeurbanne (69), Université de Nantes/CNRS, Laboratoire de Thermochimie, Nantes (44)

ENVIRONNEMENT - TECHNOLOGIES

## Prototype Smart au gaz naturel, une citadine qui profite à toute la ville

Réalisé en collaboration entre l'Institut Français du Pétrole et Gaz de France, avec le soutien financier de l'Ademe, un démonstrateur Smart monocarburant au gaz naturel prouve le potentiel de réduction des émissions de gaz à effet de serre du carburant gaz naturel appliqué à un véhicule de petite cylindrée, suralimenté. Un travail poussé sur le moteur et l'intégration des réservoirs a permis d'obtenir des émissions de CO<sub>2</sub> inférieures à 100 g/km, le respect des normes Euro IV et une autonomie de près de 200 km.



Vue du démonstrateur Smart gaz naturel.

Dans le cadre de la limitation des émissions de gaz à effet de serre (efforts de recherche entrepris par de nombreux pays dans le secteur automobile afin de respecter les accords de Kyoto), l'Institut Français du Pétrole et Gaz de France ont souhaité s'associer dans la réalisation d'un démonstrateur afin de prouver le potentiel environnemental du gaz naturel appliqué à l'automobile. Les propriétés physico-chimiques du gaz naturel (indice d'octane élevé et faible contenu en carbone) en font un carburant bien adapté à la réduction des émissions de GES (exprimés en gramme équivalent CO<sub>2</sub> par km parcouru). Ce carburant contribue à l'atteinte des récentes recommandations de la Commission Européenne, s'inscrivant dans un contexte général de diversification énergétique, et à l'engagement des constructeurs européens (140 g/km d'ici 2008).

Les travaux sur le véhicule ont porté, d'une part, sur la modification en commande mécanique de la boîte de vitesse et de l'embrayage de série et, d'autre part, sur l'intégration de l'ensemble des éléments nécessaires à l'utilisation du gaz naturel, réalisée selon les normes en vigueur sans impact sur les caractéristiques d'origine du véhicule (garde au sol, volume du coffre, etc.), montrant l'aspect industriel des solutions retenues. Les réservoirs, intégrés au châssis et invisibles pour l'utilisateur, assurent un volume de stockage suffisant pour garantir une autonomie d'environ 200 km en utilisation urbaine.

Quant au moteur, le choix d'une faible cylindrée a permis de maintenir les performances de couple et de puissance maximum, identiques à celles du moteur de série essence, et de profiter d'une consommation réduite (peu de frottements et zones de fonctionnement chargées). Le moteur a été optimisé pour un fonctionnement stœchiométrique au gaz naturel, incluant une optimisation des éléments de l'attelage mobile (piston, bielle, vilebrequin), d'où un gain supplémentaire en consommation. La suralimentation particulièrement bien adaptée au gaz naturel (indice d'octane équivalent élevé) permet de conserver des performances élevées, tout en maintenant de bons niveaux de rendements.

Ce projet confirme donc le potentiel du carburant gaz naturel dans le cadre d'une utilisation urbaine avec un démonstrateur dédié. Le niveau d'émissions de CO<sub>2</sub> est inférieur de 27 % à celui du véhicule essence, ce qui, appliqué aux 118 g/km annoncés par le constructeur sur la version essence, porte le niveau de ce démonstrateur à 87 g/km. Les émissions de polluants réglementés satisfont la norme Euro IV.

Des améliorations futures pourront être apportées sur le développement d'un contrôle de boîte et de l'embrayage, ainsi que sur les aspects de post-traitement catalytique. L'étape ultime réduisant encore les émissions de CO<sub>2</sub> consiste à intégrer au démonstrateur une technologie hybride : motorisation mixte thermique/électrique ; la partie thermique étant assurée au gaz naturel. La mise en place d'une d'hybridation permet d'optimiser le fonctionnement du moteur et de récupérer l'énergie cinétique en phase de décélération, fréquente en utilisation urbaine.

### GO8

Groupe opérationnel : **Véhicules propres et économes**

**Contacts** : Stéphane Venturi - Institut français du Pétrole, Lyon (69)

Tél. : 04 78 02 20 78 - Courriel : [stephane.venturi@ifp.fr](mailto:stephane.venturi@ifp.fr)

Guillaume Brecq - Gaz de France, Direction de la Recherche, Saint-Denis (93)

Tél. : 01 49 22 51 04 - Courriel : [guillaume.brecq@gazdefrance.com](mailto:guillaume.brecq@gazdefrance.com)



## INTÉGRATION DES SYSTÈMES D'INFORMATION ET DE COMMUNICATION

# SATIM : Serveur Vocal d'Accès à la recherche d'itinéraires Multimodaux en Ile-de-France

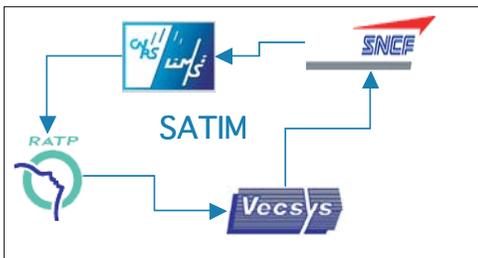
Le projet Satim a pour objet la réalisation du prototype d'un serveur vocal interactif (SVI) en langage naturel, qui donne accès par téléphone, à la recherche d'itinéraires multimodaux (réseau ferré RATP et SNCF, tram et bus) pour tout trajet immédiat ou différé en Ile-de-France.

La première phase de ce projet consiste à développer un moteur de reconnaissance très grand vocabulaire, à perplexité élevée, pour la reconnaissance d'adresses en Ile-de-France.

### Problématique



L'information voyageurs figure aujourd'hui parmi les axes prioritaires des acteurs du transport. De l'information "Trafic en temps réel" au calcul d'itinéraires sans oublier l'information tarifaire, les situations perturbées et les horaires théoriques : mieux informer c'est permettre aux usagers des transports publics d'être "acteurs" de leurs déplacements privés ou professionnels. Pour répondre à cet enjeu important de l'information multimodale, les principales entreprises du transport proposent d'ores et déjà sur Internet des services d'Information Voyageurs tels que la recherche d'itinéraires urbains et interurbains en Ile de France.



Mais ces services d'accès à l'information sur Internet restent encore trop confidentiels pour répondre à la demande d'un très large public et ne satisfont pas l'exigence de rapidité d'accès, en tous lieux et à tout moment. Grâce aux technologies qui lui sont associées, la téléphonie, fixe ou mobile, peut apporter des solutions. C'est déjà le cas avec le Minitel (3615 SITU), l'i-mode ou tout simplement le Centre d'Information Téléphonique de la RATP. Si l'on regarde maintenant

du côté des serveurs vocaux, deux technologies sont disponibles actuellement sur le marché. La première permet à l'utilisateur d'accéder à l'information en utilisant les touches du clavier téléphonique (DTMF). Facile d'utilisation, excepté avec un GSM ou un combiné sans fil, ces serveurs restent réservés à des services simples, avec un nombre de choix réduit et une arborescence limitée si l'on veut conserver une ergonomie acceptable par l'utilisateur. Il n'est donc pas envisageable d'étendre les serveurs vocaux DTMF à des services complexes comme la recherche d'itinéraires de porte à porte par exemple. Depuis peu, on assiste à l'émergence d'une nouvelle génération de Serveurs Vocaux Interactifs (SVI) sur le marché des systèmes d'accès à l'information. **Ces systèmes associent les technologies de la reconnaissance de la parole, de la compréhension du langage parlé et de la synthèse vocale pour offrir à l'utilisateur un accès rapide et intuitif puisque celui-ci communique avec le système par la parole.** Ces serveurs sont appelés à juste titre "Serveurs Vocaux Interactifs en Langage Naturel".

Depuis 1979, la société Vecsys conçoit, développe et réalise des produits et applications dans le domaine du traitement automatique de la parole. Son étroite collaboration menée dès l'origine avec le Limsi-CNRS, laboratoire de réputation mondiale dans le domaine de la reconnaissance vocale, lui permet de proposer des solutions innovantes en matières de technologies vocales.

Vecsys a déjà à son actif la réalisation pour la SNCF d'un serveur vocal d'informations horaires, **Récital**, pour les trains Grandes Lignes (3000 noms de gares) et la réalisation du serveur **Siel Vocal (0892 69 74 35)** pour la RATP. Que ce soit pour les habitués des transports en commun ou pour les voyageurs occasionnels, le serveur Siel Vocal réalisé par Vecsys, est conçu pour donner rapidement accès, par téléphone, aux temps d'attente des RER A et B, des tramways T1 et T2 et à ceux de 72 lignes de bus environ. Siel Vocal annonce également les perturbations temps réel pour le trajet demandé ou les lignes connexes. **Ce serveur nouvelle génération, ouvert au public et hébergé par ATOS Worldline depuis juin 2004, constitue une première tant par la technologie utilisée que par le service qu'il propose.** Une récente analyse des appels effectués a mis en évidence l'adéquation entre le besoin client et l'ergonomie du système.

### Déroulement de l'étude

Fort de ces expériences très positives, la RATP, la SNCF, le Limsi-CNRS et la société Vecsys ont noué un partenariat pour mener à bien le projet Satim cofinancé par la Predim. Ce projet a pour objet la réalisation du prototype d'un **Serveur Vocal Interactif (SVI) en**



**langage naturel, qui donne accès par téléphone, à la recherche d'itinéraires multimodaux (réseau ferré RATP et SNCF, tram et bus) pour tout trajet immédiat ou différé en Ile-de-France.**

Plus en détail, le serveur doit permettre au voyageur d'accéder par téléphone aux informations actuellement disponibles via Internet sur les sites ratp.fr (citefutee.com) et transport-idf.fr. Ainsi, l'utilisateur aura la possibilité :

- d'indiquer oralement son trajet. Les points de départ et d'arrivée peuvent être une adresse, une gare SNCF (IDF), un arrêt de bus, de tram, de métro ou de RER, un lieu remarquable (Tour Eiffel, piscine de la Butte aux cailles, mairie de Cachan...),
- d'indiquer éventuellement le jour où il souhaite effectuer ce trajet (aujourd'hui, dimanche, le 25 novembre...)
- d'indiquer éventuellement l'heure vers laquelle il souhaite partir où arriver, (maintenant, vers 17 heures...)
- et enfin de choisir un critère de recherche parmi les suivants : trajet le plus rapide, avec le moins de changement, avec le moins de marche à pied etc.

En réponse à la requête de l'utilisateur, le système proposera un itinéraire détaillé comprenant le réseau à emprunter (RER, train, métro, bus ou tram) la ligne sur le réseau ainsi que l'horaire théorique de départ au point d'arrêt concerné et ce pour chaque tronçon du trajet. Le temps de parcours total estimé sera également précisé.

**L'innovation technologique du projet Satim porte sur deux volets essentiels :**

- **la reconnaissance et la compréhension de la demande formulée par l'utilisateur.** En effet la difficulté réside d'une part dans la taille du vocabulaire, près de 20 000 mots, et d'autre part dans la diversité d'expression d'un trajet. *"J'habite au 25 avenue de la République à Nanterre, je voudrais me rendre à la mairie de Cachan."* *"Y-a-t-il un bus pour aller du Panthéon à la Tour Eiffel ?"* Les modèles de langage les plus performants à ce jour pour les systèmes de reconnaissance de la parole, sont des modèles *n*-grammes, qui prédisent un mot connaissant les *n-1* mots précédents, les modèles trigrammes (*n=3*) assurent une très bonne prédiction dans la majorité des cas. Ces modèles de langage probabilistes reposent le plus souvent sur un paradigme empirique : une bonne estimation de la probabilité d'un événement linguistique peut être obtenue en observant cet événement sur un corpus de texte. Ainsi, ces probabilités *n*-grammes sont généralement estimées à partir des fréquences d'occurrence des suites de *n* mots dans le corpus d'apprentissage. C'est la raison pour laquelle la première tâche du projet a été entièrement consacrée à la collecte et à l'analyse de ce corpus d'apprentissage.

- **La restitution orale du ou des itinéraires proposés.** L'ergonomie est ici prépondérante. Différentes stratégies de description de l'information recherchée seront explorées. Nous étudierons la pertinence de formuler la totalité de l'itinéraire en une seule fois ou au contraire tronçon par tronçon avec d'éventuelles demandes intermédiaires de l'utilisateur. L'objectif est de permettre à la personne en situation de mobilité, d'accéder à l'information au cours de son trajet, avec par exemple la possibilité de rappeler le serveur pour accéder de nouveau à l'itinéraire à partir d'un code raccourci préalablement attribué.

## Perspectives

L'enjeu du projet Satim est d'améliorer l'accessibilité des transports en commun de l'Île de France en informant un plus large public, à savoir :

- tous les usagers en situation de mobilité,
- les personnes âgées parfois réfractaires aux nouvelles technologies (Internet, Wap, i-mode, DTMF) et qui pourront accéder à l'information de façon intuitive, en parlant tout simplement,
- les mal-voyants, les personnes ayant des difficultés de représentation spatiale...

La RATP et la SNCF visent ainsi à augmenter l'usage des transports en commun (bus, métro, tramway, train) en fournissant au voyageur l'information pertinente notamment au cours de son déplacement et à plus long terme lui proposer de nouveaux services.

Enfin, VECSYS, de par son implication très forte dans le domaine du transport, et du transport public en particulier, voit dans la réalisation de Satim des perspectives d'exploitation à l'échelle nationale car la problématique de l'Information Voyageur ne se limite pas à l'Île-de-France, bien au contraire.

**Ce projet a été développé dans le cadre de la Predim.**

### GO9

Groupe opérationnel : **Intégration des Systèmes d'Information et de Communication**

**Contact :** Martine Garnier-Rizet, - Vecsys, Courtabœuf (91)

Tél. : 01 69 29 84 44 - Courriel : mgarnier@vecsyst.fr

**Partenaires :** Limsi, CNRS, Orsay (91), SNCF, RATP

# Chronotachygraphe numérique

## La gestion sociale du transport routier européen à l'ère du numérique

**A une époque où la main de l'homme est jugée moins fiable que la machine, et alors que la réglementation européenne impose des règles de conduite des poids lourds très strictes, le chronotachygraphe numérique constitue un outil infallible pour le contrôle du transport routier.**

### Rappel des faits

**L**e chronotachygraphe existe depuis le début des années vingt du siècle passé. Il a évolué avec son temps et, plus récemment, avec l'ère informatique. Aujourd'hui directement relié à l'ordinateur de bord des véhicules de plus de 3,5 tonnes, il est devenu analogique ou numérique et apporte aux transporteurs une meilleure gestion sociale de leur entreprise.

L'Union européenne, dont le rôle est d'uniformiser les pratiques sociales des 25 pays membres de l'Europe, a engagé un processus visant à intégrer de façon obligatoire dans le quotidien des transporteurs le chronotachygraphe numérique. En imposant ce système et une réglementation européenne, l'Union veut améliorer et faciliter à l'avenir le contrôle des temps de conduite et de repos, combattre ainsi l'une des causes majeures des accidents de la route au niveau des poids lourds, et rendre plus loyale la concurrence dans les transports routiers.

### **Actia : premier à obtenir l'homologation en juin 2004**

Après avoir activement collaboré à la définition du futur tachygraphe au sein de trois groupes de travail européens - ISO, Ertico et Tachosmart3 - , Actia pôle électronique d'Actielec Technologies, a obtenu l'homologation finale de son tachygraphe numérique en juin 2004.

C'est une grande expérience du secteur du transport qui a permis au groupe Actia d'anticiper les enjeux du tachygraphe numérique et de

se rapprocher ainsi de partenaires experts avec qui le chronotachygraphe, baptisé « SmarTach » a été développé.

Des clés de cryptage informatiques autorisent la reconnaissance réciproque et l'authentification des messages émis par chaque élément du nouveau système, pour en garantir la sécurité globale. L'appareil enregistre également les interruptions de l'alimentation électrique et les tentatives d'atteinte à sa sécurité.

### **Une homologation contraignante**

L'homologation d'un appareil de contrôle et de cartes tachygraphes comporte des certifications à trois niveaux : la sécurité, le fonctionnel et l'interopérabilité.

Les résultats positifs à chacun de ces types d'essais sont attestés par un certificat approprié. C'est la combinaison des trois certificats qui ouvre la voie vers l'homologation européenne du produit. Conformément à la réglementation en vigueur, chaque fabricant doit prouver aux autorités d'homologation des Etats membres que son produit respecte les caractéristiques techniques telles que performances, précisions, tenues aux environnements : température, vibrations... Ils doivent faire la preuve que tous les composants de leur chronotachygraphe (matériel et logiciel) liés à la sécurité sont conformes aux ITSEC E3/résistance élevée (Information Technology Security Evaluation Criteria, critères d'évaluation de la sécurité des systèmes informatiques). Ce niveau de sécurité est comparable à celui des systèmes de cartes bancaires.

Après l'obtention des deux premiers certificats, chaque fabricant doit prouver l'interopérabilité de ses produits avec les différentes cartes à puce qu'utilise le système. Les tests doivent démontrer que les chronotachygraphes sont prêts à fonctionner avec tous les modèles qui seront distribués dans les Etats membres.

Parallèlement, les fabricants de carte à puces doivent prouver l'interopérabilité de leur produit avec tous les appareils de contrôle pour obtenir leur homologation.

Actia est le premier fabricant à obtenir un certificat d'interopérabilité pour son couple appareil de contrôle/carte tachygraphe.

### **Une équipe de long cours**

Le projet a démarré par une collaboration avec Thomson au milieu des années 90. Un chef de projet a été détaché à Bruxelles. Il a effectué la refonte de règlements européens et assuré l'écriture de la spécification du nouveau tachygraphe.

Le lancement commercial débute en 2005.

À la tête de l'équipe d'une douzaine d'ingénieurs au départ, mais qui concernera finalement tout le Groupe Actia, les problèmes de sécurité ont été probablement les plus difficiles. L'élément principal est un CSP (Crypted Signal Processor) ; mais, surtout, l'équipe a travaillé en étroite collaboration avec des partenaires industriels spécialistes de la sécurité.

C'est grâce à ce programme que tous les niveaux de sécurité ont pu être étudiés et maîtrisés.

### Caractère innovant

Dans son règlement (300 pages) l'Union européenne précise principalement des exigences de niveau de sécurité appliquées à des fonctions d'enregistrements de données : vitesses, temps, signatures, événements, défauts, etc.

Le caractère innovant du développement du SmarTach d'Actia réside dans une série d'innovations et de choix techniques qui permettent simultanément :

- de respecter les exigences de niveau de sécurité ;
- d'obtenir ce niveau de sécurité en utilisant des technologies et des coûts du monde de l'électronique embarquée automobile ;
- de proposer une interface homme/machine performante pour les différents types d'utilisateurs : chauffeur, contrôleur, installateur, gérant, etc. ;
- de fournir un accès sélectif aux données enregistrées qui permet de respecter les valeurs d'informatique et liberté pour chacun des 4 types d'utilisation ;
- de collaborer avec les partenaires qui permettent d'avoir aujourd'hui un système complet et opérationnel.

Ce nouveau tachygraphe numérique sécurisé et son capteur font l'objet de nombreuses enveloppes Soleau, de plusieurs demandes de brevets et de six certifications.

Il a pour ambition de mettre l'innovation au service de la sécurité et de la compétitivité pour un développement durable. Il a bénéficié de l'appui de l'Anvar.

#### GO 9

Groupe opérationnel : **Intégration des Systèmes d'Information et de Communication**

**Contacts** : Marc Menvielle - Actia, Toulouse (31)

Tél. : 05 61 17 61 61 - Courriel : [marc.menvielle@actia.fr](mailto:marc.menvielle@actia.fr) - [www.actia.com](http://www.actia.com)

# AMELET : Atelier de Modélisation ELectromagnétique pour les Transports

Dans le domaine de la compatibilité électromagnétique, un effort de standardisation des données échangées a donné naissance au format Amelet.

## Problématique

La problématique de la compatibilité électromagnétique (CEM) prend aujourd'hui une place croissante importante dans l'industrie du transport :

- les véhicules terrestres cohabitent en environnements urbanisés ou industrialisés.
- les engins terrestres peuvent perturber l'environnement, se perturber entre eux (cas de deux trains proches) et, réciproquement, l'environnement peut perturber les engins roulants (électroniques de commandes...).
- la production en série de véhicules doit s'adapter aux évolutions rapides des marchés tout en respectant les normes CEM en vigueur en émission comme en immunité.

Le projet **Amelet** est né de rencontres organisées dans le cadre de l'action CEM de l'association Ecrin dès 1999. Ayant constaté qu'aucun d'entre eux ne disposait d'une solution satisfaisante complète, des industriels du transport (Alstom, GIE PSA-Renault), des développeurs de modules informatiques dédiés à la CEM (ESI-Group, EADS, Onera, Supelec) et des experts du domaine (Esigelec, Cerpem) ont capitalisé leurs besoins et leurs savoir-faire en modélisation numérique appliquée à la CEM.

L'objectif principal du projet **Amelet** était de faire expérimenter par les industriels du transport, un ensemble de moyens de simulation en électromagnétisme, d'origines variées, préexistants ou produits durant le projet, rendus compatibles grâce à un effort de standardisation des données échangées. Un second objectif était d'analyser les difficultés pratiques qui peuvent être rencontrées pour passer des données industrielles disponibles aux données nécessaires aux calculs.

### Déroulement du projet (décembre 2002- août 2005)

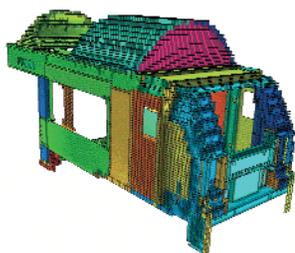
Le projet **Amelet** a été décomposé en plusieurs actions :

- formalisation des besoins des industriels,

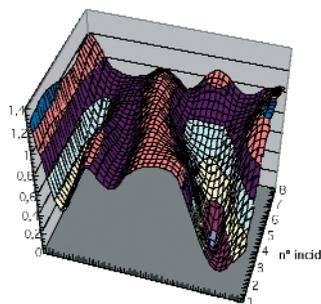
- établissement d'un standard d'échanges de données entre les modules
- interfaçage des modules,
- développement d'outils logiciels nouveaux,
- conduite des tests chez les utilisateurs industriels.

## Les résultats

- Le consortium a produit et validé un dictionnaire des données nécessaires aux calculs numériques appliqués à la CEM. Les principales rubriques étudiées sont : les maillages, les lignes de transmission, les matériaux, les résultats des calculs. Le "Format **Amelet**" a été établi en utilisant une description XML documentée. Une bibliothèque en langage C a été écrite pour permettre aux partenaires de produire efficacement des convertisseurs entre leurs formats habituels et le format **Amelet**. Ce processus est validé *a posteriori* par le fait que les utilisateurs industriels ont pu conduire leurs calculs.
- De nouveaux modules ont été développés : mise en œuvre de méthodes statistiques appliquées à la Cem ; module d'importation des données sur le câblage ; modules d'exportation de données vers le logiciel Spice ; réalisation d'un module permettant le traitement des données mesurées.
- Les méthodologies d'intégration du calcul numérique dans les processus industriels ont fait l'objet d'analyse, en particulier sur : archivage et traçabilité des résultats de mesure, amélioration de la traçabilité des définitions numériques, aide au choix des pièces utiles à un calcul, contrôle de la qualité des maillages, gestion des données réglementaires et normatives.
- Différentes expériences numériques ont été conduites avec les outils logiciels mis à disposition. Certaines données ont été éditées manuellement et les enchaînements des modules ont été réalisés semi-manuellement avec une approche de type activation par *shell*. Les calculs effectués démontrent ainsi la faisabilité du couplage des modules informatiques mais le consortium n'a pas trouvé de technologie informatique disponible pour une automatisation poussée que le terme "d'atelier" évoque et ne disposait pas des ressources pour la développer. On pourra observer sur les figures des illustrations des calculs effectués.

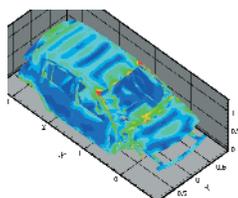


Maillage "structuré"  
d'une motrice.



Frog (MHz)

Analyse statistique : "krigeage"  
en fonction de l'incidence et  
de la fréquence.



Courants induits sur  
une caisse automobile  
par une onde.

## Exploitation des résultats

Une des retombées immédiate du projet est le format **Amelet** que divers partenaires ont déjà commencé à réutiliser dans d'autres projets liés au calcul numérique en électromagnétisme. La démonstration conduite durant le projet **Amelet** a conforté les partenaires du besoin de technologies efficaces pour conduire des calculs ambitieux dans le domaine de la Cem, avec des savoir-faire distribués chez plusieurs partenaires.

### GO9

Groupe opérationnel : **Intégration des Systèmes d'Information et de Communication**

**Contact** : Vincent Gobin - Onera

Tél. : 05 62 25 26 89 - Courriel : vincent.gobin@onera.fr

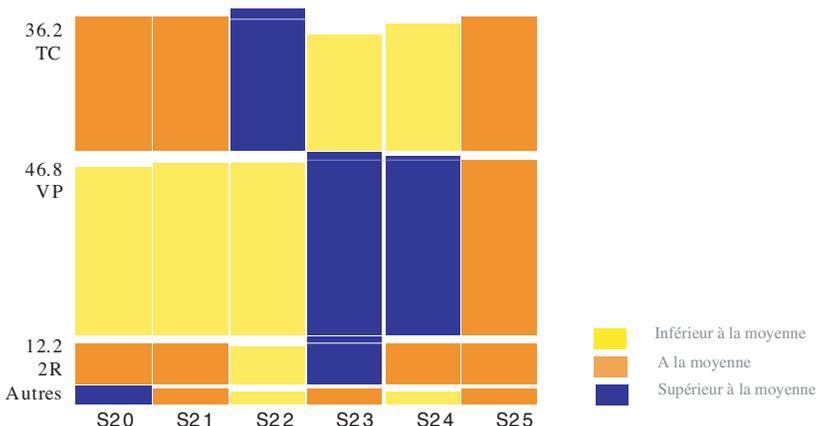
# SIERRA : Observation des usages et interaction de l'information multimodale

Financé par la Prédim, ce projet a pour objectif de mettre au point une méthode d'observation permettant d'évaluer l'interaction entre l'information et les usages multimodaux. La consultation de sites d'information multimodale modifie-t-elle l'évolution du comportement de mobilité ?

Pour répondre à cette problématique, l'originalité de la méthode proposée a consisté à utiliser une méthodologie e-marketing à partir d'une série de questionnaires en ligne sur Internet.

Fin 2004, 25 millions de personnes possèdent désormais un accès à Internet. Les biais engendrés par les enquêtes consommateurs en ligne sont de mieux en mieux maîtrisés. Cependant, il fallait le vérifier dans une problématique de mobilité. C'est ce qui a été fait en Ile de France sur des trajets domicile travail au cours de l'année 2003. Après un premier test auprès de 14 000 internautes, une validation qualitative auprès d'une trentaine de participants, le dispositif a été finalisé lors de 6 vagues hebdomadaires d'enquêtes, (3 de 600 et 3 de 1 200) qui ont fourni plus de 1600 grilles d'interrogations.

**Transferts modaux**  
Exemple de suivi du *taux d'utilisation modal*



(Source : Ex périmentation SIERRA ID F - 2003)

Au-delà de la fiabilité en terme de représentation et de la qualité de la collecte de données rapide et économique, la faisabilité a été démontrée. En termes de résultats, un traitement statistique a identifié une typologie de comportements de mobilité, typologie connue par les enquêtes classiques. Des indicateurs de mesure d'utilisation modale ont permis d'évaluer des écarts de pratiques de mobilité entre les différentes vagues. Par exemple, le déport TC – VP, pendant la période de grève des semaines 23 et 24 de l'année 2003, entre l'usage des transports en commun et celui de la voiture particulière devient mesurable comme le montre la matrice graphique ci-après.

Des indicateurs de suivi de comportements modaux et de consultation d'information ont été conçus. Ils permettent une analyse multidimensionnelle des résultats : dans le temps, par zone géographique, par type de population, par flux de déplacement, etc. C'est ainsi qu'un lien statistique significatif a été relevé entre la consultation de sites et les pratiques de multimodalité.

L'extension de l'outil décisionnel **Sierra** est prévue dès 2005-2006 sur de nouvelles zones géographiques. Sa mise en œuvre a été volontairement conçue pour être pratique et peu coûteuse en temps et en investissement :

### **La constitution du panel**

Le recrutement et la motivation de personnes représentatives et volontaires pour participer aux enquêtes s'effectuent par Internet grâce à la pose de bandeaux ou de liens de promotion sur des sites fréquentés par les usagers ou directement à partir de fichiers d'e-mails propriétaires. Il est également possible de compléter ce premier échantillon par la location d'adresses.

### **Six relevés mobilité**

Les internautes remplissent en ligne chaque semaine pendant un mois et demi un relevé de mobilité assez court. Le traitement est automatique. Les responsables peuvent suivre au cours de ces six semaines les indicateurs en direct à partir de leur espace partenaire dédié sur le site Sierra.

### **Une problématique locale**

Dans le cadre du programme Sierra 2005-2006, chaque zone urbaine et péri-urbaine partenaire a la possibilité d'explorer une problématique qui lui est propre. Le questionnaire, la cible, la

méthode sont adaptés à chaque site pour répondre le plus précisément à ses interrogations : notoriété et image d'un site Internet, test d'un nouveau mode de paiement, satisfaction, etc.

Pour en savoir plus, la méthodologie, les rapports d'analyse et de synthèse sont présentés sur le site. Par mesure de sécurité, l'espace professionnel est protégé. Un code confidentiel est attribué sur simple demande :

**Ce projet a été soutenu par la Predim.**

#### **GO9**

Groupe opérationnel : **Intégration des Systèmes d'Information et de Communication**

**Contacts** : Jean-Paul Briottet et Claude-Emmanuelle Couratier - Vox Populi, Paris (75016) - Courriel : [information@observatoire-sierra.org](mailto:information@observatoire-sierra.org)

Site internet : [www.observatoire-sierra.org](http://www.observatoire-sierra.org)

# PASSIM : Prototype d'Annuaire des Sources et Services d'Information Multimodale

Aucun site Internet ne fournissait jusqu'à présent une liste complète et référencée des sites d'information sur les transports collectifs de voyageurs, notamment sur les déplacements inter et/ou plurimodaux. L'ambition de l'annuaire "Passim" est de combler cette lacune.



Dans le cadre de la Predim, le Certu (Centre d'Etudes sur les Réseaux, les Transports, l'Urbanisme et les constructions publiques) a proposé la mise en place d'un annuaire français des sites d'information "Transports Collectifs" et multimodale. Ce projet a été baptisé "Passim" pour Prototype d'Annuaire des Sources et Services d'Information Multimodale, mais aussi parce qu'étymologiquement "Passim" est un adjectif latin signifiant "en se déployant en tous sens, de toutes part". Passim s'emploie pour renvoyer à des passages situés un peu partout dans un livre".

La Predim a pour vocation d'améliorer, par la promotion de dispositifs d'information adéquats, la complémentarité des différents modes de transports et de déplacement, tant individuels que collectifs. Or il n'existait pas, au niveau national, d'annuaire global des services d'information voyageurs. L'objectif recherché était donc la création

d'un site portail servant de référence sur les sources d'information déplacements et donnant une meilleure idée du déploiement des nouveaux services d'information sur tout le pays. Ce site ne communique pas directement d'information transport, mais il permet de savoir où la trouver. Il fournit, après une interrogation multicritères, à l'utilisateur -voyageurs, autorités ou exploitants- une fiche contenant notamment les coordonnées (téléphone, site web, adresse électronique,...) du service de transport recherché et ceci sur l'ensemble du territoire français.

Pour répondre à cette ambition, le Certu a confié à la société Jalios le développement d'un prototype qui a été renseigné à l'origine en grande partie par les données issues de l'association InfoTransports. Un premier développement en novembre 2003, complété en 2004, a abouti à la mise en ligne sur Internet d'un site prototype. Cette phase a également permis de solliciter les divers publics concernés pour affiner l'expression de besoins et le périmètre définitif du projet. Le site fait depuis lors l'objet d'alimentation et de mise à jour grâce notamment aux travaux des Centre d'Etudes Techniques de l'Équipement (Cete).

Pas encore ouvert au grand public, **Passim** a déjà montré son utilité et sollicité l'intérêt de la "communauté de l'information déplacements" et plus généralement de la "communauté du transport" ainsi que du public –avec une moyenne mensuelle de plus de 1000 visites sans avoir fait l'objet de publicité. Il constitue une première réponse à la problématique initiale en fournissant un point d'accès unique aux coordonnées de l'ensemble des sources et services d'information déplacements.

Il faut maintenant poursuivre son alimentation notamment en l'élargissant à d'autres sources d'information multimodale –avec par exemple le référencement des services de Transports A la Demande. Il s'agira alors de passer du stade prototype à un mode de fonctionnement pérenne qui garantisse la qualité des informations en disposant d'un taux de rafraîchissement optimal et d'une capacité d'anticipation sur la création de nouveaux services.

Une ouverture au public est envisagée à l'automne 2005.

#### GO9

Groupe opérationnel : **Intégration des Systèmes d'Information et de Communication - Predim**

**Contacts** : Roland Cotte - Certu, département "Systèmes et technologies pour la ville", Lyon

Tél. : 04 72 74 59 26 - Courriel : roland.cotte@equipement.gouv.fr

<http://passim.predim.org>

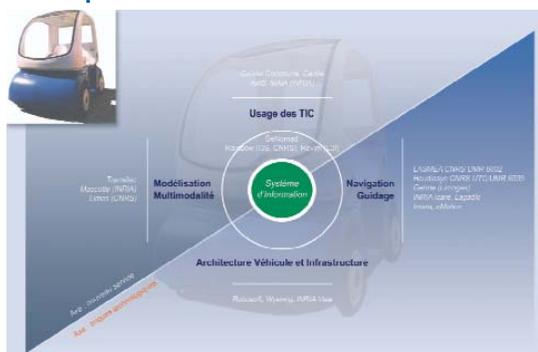
**Partenaires** : Cete Méditerranée, Cete de l'Ouest, Cete Normandie Centre, Cete de l'Est, Cete Sud-Ouest, Cete Nord/Picardie, Cete de Lyon, Société Jalios, Association Info Transports

# Projets complexes

Certains projets développés dans le cadre du Predit atteignent une ampleur telle qu'il doivent être conduits selon des méthodes particulières. Deux formules ont été développées pour ce faire : les "actions fédératives" ont pour but de concentrer des efforts pendant quelques années sur un domaine ou objet bien ciblé ; les "groupes d'intégration" ont été mis en place pour concevoir et construire de tels projets, soit impliquant à la fois les véhicules et les infrastructures, soit pour traiter de l'intégration des systèmes d'information et de communication.

Ces projets sont généralement interdisciplinaires, associant recherches en sciences humaines et sociales et en technologie. Leur gestion implique parfois la mise en place d'une structure dédiée qui associe des représentants des diverses parties impliquées et qui se rapproche des méthodes utilisées pour les grands projets industriels. L'efficacité de la coordination est un point essentiel.

## MobiVip



## PROJETS COMPLEXES

# ARCOS : Action de Recherche pour une Conduite Sécurisée

**Comment réduire l'insécurité de la conduite automobile ? Comment permettre au conducteur d'anticiper en lui signalant une prise de risque ? Comment traiter une éventuelle prise de risque ? Quelles formes d'aide à la conduite développer ?**

**Pendant 3 ans, 58 équipes de recherche ont travaillé ensemble sur ces objectifs dans le cadre du projet "Arcos".**

Le projet **Arcos** a été défini en 1999 par un groupe d'experts à l'initiative du Predit, à travers une réflexion sur les besoins en termes de dispositifs de sécurité actifs sur les véhicules routiers. Quatre fonctions génériques au cœur des interactions véhicule-route et véhicule-véhicule ont été identifiées : gérer les distances entre véhicules, prévenir les collisions ou en atténuer les conséquences, prévenir les sorties de voie, et alerter les véhicules en amont d'incidents ou accidents.

Une soixantaine de partenaires français de structures différentes (PME, industriels, laboratoires académiques), acteurs à différents niveaux du système véhicule-conducteur-route, se sont organisés pour atteindre un objectif : réduire de 30 % le nombre de tués par accident de la route. Dans un démarché pré-concurrentielle, les équipementiers et constructeurs français ont participé à la définition des objectifs, à la gestion du projet, et le cas échéant à différents groupes de travail.

L'organisation matricielle a permis d'établir des collaborations multiples :

- horizontales à travers 9 thématiques : des équipes a priori concurrentes sur une discipline ont mis en commun le meilleur de leurs approches respectives,
- verticales ou fonctionnelles : des acteurs de disciplines différentes ont travaillé ensemble dans une optique système sur les quatre fonctions.

Le projet a tenté de couvrir l'ensemble des problématiques liées aux nouveaux dispositifs, non seulement d'un point de vue technologie, mais également du point de vue des interactions avec le conducteur et de l'acceptabilité, qu'elle soit individuelle ou collective, sur les plans sociétal, juridique et économique.

## Analyse fonctionnelle

Les objectifs prioritaires du projet ont été structurés sur la base d'une analyse fonctionnelle du problème posé par les quatre fonctions traitées. La décomposition de chaque fonction en briques fonctionnelles élémentaires a été faite sur la base des éléments de méthode suivants :

- Deux familles de fonctions :
  - les fonctions de service de bas niveau appelées "composants fonctionnels". Ce sont les opérateurs de l'acquisition des connaissances, de l'évaluation du risque et de l'action ;
  - les fonctions de restitution ou "modes de coopération" impliquant le conducteur dans la réalisation de l'action.
- Deux niveaux de périmètre de surveillance ont été identifiés :
  - le périmètre de sécurité, qualitativement délimité par une présence potentielle de dangers proches qui, une fois avérés, nécessitent la mise en œuvre d'actions correctrices rapides sur la dynamique véhicule ;
  - le périmètre de précaution qualitativement délimité par une présence potentielle de dangers éloignés qui, une fois avérés, nécessitent la mise en œuvre d'actions préventives de constante de temps élevée.
- Fonctions de risque : elles analysent les paramètres de situation et proposent l'estimation d'un niveau de risque instantané à la base de la stratégie d'action. Suivant la proximité du danger et l'importance du risque (liée à la probabilité d'accident et sa gravité potentielle), l'algorithme propose une action proportionnée : plus brutale dans le périmètre de sécurité que dans le périmètre de précaution.
- Trois cibles temporelles ont été définies. Elles sont associées à différents niveaux de difficulté et de maturité des techniques à mettre en œuvre et aux différents objectifs de déploiement des fonctions. La cible C1 est ainsi rattachée à un objectif industriel (prototype préindustriel disponible à la fin du projet en décembre 2004) alors que les cibles C2 et C3 constituent des objectifs de recherche et de prospection.

Les cibles obéissent au principe d'une extension de la couverture spatiale des fonctions (utilisation sur des réseaux routiers plus complexes) et mettent en œuvre des systèmes qui facilitent les échanges d'informations :

- C1 : prise en compte d'une voie de circulation dans un périmètre de sécurité ; le véhicule et ses équipements d'exploration constituent un système autonome,
- C2 : prise en compte de plusieurs voies de circulation dans un périmètre de sécurité ; le véhicule et l'infrastructure constituent un système coopératif,

- C3 : prise en compte de la situation dans un périmètre de précaution ; le véhicule et les infrastructures interagissent grâce à des communications généralisées.

### Quatre niveaux de coopération

**Arcos** a fonctionné selon des modes de coopération structurés en quatre niveaux :

- Le *mode perceptif* consiste en un prolongement sensoriel. Le dispositif informe le conducteur de la valeur d'une variable, comme par exemple la vitesse indiquée au compteur ou le ressenti d'une accélération latérale. Le conducteur prend en compte ou non cette information, il garde la décision d'action.
- Dans le *mode contrôle mutuel*, le dispositif cherche à induire une action du conducteur ou à en contrôler l'adéquation avec les conditions de conduite : avertissement, suggestion d'action, limitation des actions, ou correction.
- Dans le *mode délégation de fonction*, la décision d'action est déléguée au dispositif, de façon plus ou moins durable : régulation d'un paramètre, gestion par le dispositif d'une action décidée par le conducteur, actions imposées par l'infrastructure (interdistances en tunnel par exemple).

Le *mode automatique* est mis en œuvre quand aucune action du conducteur n'est plus possible pour éviter l'accident : le dispositif prend la main.

### Les résultats

**Arcos** a mis en lumière des résultats importants à différents niveaux :

- Technologique : des progrès majeurs ont été faits dans la mise au point des systèmes de détection, de localisation et d'évaluation du risque. Tous ces points profitent de la fusion de données haut ou bas niveau entre les différentes techniques disponibles pour leur mise en œuvre ;
- Humain : le (la) conducteur(-trice) est au centre du système. Son "mode de fonctionnement" est étudié pour concevoir des assistances qui répondent de la manière la plus adéquate au besoin sans gêner l'activité de conduite, ni générer d'effets pervers. L'assistance doit s'insérer dans le processus de conduite d'une manière compatible avec le temps dont dispose le conducteur (information visuelle, sonore, haptique, action automatique, etc.).

L'utilisation des assistances proposées va à contre-courant des critères actuels d'acceptabilité par le conducteur, qui souhaite garder un sentiment de contrôle fort sur la conduite. est à contre-courant de l'acceptation conducteur.

- Juridique : une assistance à la conduite pose la question de savoir qui conduit au moment de l'accident, et par conséquent qui en supporte la responsabilité : conducteur, constructeur, gestionnaire de la route ? La réponse à cette question est primordiale pour évaluer l'acceptabilité des dispositifs d'assistance par les différents acteurs. Il est montré que toute action effectuée automatiquement à moins de une seconde d'un accident, alors que le conducteur n'a plus le temps d'agir, ne modifie pas la répartition de la responsabilité. Par ailleurs, les assistances s'inscrivant dans la continuité de dispositifs existants sont bien prises en compte par la législation ;
- Économique : **Arcos** a tenté d'évaluer les gains accidentologiques attendus de l'introduction des fonctions étudiées sur le parc automobile. L'outil d'aide à la décision qui en découle permet aux acteurs de la route d'estimer le "poids économique" du gain par rapport aux investissements nécessaires à l'introduction des assistances. En lien avec les considérations juridiques, cette étude apporte des éléments décisifs pour les évolutions de la réglementation. À titre d'exemple, la collectivité a intérêt à investir jusqu'à 150 MEuros (chiffres 2004) sur un an sur la fonction "prévenir les collisions" si le taux de diminution des collisions induit en 2015 est seulement de 10 % ;
- Recherche : enfin, un résultat important est la mise en réseau d'acteurs concurrents sur des projets de coopération qui se poursuivent au-delà d'**Arcos**, préfigurant les réseaux qui fonderont l'excellence et la compétitivité française dans les dispositifs d'aide à la conduite.

#### GO 4

Groupe opérationnel : **Technologies pour la sécurité**

**Contacts** : Jean-Marc Blossville, Livic, Inrets-LCPC, Versailles-Satory (78)

Tél. : 01 40 43 29 00 - Courriel : [admin@arcos2004.com](mailto:admin@arcos2004.com) - Site :

[www.arcos2004.com](http://www.arcos2004.com)

**Partenaires** : Une soixantaine de partenaires publics et privés (laboratoires de recherche, constructeurs automobiles, équipementiers, etc.)

## PROJETS COMPLEXES

# Microbus

Il y a trois ans, Gruau a décidé de suivre les exploitants et les collectivités locales dans leur réflexion sur le développement des transports urbains. Pour capter de nouveaux utilisateurs, il est alors apparu nécessaire de compléter l'offre par plus de proximité et de flexibilité.

Conscient de la lacune de l'offre, la société Gruau a décidé de développer un petit véhicule de transport urbain, construit autour de la notion d'accessibilité : le **Microbus**.

### Les enjeux du programme Microbus

A partir d'un concept imaginé par la société R & D Industrie et sur la base de l'analyse fonctionnelle réalisée par la RATP, Gruau lance son programme **Microbus**. L'enjeu pour Gruau consiste à se démarquer totalement des petits bus réalisés à partir d'une base de véhicule utilitaire pour proposer un nouveau concept avec des fonctionnalités innovantes.

- En terme d'accessibilité :

  - Plancher bas et intégralement plat,

  - Accès direct depuis le trottoir pour tous (y compris les personnes à mobilité réduite).

- En terme de modularité :

  - Plusieurs implantations modulables en moins de 5 minutes sur la même carte violette (passage d'une version transport urbain à une version dédiée "personnes à mobilité réduite").

- En terme de confort

  - Passagers accueillis dans un espace confortable et lumineux, ouvert sur leur ville.

### Les innovations techniques de Microbus

*Quelques caractéristiques du **Microbus***

- Une surface au sol réduite : 5,44 m x 2,08 m mais une hauteur utile dans l'espace passager de 2,10 m

- Une vitesse maximale en charge de 65 km/h et franchissement de pente jusqu'à 17 %
- Une chaîne de traction hybride diesel-électrique avec une autonomie de 150 kilomètres en hybride
- Une chaîne de traction diesel avec une autonomie de 300 kilomètres.

### *Liaison au sol*

La contrainte majeure pour la conception de la liaison au sol **Microbus** est de répondre à l'objectif de garde au sol de 180 mm avec un plancher intégralement plat.

Ceci nous a conduit à développer, avec le bureau d'études Sera, un train AR spécifique constitué de 2 bras tirés indépendants.

Les coussins de suspensions sont pilotés par un système de gestion Wabco qui permet 3 positions. A l'arrêt, la hauteur de plancher est de 150 mm, c'est à dire la hauteur moyenne d'un trottoir en France.

### *Structure*

La structure du **Microbus** est autoportante, de type "bird cage".

Cette conception nous permet un plancher intégralement plat (et sans insert)

La porte latérale, électrique, présente une ouverture confortable :

- Largeur utile de 1,40 m
- Coulissante extérieure, elle n'empiète pas du tout sur l'espace intérieur passager

### *Espaces passagers et chauffeur*

Plusieurs combinaisons sont possibles en terme d'implantation. L'accent a été mis sur la notion de modularité puisque, pour la première fois, il sera possible de passer d'une version bus à une version pour le transport de personnes à mobilité réduite en cours d'exploitation. L'ergonomie du poste de conduite a été prise en compte dès le début de la conception.

### *Chaîne de traction hybride*

C'est une architecture hybride série qui a été retenue pour la chaîne de traction. En stratégie de pilotage, 2 modes de fonctionnement ont été retenus sur le **Microbus** hybride :

- Le mode hybride

Le moteur électrique de traction est alimenté par les batteries et le pack énergie. Le pack énergie (ou groupe électrogène) délivre une puissance variable en fonction de la demande. Les batteries viennent apporter le complément de puissance nécessaire (démarrage, forte pente...). Le moteur diesel est alors utilisé dans sa zone de rendement optimal.

#### ■ Le mode électrique

Le pack énergie est à l'arrêt. Le moteur de traction est alimenté par les batteries uniquement. Un sélecteur au poste de conduite permet au chauffeur de choisir le mode de fonctionnement.

En mode hybride et électrique, l'énergie de freinage est récupérée. Les batteries sont rechargées au dépôt, sur une prise secteur, par l'intermédiaire d'un chargeur.

### Principe de fonctionnement de la chaîne hybride

Le pack énergie, groupe électrogène à puissance variable, est situé à l'avant du véhicule. Il est composé d'un moteur diesel automobile qui tourne entre 800 et 3000 tours/mn.

Il alimente le moteur électrique de traction, placé devant le train avant (transmission de mouvement par réducteur/différentiel)

Le moteur diesel est alimenté par un réservoir placé en partie inférieure du **Microbus**.

### Une chaîne hybride Microbus présentant les performances suivantes :

- 20 % de gains en émission CO<sub>2</sub> (par rapport à la version diesel)
- 30 km d'autonomie ZEV
- 150 km d'autonomie hybride

Si à l'heure actuelle, la batterie Ni-Cd est le meilleur compromis technico/économique pour le **Microbus**, Gruau reste vigilant sur les évolutions à venir en ce qui concerne le stockage d'énergie.

### Commercialisation

Gruau commercialise, depuis mi-2004, le **Microbus** en version diesel (moteur HDI, boîte automatique et filtre à particules) et en version hybride. Une trentaine de véhicules sont en exploitation à l'heure actuelle et ils sont produits au rythme de deux unités par semaine.

Les premiers clients ont été livrés (RATP, Connex Bourges, Connex Chambéry, Douai, Bagnoles de l'Orne, Clermont-Ferrand...).

## Conclusion

Gruau a mené à bien ce programme de développement avec l'aide de la Drast (Ministère des Transports) et du Minefi dans le cadre du Predit. Les enseignements tirés de la motorisation hybride pour la gestion et la régulation de l'énergie nous permettent aujourd'hui de compléter notre gamme par l'étude d'un **Microbus** tout électrique, en partenariat avec EDF. Notre objectif est de mettre sur le marché un véhicule offrant une autonomie journalière de 120 km.

### GO 10

Groupe opérationnel : **Véhicules et infrastructures : développements intégrés**

**Contacts** : Sophie Maitrallain, Gruau, Laval (53)

Tél. : 02 43 66 39 38 - Courriel : [sophie.maitrallain@gruau.com](mailto:sophie.maitrallain@gruau.com)

## PROJETS COMPLEXES

# INDUIT : INfrastructures DURables Intégrées pour Transports collectifs de surface

Les plates-formes sur lesquelles circulent les transports collectifs urbains de surface sont soumises à des contraintes fortes. Afin de garantir l'efficacité de ces transports, la fiabilité, la disponibilité et la maintenance de leurs infrastructures doivent être parfaitement maîtrisées. Le projet "Induit" envisage ce problème sous ces divers aspects.

### Introduction

Parmi les éléments structurants du renouveau urbain, les transports collectifs de surface sont d'un enjeu majeur, et leur efficacité implique une infrastructure bien maîtrisée complètement intégrée au système de transport en particulier et à l'urbanité de la cité en général.

De trop nombreux sites dédiés ou partagés en matière de plates-formes de tramway, systèmes guidés sur pneus, véhicules routiers se caractérisent par des dégradations de revêtements, des pathologies difficiles à traiter sous exploitation et des contentieux parfois lourds. Le projet Induit se propose de mieux comprendre et d'élaborer des recommandations couvrant le champ des innovations technologiques et des procédures organisationnelles dans le souci permanent de l'intégration en milieu urbain.

### Problématique

Le projet Induit appelle à souligner les quelques traits suivants :

- il s'agit d'un sujet incontournable pour aujourd'hui et demain. Toutes les réflexions prospectives sur la ville et la rue du futur convergent vers le développement des transports collectifs
- c'est un sujet difficile en raison de l'agressivité des véhicules, des interfaces et des liaisons très sollicitées, des exécutions difficiles, des sujétions d'exploitation, des métiers compartimentés
- le besoin de recherche est initié par la sanction du terrain (pathologies, contentieux) qui attend beaucoup pour éradiquer les défauts récurrents
- le sujet appelle de nouvelles données organisationnelles et techniques. Il faut associer le métier du rail et le métier de la route, comprendre et innover ensemble

- c'est une action nécessairement fédératrice qui mobilise la majorité des acteurs de la décision, de la construction et de l'exploitation des systèmes de transport.

### Déroulement de l'étude

Le projet **Induit** comprend les quatre étapes que l'on peut synthétiser comme suit :

- 1) état de l'art (2004)
- 2) étude de nouvelles conceptions (2005)
- 3) réalisation et suivi des planches d'essais (2006)
- 4) prescriptions et recommandations (2004 à 2006)

Un point d'arrêt est prévu à l'issue des phases 1 et 2, préalablement à la réalisation des planches d'essais sur site en exploitation. Le point 4 correspond à des productions permanentes au sein de chaque phase d'étude.

### Les productions début 2005

Les productions du projet **Induit** à l'issue de sa première phase de réalisation sont déclinées en regard des trois objectifs généraux majeurs :

- a) recueil, exploitation et dissémination de la connaissance
  - b) organisation, savoir-faire et contraintes des métiers pour mieux se connaître
  - c) appropriation des organisations et des techniques par le tissu professionnel.
- a) Objectif : RECUEIL, ORGANISATION, ANALYSE, ECHANGE, DISSÉMINATION DE LA CONNAISSANCE**

#### Réponses :

1. Base de données des sites visités, 80 fiches tramways, systèmes guidés sur pneus, bus en site propre et dossier de synthèse par site.
2. Site internet : [www.ile-de-France.equipement.gouv.fr](http://www.ile-de-France.equipement.gouv.fr)
3. Sessions de formation continue à Ponts Formation Edition (concevoir et réaliser des infrastructures de transport en commun : bus, systèmes guidés sur pneus, tramways).
4. Contributions aux événements professionnels majeurs. Congrès Interoute 2004, congrès national AITF 2005, séminaire international AIPCR en Pologne, Colloque ingénierie urbaine à Lille.
5. Grille d'évaluation des couples systèmes de guidage/revêtements.
6. Aspect urbanistique : relation aménagement/matériaux.

### b) Objectif : DES MÉTIERS QUI SE CONNAISSENT MIEUX : ORGANISATIONS, SAVOIR-FAIRE, CONTRAINTES

#### Réponses :

1. Groupe de partenaires vivant et proactif : Dreif/LROP, Alstom, RATP, Transdev, Mairie de Paris, Conseils généraux des Hauts-de-Seine et de Seine-Saint-Denis, AITF, EIVP, Polytech'Lille, Cimbeton,, Specbea, Colas/Screg, Eurovia, Secorail, Vossloh, Agence Rousseau.
2. Glossaires route et rail, outils destinés aux praticiens du rail et de la route.
3. Catalogue des dégradations (classification des pathologies des couples systèmes de guidage/revêtement).

### c) Objectif : L'APPROPRIATION PAR LE TISSU PROFESSIONNEL : UN PROJET MOTIVÉ PAR L'OPÉRATIONNEL

#### Réponses :

1. Guide technique "*Plates-formes de transports collectifs de surface. Inventaire et choix des revêtements et de structures*". Une initiative du maître d'ouvrage CG 92 et Club RD Ile-de-France
2. Guide technique "*Plates-formes de tramway : pathologie et conception*". Tome 1, matériaux modulaires. Une initiative AITF/Réseau technique
3. Guide d'information "*Les infrastructures de transports collectifs de surface – structures et revêtements en béton*". Une initiative de Syndicats professionnels (collection technique Cimbeton)
4. Guide technique (projet) pour l'étude, la construction et l'entretien des infrastructures de transport collectif. Une initiative d'entreprises (Screg).

## Conclusions

Les 17 partenaires du projet **Induit** concrétisent par leurs productions sous forme de guides, glossaires, bases de données, sites Internet, formations, interventions dans des événements professionnels majeurs, le consensus fort sur la nécessité de décloisonner les métiers et de concevoir les projets globalement.

Le projet Induit contribue à instaurer dans le champ qu'il couvre un système technique durable au service de la mobilité et de l'urbanité.

#### GO 10

**Groupe opérationnel : Véhicules et infrastructures : développements intégrés**

**Contacts** : Jean-Pierre Christory - DREIF, LROP, Trappes (78)

Tél. : 01 34 82 12 34 - Courriel : jean-pierre.christory@equipement.gouv.fr

Frédéric Le Corre - Alstom Transport - Courriel : frederic.le-corre@transport.alstom.com

**Partenaires** : EIVP/RATP, Semitan, RATP, Secorail, Vossloh, Colas/Screg, Eurovia, Polytech'Lille

PROJETS COMPLEXES

## MOBIVIP :

### Véhicules Individuels Publics pour la MOBilité en centre-ville

**MobiVIP** est un projet de recherches et d'expérimentations sur les briques technologiques clés d'un service de mobilité en milieu urbain basé sur les véhicules individuels à usage public.



Le service s'appuie sur un système d'information qui a vocation à s'intégrer dans la politique de gestion globale des déplacements à l'échelle d'un centre-ville.

Il réunit sur un programme de trois ans cinq laboratoires de recherche et sept sociétés industrielles.

#### Problématique

Le projet s'intéresse à la fois au système de transport et à sa composante système d'information. Il est né de l'analyse des nombreuses expériences d'auto-partage (Car Sharing) réalisées dans les années 90 dans le monde entier et dont l'objectif est un usage réfléchi de la mobilité individuelle pour améliorer l'environnement des centres-villes où la congestion est responsable de nuisances environnementales aujourd'hui bien établies. De cette analyse découlent quelques caractéristiques clés des objectifs du projet **MobiVIP** :

- la part importante des déplacements de courtes distances sur lequel le projet se focalise avec une adéquation parfaite du véhicule électrique,

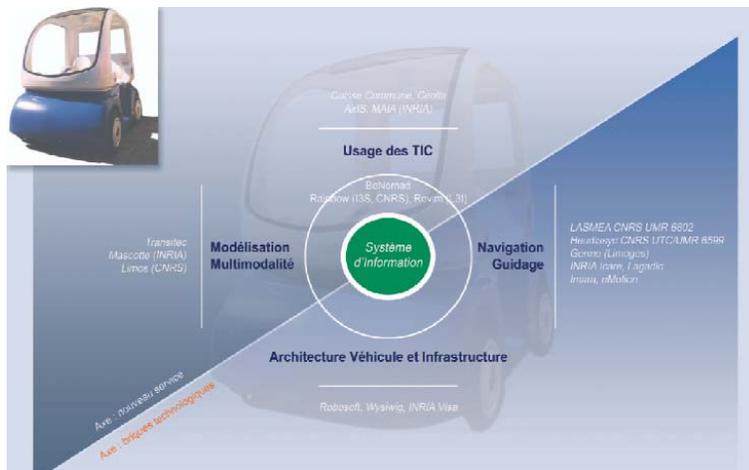
- la nécessité de disposer d'une information instantanée sur la chaîne complète de mobilité dite porte à porte afin d'intégrer ces véhicules urbains dans l'offre de transport des villes (multi-modalité, intermodalité),

Enfin, les technologies et équipements nécessaires sont aujourd'hui disponibles mais leurs impacts ne peuvent être évalués sur le plan des usages qu'en menant en parallèle recherches et expérimentations.

## Déroulement du projet

Le projet est organisé en cinq lots :

- système d'information : recherches sur la modélisation de l'environnement, le système de communication et le déploiement dynamique d'applications.
- modélisation et multimodalité : recherches sur la modélisation microscopique des déplacements urbains,
- navigation et conduite assistée : recherches sur la localisation précise et robuste en environnement urbain, conduite automatique et en convoi
- évaluation des usages : techniques d'apprentissages et recommandations pour mesurer l'impact des nouvelles technologies de l'information et de la communication (NTIC) dans un scénario générique de mobilité
- architecture véhicules et infrastructures : réalisation des plateformes expérimentales.



Après une première phase de spécifications, deux programmes se déroulent en parallèle :

- le développement de maquettes de services utilisant les technologies suivantes :

- véhicules électriques robotisés et terminaux mobiles,
- communications sans fils : gprs/umts, WiFi, Bluetooth,
- Internet, web services, xml
- Localisation par GPS hybride, cartographie, Système d'Information Géographique
- Vision assistée par ordinateur et capteurs d'environnement lasers.
- les recherches amont dont la phase expérimentale débute sur les plates-formes à partir de la mi-projet (juin 2005).

### Retombées scientifiques et techniques

Les retombées scientifiques attendues sont multiples : outils méthodologiques pour l'analyse des déplacements urbains (motifs, caractéristiques de la chaîne de déplacement), modélisation microscopique du trafic, évaluations des applications multimédias les plus pertinentes pour le déploiement d'alternatives à l'usage du véhicule particulier, technologies clés pour la conduite assistée (localisation, guidage).

Sur le plan technique, le projet contribue à la définition du véhicule spécifiquement urbain, petit, économe, silencieux, équipé de système de communications et d'applications télématiques.

### Perspectives

Les partenaires du projet ont l'opportunité de collaborer avec différentes collectivités locales. Une première étape a été la présentation à Nancy, le 17 Juin 2005, des plates-formes MobiVIP et des premiers résultats de recherche dans le cadre du 250<sup>ème</sup> anniversaire de la place Stanislas.

Différentes expérimentations devront avoir lieu d'ici la fin du projet sur d'autres sites dont Clermont-Ferrand, Antibes et La Rochelle.

#### GO 9

**Groupe opérationnel : Intégration des Systèmes d'Information et de Communication**

**Contacts :** Georges Gallais - Inria Sophia-Antipolis (06)

Tél. : 04 92 38 50 14 - Courriel : Georges.Gallais@sophia.inria.fr

Site : [www.inria.fr/mobivip](http://www.inria.fr/mobivip)

**Partenaires :** Recherche académique : • Laboratoire I3S, CNRS et Université de Nice-Sophia-Antipolis • LASMEA, CNRS et Université Blaise Pascal, Clermont-Ferrand

• Laboratoire Heudiasyc, CNRS et Université de Technologie de Compiègne

• Laboratoire L3I, Université de la Rochelle • Inria, centres de Sophia-Antipolis, Lorraine, Rhône-Alpes, Rennes et Rocquencourt (78)

Industrie et services : BeNomad, Caisse Commune, Céolia, i2e Télécom, Robosoft, Transitec et Wysiwyg

## PROJETS COMPLEXES

# Programme EPO-Auto + Electronique de Puissance pour Organes électriques “Automobile”

**L'importance de l'électronique dans les véhicules routiers ne cesse de croître pour la régulation, la commande... La puissance électrique nécessaire augmente donc dans des proportions significatives. Aussi, s'avère-t-il nécessaire de concevoir de nouvelles technologies pour accompagner ces évolutions.**

### Le contexte et les enjeux

L'électronique...

- ... constituera ou influencera plus de 90 % de l'innovation dans l'industrie automobile,
- ... participera à hauteur de 35 % du coût total de production d'un véhicule en 2010 (22 % aujourd'hui).

De plus en plus d'organes électriques sont installés pour répondre aux besoins :

- de confort : vitres électriques, sièges électriques, climatisation, frein à main, télématique-multimédia,
- de réduction de la consommation : papillon motorisé, direction assistée électrique, ventilation électrique, climatisation, boîte de vitesses robotisée et automatique, commande d'arbres à cames, hybridation,
- d'optimisation de fonctions : freinage électro-hydraulique, suspensions, aide à la conduite, direction, etc.

**La demande de puissance électrique augmente et évolue : 5 à 10 kW en moyenne à l'horizon 2010.**

### Les objectifs

**Epo-Auto+ est un programme de recherche et développement sur l'électronique de puissance pour les applications automobiles dont les objectifs principaux sont :**

- augmenter les fonctionnalités des systèmes,
- améliorer l'intégration (mécanique, thermique, compatibilité électro-magnétique...),
- réduire les coûts.

## Organisation du programme

Organisé en 6 projets génériques (dont deux sont encore en cours de préparation) et 2 projets applicatifs, il peut être décrit comme suit :

### Projets génériques

#### **SUBINTER : Substrats d'interconnexions et technologies de report**

##### **Objectifs :**

- amélioration de la fiabilité,
- élaboration de nouveaux substrats répondant à l'exigence duale de la puissance et de l'automobile,
- réduction des coûts par l'investigation des matériaux existants non encore utilisés,
- réduction de l'encombrement,
- optimisation des choix technologiques par simulation.

#### **SYSINTER : Systèmes d'interconnexions**

##### **Objectifs :**

- étude physique du phénomène d'arc et de son effet sur le contact électrique (déconnexions, vibrations etc.)
- mise au point de contacts électriques résistants aux effets d'arc,
- contribution à la mise au point de méthodes de caractérisation et à la définition de normes.

#### **G THERM : Gestion thermique temps-réel d'un module d'électronique de puissance destiné à la traction d'un véhicule automobile hybride électrique.**

##### **Objectifs :**

- matérialisation du système de refroidissement,
- modélisation des transferts thermiques,
- estimation des contraintes thermo-mécaniques de l'assemblage,
- réalisation d'un simulateur de contrôle thermique module.

#### **FIDUCOHT : Fiabilité haute température**

##### **Objectifs :**

- étude de la dégradation des performances, des limites physiques et des modes de défaillance propres aux applications à haute température des dispositifs semi-conducteurs de puissance au niveau des "composants" d'une part et "modules" d'autre part.

## Projets applicatifs

### **ELADI : Electronique Alterno-Démarreur Intégré, réalisation d'un démonstrateur.**

#### **Objectifs :**

- conception d'une électronique de pilotage d'alternateur associant des ruptures technologiques dans le domaine de l'électronique de puissance afin de réaliser un démonstrateur préfigurant les alternateurs hautes performances.

### **DIASEL : Réalisation à moindre coût, de l'électronique de commande d'une Direction Assistée Electrique.**

#### **Objectifs :**

- intégration à moindre coût de l'électronique de puissance pour les calculateurs de contrôle électronique, tout en ayant un bon comportement de dissipation thermique permettant d'assurer le développement d'un nouveau concept de direction assistée électro-hydraulique.

Labellisé par le Predit en mars 2003, cette recherche bénéficie du soutien financier du Ministère de l'Industrie et du Ministère de la Recherche, il a été lancé officiellement le 27 octobre 2004.

#### **GO 8**

##### **Groupe opérationnel : Véhicules propres et économes**

**Contacts :** Claude Ades - Cereveh, Poitiers

Tél. : 05 49 44 76 78 - Courriel : [claudes.ades@cereveh.org](mailto:claudes.ades@cereveh.org)

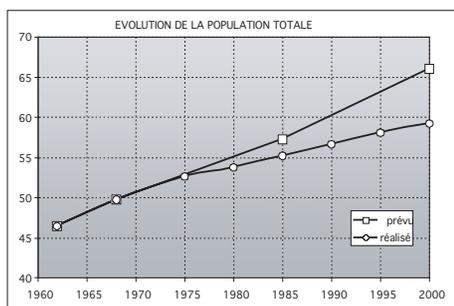
**Partenaires :** IXL-CNRS (Bordeaux), CIRE-BREE (Pithiviers 45), MBDA France (Vélizy-Villacoublay), FCI France (Epernon 28), LET-CNRS-ENSMA (Poitiers), SATIE ENS-Cachan, LEEI-ENSEEIH (Toulouse), Inrets-LTN (Arcueil), Siemens VDO Automotive (Toulouse), Valeo Electronique et Systèmes de Liaisons (Créteil), Valeo Systèmes de Contrôle Moteurs (Osny 95), Université de Rennes 1, LAAS CNRS (Toulouse), LEM-Université de Montpellier 2.

# Eclairage des politiques publiques

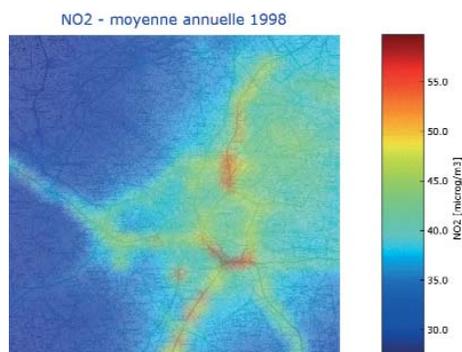
Pour arrêter la politique qu'ils entendent mener, les "décideurs" ont besoin de s'appuyer sur des éléments objectifs afin d'appréhender les diverses solutions qui s'offrent à eux, comparer divers scénarii et mesurer les conséquences de leurs décisions. Au niveau des transports, le Predit a pour ambition d'apporter sa contribution à cet objectif car, en sa qualité de programme public, il se doit d'être un outil au service de la collectivité nationale.

Cet objectif général est pris en compte dans l'ensemble du programme et notamment par les groupes produisant des connaissances ; il est central dans l'activité du groupe opérationnel 11 "Politiques de transport".

## Rétrospective de la prospective



## PDU et santé



## ÉCLAIRAGE DES POLITIQUES PUBLIQUES

# Recomposition intercommunale et enjeux des transports publics en milieu urbain

Trente ans après l'instauration du Versement transport, l'organisation institutionnelle des transports urbains connaît des changements importants, liés à la structuration d'un pouvoir d'agglomération. Ces nouvelles formes de l'action publique participent-elles à la mise en cohérence des politiques urbaines, prônée par la loi SRU ? Favorisent-elles la prise en compte des principes de développement durables des villes et des mobilités ? Questions complexes, ambiguës, voire prématurées eu égard au caractère récent de certaines transformations, auxquelles cette recherche apporte divers éclairages, issus des analyses sur les relations entre transports publics et intercommunalité conduites à l'échelle nationale, et des études de cas réalisées dans cinq régions urbaines françaises.

## Problématique



La cohérence territoriale des politiques d'urbanisme, de déplacements et de logement est un des principaux motifs de la loi relative à la solidarité et au renouvellement urbain (loi Gaysot-Besson). Cette recherche vise à évaluer la portée de cette orientation au regard des évolutions observées dans le champ des transports publics urbains, qui est également soumis aux influences indirectes de deux autres lois : la loi Chevènement, qui favorise la création d'intercommunalités de projet ; et la loi Voynet, qui propose la réorganisation des espaces urbanisés autour de deux maillons principaux : les pays et les agglomérations. Deux questions ont structuré l'analyse :

*Dans un contexte de transformation rapide du paysage intercommunal et des périmètres de planification et de gestion des territoires à l'échelle locale, quelles sont les relations entre les nouvelles configurations institutionnelles et les politiques de transports publics en milieu urbain ?*

*De cette analyse, que peut-on déduire de la capacité des structures intercommunales à participer à la « mise en cohérence territoriale » des politiques urbaines et, plus généralement, à intégrer les principes d'un développement durable des villes et des mobilités ?*

## Déroulement de l'étude

Cinq études de cas ont servi de support à la réflexion : les régions urbaines de Rennes, Saint-Étienne, Valenciennes, Caen et Saint-Brieuc. Chacune a fait l'objet d'une monographie détaillée, reconstituant l'histoire de la coopération intercommunale, de la planification et des politiques de transports publics depuis les années 1970. Cette analyse chronologique, fondée sur une étude documentaire et des entretiens réalisés auprès des acteurs locaux, a permis de situer les changements récents dans la perspective d'évolutions de plus long terme, afin d'identifier les inerties ou les ruptures des trajectoires locales et d'en cerner les principaux facteurs. Les monographies ont été mises en regard d'analyses retraçant la dynamique géo-institutionnelle des transports publics à l'échelle nationale.

## Les résultats

L'essor des communautés d'agglomération, nouvelles structures intercommunales dotées de compétences obligatoires en matière d'aménagement et de transports publics, a entraîné d'importants bouleversements dans l'organisation des transports collectifs urbains. Entre 1998 et 2002, 60% des autorités organisatrices des transports urbains (AOTU) ont changé de statut, et dans 40% des cas, la compétence transports est gérée par une communauté d'agglomération.

Le premier constat que l'on peut établir est celui d'un changement radical des logiques de développement territorial des transports urbains. Au principe autrefois dominant d'extension des réseaux urbains succèdent une pluralité de stratégies politiques qui placent les transports publics à la marge ou au cœur d'un projet territorialisé.

Les conséquences les plus immédiates portent sur l'évolution statutaire des AOTU et des périmètres de transports urbains (PTU). Deux types de transformations ont été observées. Dans le premier cas (logique adaptative), les collectivités optent pour le maintien d'une gestion sectorielle des réseaux urbains, sous forme d'un syndicat mixte de transport. La motivation peut être de préserver une forme d'alliance ancienne avec le Département (Caen) ou bien de faire face au risque d'éclatement du PTU (Valenciennois). Dans le second cas (logique intégrative), la communauté d'agglomération décide d'assumer elle-même la compétence transport. Ce choix peut être l'aboutissement d'un processus d'intégration progressif, comme à Rennes ou à Saint-Brieuc, où la loi Chevène-

ment ne fait que conforter des changements survenus au début des années 1990. En région stéphanoise, les transformations récentes marquent au contraire une rupture dans une longue succession de tentatives de coopération non abouties.

Si la réorganisation institutionnelle des transports urbains procède de logiques qui dépassent le strict exercice des compétences sectorielles, les politiques de transports publics participent de manière spécifique à l'émergence des "nouveaux territoires". Du fait de leur capacité à incarner les solidarités entre les communes ou à différencier une agglomération par rapport aux autres, les réseaux de transports urbains contribuent en effet à la construction d'une identité d'agglomération.

D'autres indices, variables selon les contextes, marquent les changements à l'œuvre. Ainsi, la montée en puissance des services techniques de certaines structures intercommunales contraste-t-elle nettement avec la période précédente, où la capacité d'expertise était souvent externalisée auprès de l'exploitant, ou concentrée dans la ville-centre. Par ailleurs, l'affirmation du pouvoir d'agglomération sous forme d'une ou de plusieurs structures communautaires s'accompagne souvent d'une activation des débats locaux autour des transports collectifs et de leur rapport au territoire.

Le maintien de multiples segmentations à l'intérieur de la sphère des déplacements ou entre transports et urbanisme montre que la réforme institutionnelle à l'œuvre ne suffit pas à faire évoluer les modes de représentation ni les pratiques professionnelles. Toutefois, il ressort de l'observation locale que l'affirmation d'un leadership politique d'agglomération ou l'existence d'une coalition d'intérêts peuvent fonder l'élaboration d'un projet de territoire qui participe à la coordination des politiques sectorielles.

Un argument couramment avancé pour questionner la cohérence de la réforme territoriale consiste à souligner l'écart entre les périmètres des nouvelles intercommunalités et ceux des *aires urbaines*. Les études de cas permettent de réfuter cet argument, en montrant que certains projets de territoire trouvent à la fois un certain réalisme politique et une pertinence par rapport aux objectifs de développement urbain durable, précisément en s'écartant des critères fonctionnels de définition des périmètres d'action. Plus généralement, l'analyse critique des critères et dispositifs de mise en cohérence des politiques urbaines inscrits dans les lois récentes montre un décalage entre les manières de concevoir et d'évaluer cette cohérence, ancrées dans une conception normative et techniciste des territoires, et les conditions effectives de sa mise en œuvre.

## Financement

Cette recherche a été financée par l'Ademe dans le cadre du groupe opérationnel 11 "Politique des transports" du Predit.

## Exploitation des résultats

Un séminaire d'échanges entre chercheurs et acteurs locaux a été organisé le mardi 24 mai 2005, à l'ENPC-Paris.

### GO 11

#### Groupe opérationnel : Politique des transports

#### Équipe de recherche

**Coordinateurs :** Caroline Gallez et Philippe Menerault - Laboratoire Ville Mobilité Transports (Inrets-ENPC-UMLV) 19, rue Alfred Nobel – Cité Descartes - Champs-sur-Marne – 77455 Marne-la-Vallée cedex 2

Tél. : 01 64 15 21 17 - 03 20 43 83

Courriel : [caroline.gallez@inrets.fr](mailto:caroline.gallez@inrets.fr), [philippe.menerault@inrets.fr](mailto:philippe.menerault@inrets.fr)

**Partenaires :** Séverine Frère et Cyprien Richer, Inrets-LVMT ; Franck Bodin, Université de Lille 1 ; Christophe Guerrinha, Cêteil-IUP-Université de Paris 12.

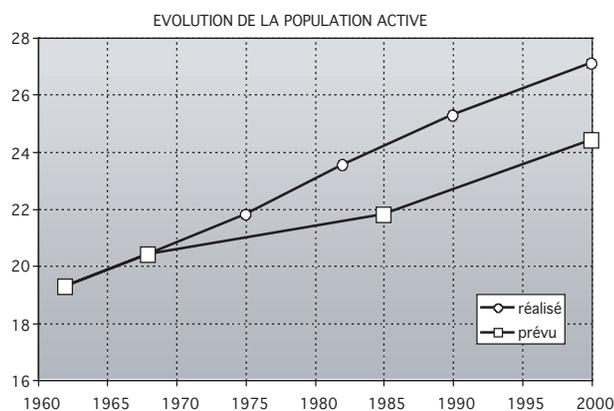
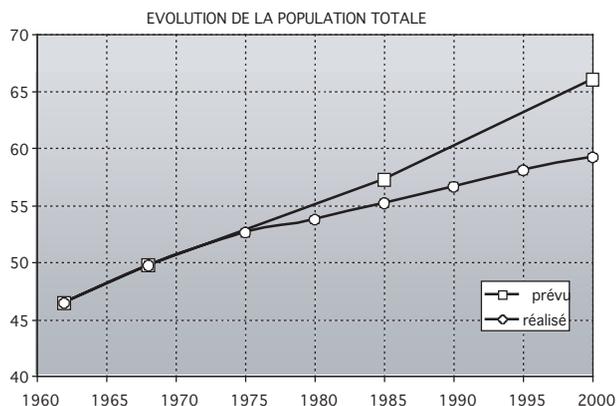
## Rétrospective de la prospective

**Pour éclairer les décisions stratégiques, on se tourne de plus en plus à l'heure actuelle vers les techniques de la prospective. Celles-ci doivent être considérées moins comme une tentative de percer les secrets de l'avenir que comme un effort pour préciser les conditions dans lesquelles les décisions seront prises. Pour mieux comprendre en quoi la prospective peut être utile à l'action, il était intéressant de se pencher sur des travaux de prospective déjà anciens pour mieux comprendre comment ils avaient tenté de prendre en compte le futur. L'objectif était bien de réaliser une évaluation de travaux anciens qui anticipaient un futur aujourd'hui connu. D'où le choix d'évaluer des travaux de prospective réalisés dans les années 1970-1980.**

Même si aujourd'hui de nombreuses recherches prospectives concernent le domaine des transports, il n'existe pas d'études anciennes relatives à ce domaine qui auraient pu permettre de mieux comprendre la logique de la prospective en transports. C'est pour quoi le choix s'est porté sur des approches prospectives plus générales et que trois genres de prospective différents ont été analysés : un document de recherche, "Une image de la France en l'an 2000, scénario de l'inacceptable", publié à la Documentation Française en 1971, un ouvrage de vulgarisation, "Scénarios du futur" de François de Closets (Denoël 1978) et enfin tous les articles de la revue *L'Expansion* consacrés à des travaux de prospective, publiés entre 1970 et 1980.

En mettant en évidences les "erreurs" de prospective de ces travaux anciens, c'est-à-dire les écarts entre ce qui a été envisagé et ce qui s'est effectivement réalisé, l'objectif de cette recherche était de mettre en évidence dans ces travaux trois dimensions : tout d'abord ce qui relève des tendances lourdes d'évolution des systèmes techniques et des systèmes sociaux et qui a été bien décelé, ensuite ce qui relève de réels efforts de prospective, et enfin ce qui relève de la simple traduction des croyances ou des mythes largement partagés par la population ou par les scientifiques au moment où ont été réalisés ces travaux.

On peut citer, à titre d'exemple de la méthode utilisée, la prospective démographique réalisée dans "Le scénario de l'inacceptable" en 1971. Les deux graphiques ci-dessous montrent pour la France les évolutions prévues et réalisées de la population totale et de la population active.



La croissance de la population totale a été surestimée alors que celle de la population active a été, elle, sous-estimée. Cette "erreur" s'explique aisément : les auteurs n'ont pas anticipé le changement structurel important qu'a été pour les femmes la maîtrise de la fécondité : elle s'est traduite par une baisse de la natalité qui a retenti sur la croissance de la population et par un accroissement du taux d'activité féminin qui a pesé sur l'évolution de la population active.

En résumant beaucoup, cette recherche propose les conclusions suivantes sur les démarches prospectives analysées.

- Tout d'abord, la prospective n'a de sens que rattachée à l'action qu'elle cherche à éclairer : elle n'est alors rien d'autre qu'une tentative pour réduire les incertitudes ou pour identifier les marges de liberté. Cela renvoie à une conception du futur : celui-ci n'est pas simplement ce qui peut arriver ou ce qui arrivera, il est le résultat des choix qui seront faits, des actions qui seront menées.

- La démarche prospective apparaît davantage comme un art que comme une véritable discipline scientifique. Et, comme toute activité, elle se caractérise par sa dimension sociale : elle est une "production sociale" et, à ce titre, elle est marquée par les caractéristiques de son époque et des milieux qui l'ont produite. Ses auteurs restent profondément des hommes de leur temps qui véhiculent avec leurs analyses scientifiques les systèmes de valeurs et les croyances de la société à laquelle ils appartiennent. Et les travaux de prospective sont sans doute plus révélateurs des caractéristiques de la société qui leur donne leur légitimité qu'ils n'éclaircit sur un futur incertain.
- Le futur réserve toujours des surprises, il reste le domaine d'apparition de l'imprévu. Et cette impossibilité congénitale, qui n'a rien à voir avec d'éventuelles erreurs des prospectivistes, donne naissance à deux réactions qui sont une façon pour les individus et les groupes de surmonter cette impuissance : soit l'on fait une confiance aveugle dans la technique pour apporter des solutions à des questions que l'on ne sait pas traiter aujourd'hui, soit on sombre dans le pessimisme d'un monde fini dont les ressources diminuent inexorablement. Cette double réaction n'est pas spécifique à notre époque, on la retrouve régulièrement au cours du temps, de façon particulièrement nette pour les problèmes de transport.

A ce stade de la réflexion, la démarche prospective ne peut être qu'une démarche "humble", qui ne pourra sans doute jamais être une véritable démarche scientifique, même si elle s'appuie sur des outils sophistiqués. Elle est par nature très myope et plutôt conservatrice dans la mesure où elle est très dépendante des représentations du présent. Mais ce besoin d'entrevoir des futurs possibles pour mieux agir sur le présent reste une des dimensions fortes aussi bien de l'action publique que des stratégies industrielles. Dans ces conditions, les analyses précédentes peuvent aider à rendre plus réalistes et plus efficaces les indispensables démarches prospectives pour aujourd'hui.

#### GO 11

Groupe opérationnel : **Mobilité, territoires et développement durable**

François Plassard - UMR 5600 "Environnement Ville Société"

18, rue Chevreul - 69632 Lyon cedex 07

Tél. : 04 78 72 44 58 - Courriel : [Francois.plassard@wanadoo.fr](mailto:Francois.plassard@wanadoo.fr)

ÉCLAIRAGE DES POLITIQUES PUBLIQUES

# L'élu local et la sécurité routière, journal de vie

**Quelles questions sont posées à un adjoint au maire chargé des travaux et des services techniques sur les problèmes de sécurité routière, comment y répondre ? Description d'un an de pratiques de l'élu local.**

L'auteur de la recherche étant à la fois chercheur en sécurité routière et élu local, la méthodologie employée est une "auto-description des pratiques avec la méthode du carnet de bord". Un état de l'insécurité objective permet de rendre compte des enjeux de sécurité et de comparer les différentes demandes locales à la réalité de l'insécurité routière.

## Problématique

L'intégration technique de la sécurité routière dans la planification urbaine et l'aménagement est un enjeu reconnu en matière de prévention des accidents. Cependant, la mise en œuvre des connaissances et outils techniques reste aujourd'hui limitée à tel point que l'on peut parler de sous mise en œuvre. Il est alors important de comprendre et d'analyser les modalités de la prise en charge locale de la sécurité routière.

Quelles formes prennent les demandes locales de la population, des associations... en matière de sécurité routière et quelles sont les réponses de l'institution locale? L'idée est de décrire et d'analyser les pratiques d'élu local "au jour le jour".

L'opportunité d'un double positionnement d'un membre de l'équipe de recherche, à la fois chercheur en sécurité routière et maire adjoint, délégué aux travaux et aux services techniques permet d'observer, d'analyser les problèmes posés et les réponses apportées.

## Méthode, déroulement de l'étude

Mener ce type de recherche "d'auto-observation" pose des questions de méthode. Dans notre cas, la même personne est à la fois observateur et acteur. Cette configuration nécessite un suivi rigoureux de la démarche, notamment le cadrage théorique et la tenue

d'un carnet de bord. La méthode retenue est une "auto-description des pratiques avec la méthode du carnet de bord". Nous avons analysé un an de pratiques de l'élu local.

Les actions locales sont replacées dans le contexte territorial de la commune. Une analyse des accidents permet de rendre compte des enjeux de sécurité et de comparer les demandes de la population à la réalité de l'insécurité routière.

## Les résultats

La recherche met en évidence l'importance et la multiplicité des questions concernant la sécurité routière au niveau local : demandes individuelles ou collectives, sous forme de pétition, demandes spontanées ou exprimées dans le cadre de comités de quartier. En moyenne, sur une année, l'élu aux travaux et aux services techniques est sollicité plus d'une fois par semaine sur des demandes traitant directement de sécurité routière. Nous avons mis en évidence le "décalage" entre les accidents et les demandes de la population. Ces dernières peuvent traduire des sentiments d'inconfort ou d'insécurité, utiliser l'insécurité routière comme alibi pour appuyer une demande d'aménagement ou encore conforter une demande à connotation plus "politique". Cette multiplicité de contours peut rendre plus difficile la résolution du problème. Dans tous les cas, elle pose la question de la sensibilisation des élus et des techniciens à la sécurité routière, de la compétence des services pour une expertise technique rigoureuse et une bonne connaissance du terrain, et au-delà, de l'ingénierie publique et privée et des supports documentaires d'aide à la décision.

## Exploitation des résultats

Rédaction d'un rapport de recherche diffusable ("délocalisation" de la problématique), d'articles scientifiques (sciences politiques, urbanisme).

Actions de sensibilisation et de formation auprès des élus et des personnels communaux.

### GO 3

#### Groupe opérationnel : Nouvelles connaissances pour la sécurité

**Contacts** : Joël Yerpez et Sofia Bouceddour – Inrets Département Mécanismes d'Accident

Tél. : 04 90 53 95 24 - Courriel : Joel.yerpez@inrets.fr

**Bibliographie** : J. Yerpez, S. Bouceddour (2004), *L'élu local et la sécurité routière, journal de vie*, rapport de convention Inrets/Drast, Décembre 2004, 245p.

## ÉCLAIRAGE DES POLITIQUES PUBLIQUES

# Influence des politiques publiques sur les stratégies logistiques des entreprises de distribution et leurs prestataires logistiques : le cas de la France, de l'Italie et de la Suisse

Une recherche rétrospective des quarante dernières années

**Dans quelle mesure et comment les politiques publiques, entre autres facteurs, ont-elles influencé les changements significatifs des stratégies logistiques des grandes entreprises de distribution et leurs prestataires logistiques durant les quarante dernières années ? Analyse.**

### Problématique

Il est actuellement difficile pour les pouvoirs publics de définir des stratégies efficaces en continuant à méconnaître les mécanismes des transformations profondes de la production et de la distribution des biens, qu'on vise sous le terme de logistique. C'est par l'acquisition de connaissances sur l'influence des politiques publiques sur les stratégies logistiques des entreprises qu'il sera possible de concevoir des outils publics susceptibles de réduire la croissance à long terme du trafic marchandises.

### Déroulement

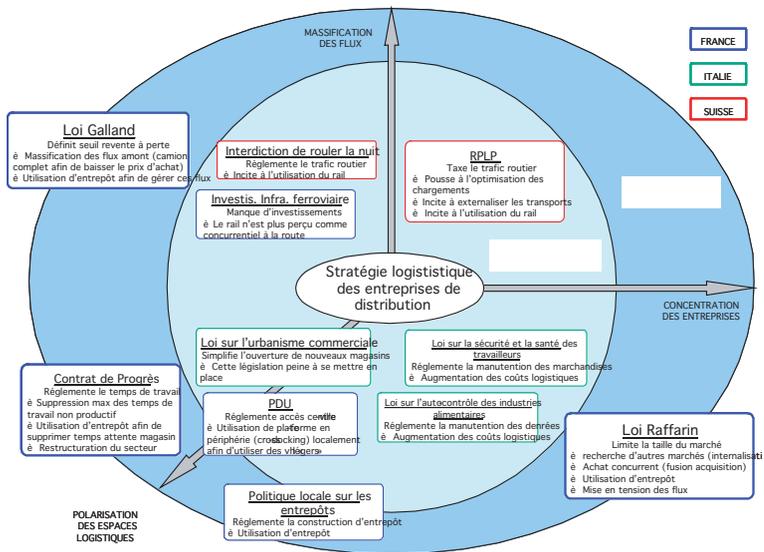
La recherche s'est concentrée sur les grands distributeurs et leurs prestataires logistiques. En plus de la France, les cas de l'Italie et de la Suisse ont été analysés. Les analyses s'appuient principalement sur les enquêtes par entretien approfondi auprès de **26 entreprises** dont 14 distributeurs et 12 prestataires logistiques.

### Les résultats

Les **contextes des politiques publiques** ont été reconstitués dans tous leurs aspects susceptibles d'influencer les stratégies logistiques des entreprises.

Les **changements significatifs** dans les stratégies logistiques des distributeurs concernent le passage des livraisons directes ou en entrepôts régionaux à la centralisation logistique en France et en Suisse respectivement (dans une moindre mesure en Italie). Le changement stratégique significatif dans le secteur des transports concerne l'émergence des prestataires logistiques.

Il n'y a pas eu de **politique publique** visant à influencer volontairement les stratégies logistiques des distributeurs. Néanmoins, les lois Galland et Raffarin et le Contrat de Progrès, n'ayant aucune visée directe sur la logistique, ont accéléré la constitution par les distributeurs d'un réseau d'entrepôts. Les politiques publiques ont influencé davantage les décisions logistiques d'exécution des distributeurs.



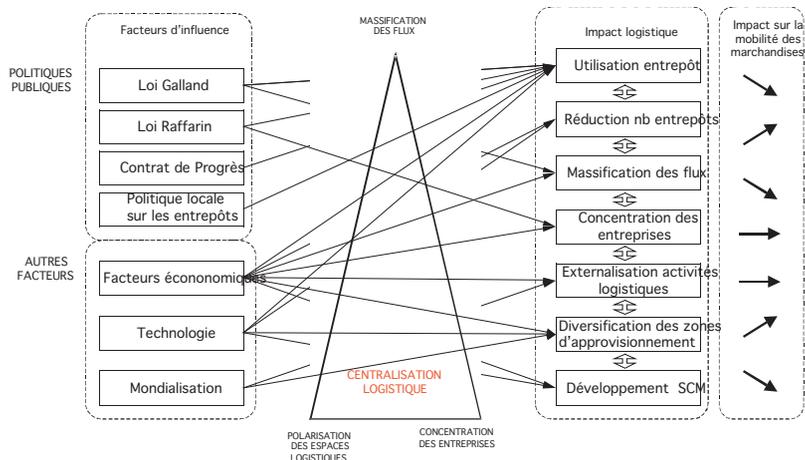
*Influence des politiques publiques sur la logistique des entreprises de distribution.*

En Suisse, les effets combinés de la politique de transport, la redévance poids lourds (RPLP) et l'interdiction de circuler la nuit ont entraîné une utilisation plus importante du rail.

Les politiques publiques n'ont pas non plus influencé directement l'émergence des prestataires logistiques ; elles ont plutôt influé à travers soit une vive concurrence sur le marché soit une hausse des coûts logistiques.

Les **facteurs économiques** ont été les moteurs des changements logistiques des distributeurs; puis vient le développement **informatique** et des **moyens de communication**.

La tendance à l'accroissement des **flux de transport** de marchandises est imputable pour la plus grande part à la polarisation des sites logistiques et à la diversification des sources d'approvisionnements.



*Impact des politiques publiques et des autres facteurs sur la mobilité des marchandises en France.*

Les outils publics ayant influé sur les décisions logistiques des entreprises sont les politiques (de transport, environnementale, locale, travail, fiscale), les réglementations et incitations financières. Une **combinaison cohérente** de ces mêmes outils nous semble également appropriée pour influencer les **stratégies logistiques futures** des entreprises.

### GO 5

Groupe opérationnel : **Logistique et transports de marchandises**

**Responsable d'étude** : Basile Keita – B2K Consultants

BP 14 - 3, rue Léon Blum 94240 L'Hay-les-Roses

Tél./Fax : 01 49 73 20 86 - Courriel : basilkeita@compuserve.com

**Partenaires** : Aymeric Sevestre – Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne, courriel : aymeric.sevestre@epfl.ch, Pr Enrico Musso et son équipe - Università degli Studi di Genova, courriel : musso@economia.unige.it, Jean-Philippe Fouquet - Beauvais Consultants, courriel : beauvais.jeanmarie@free.fr

## CLAIRAGE DES POLITIQUES PUBLIQUES

# PDU et santé

## Comparaison des concentrations de divers polluants gazeux dans le cas de deux scénarii contrastés d'aménagements urbains et de politiques différenciés de transport.

L'étude s'insère dans un contexte global d'étude de la "monétarisation des effets sur la santé des pollutions atmosphériques liées aux transports routiers", et à ce titre constitue la première partie d'une action de recherche qui se poursuit dans le cadre du Predit3.

### Objectif

L'objectif de l'étude était triple :

- estimer l'impact des scénarios du PDU de Lille (situation de référence(1998), scénario tendanciel, scénario volontariste à l'horizon 2015) en termes de réduction de la pollution issue du trafic,
- tester la sensibilité des résultats à différentes méthodes de calcul de manière à fiabiliser la méthodologie de recherche en évaluant les marges d'erreur à chaque étape,
- hiérarchiser les problématiques de modélisation afin d'envisager une modélisation opérationnelle optimale (en terme coût/précision) et non plus une modélisation "de référence", bien entendue plus exacte mais bien plus consommatrice de ressources (expertise humaine, données nécessaires, temps de calcul...).

Ces objectifs ont été entièrement atteints.

Les politiques publiques d'aménagement et de transport sont soumises à des évaluations de plus en plus précises et complètes, traduisant une demande constante et affirmée de l'opinion publique. Le technicien doit alors trouver le compromis entre la modélisation "parfaite" et le principe de proportionnalité (avec l'importance du projet, avec l'état de l'art de la modélisation, avec les données disponibles...), cette problématique étant renforcée par l'aspect pluridisciplinaire et "enchaînée" de la modélisation.

Cette action de recherche prend en compte l'ensemble de la chaîne de modélisation, les données et processus mis en place et leurs

importances relatives pour élaborer une modélisation la plus performante possible, ce travail "de référence" constituant un état de l'art des possibilités de modélisation intégrées. La chaîne de modélisation ainsi réalisée repose sur :

- un modèle de trafic, EMME2, dont les résultats sont des affectations de trafic sur plus de 7 000 brins représentant 2 500 kilomètres de voiries, décomposant les trafics VL, VUL, PL, Bus&Car et 2 Roues sur les 24 heures de la journée moyenne annuelle, et ce en prenant en compte les trajets dits "à froid", (modélisation réalisée par le Cete NP1, la DDE59<sup>2</sup> et LMCU<sup>3</sup>),
- un modèle d'émission, dérivé de Copert III, calculant les émissions de ces trafics pour les 8 760 heures de l'année, auxquelles viennent s'ajouter les émissions des autres sources sur l'agglomération de Lille (issue de l'inventaire Emep) (Cete NP),
- un modèle de dispersion, Polair3D, modèle complet de chimie-transport (Cerea<sup>4</sup> et Cete NP).

Les résultats présentés sont de trois types :

- des résultats permettant de vérifier la validité et la pertinence du modèle, à l'aide de la comparaison des résultats modélisés dans le cadre du scénario 1998 et des observations météorologiques du réseau local de surveillance de la qualité de l'air,
- la comparaison des deux scénarii 2015 : la réalisation du plan de déplacements urbains, très ambitieux dans ses objectifs et les moyens déployés, engendre un impact réel sur les émissions par rapport à une situation au fil de l'eau, cet impact variant entre 7 à 13 % suivant le polluant considéré. Ce gain n'engendre cependant qu'un faible impact sur la qualité de l'air ambiant, les variations de concentrations des polluants étant de l'ordre du pourcent,
- la sensibilité des différents paramétrages utilisés dans ces modélisations met en exergue l'importance des parcours à froid, ainsi que les interrogations sur la traduction des scénarii en hypothèse injectable dans le modèle.

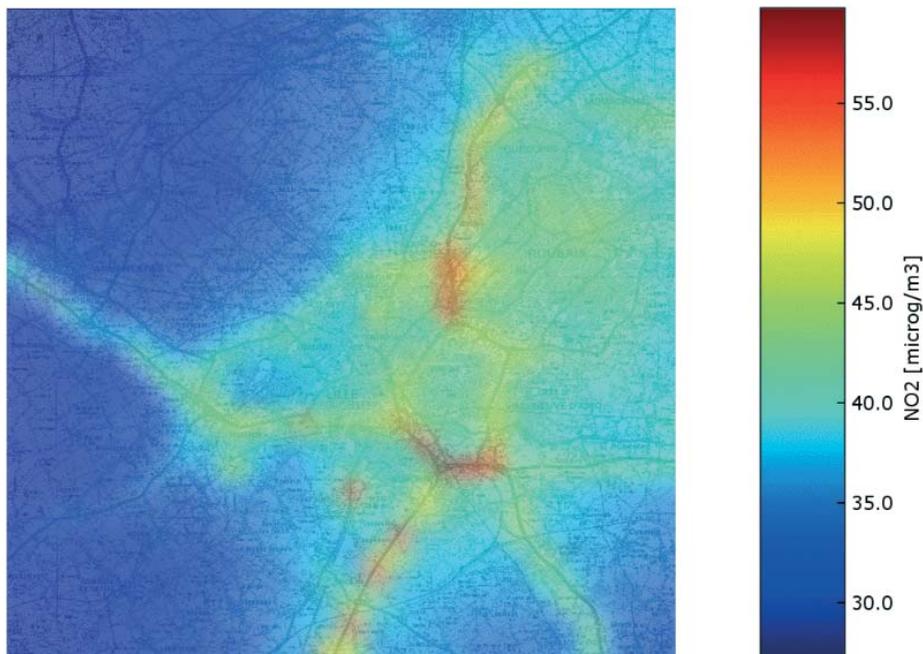
<sup>1</sup> Centre d'Etudes Techniques de l'Équipement Nord-Picardie

<sup>2</sup> Direction Départementale de l'Équipement du Nord

<sup>3</sup> Lille Métropole Communauté Urbaine

<sup>4</sup> Centre d'Enseignement et de Recherche en Environnement Atmosphérique, EDF R&D/ENPC

## NO<sub>2</sub> - moyenne annuelle 1998



Les enseignements de ces travaux seront repris dans certains guides méthodologiques et informatifs METATM (PDU, étude d'impact air...).

### GO 7

Groupe opérationnel : **Impacts énergétiques et environnementaux**

**Contact** : Rémy Lagache - Cete Nord-Pas-de-Calais

Tél. : 03 20 48 49 72 - Courriel : [remy.lagache@equipement.gouv.fr](mailto:remy.lagache@equipement.gouv.fr)

# PME

Les PME forment un tissu dense dont le dynamisme et le potentiel d'innovation ont maintes fois été soulignés. Elles s'intègrent donc tout naturellement dans un programme de recherche finalisée tel que le Predit.

L'intérêt est réciproque :

- ces entreprises proposent dans la grande majorité des cas des sujets de recherche d'un grand intérêt pour la Predit et les objectifs qu'il poursuit car elles se situent à la pointe de l'innovation et sont, la plupart du temps, très réactives.

- le programme leur procure des appuis, notamment financiers, qui leur permettent de développer des projets dans des conditions satisfaisantes. Bien souvent d'ailleurs, ces projets n'auraient pas pu être lancés sans soutien extérieur.

Les projets issus de PME, ne concernent pas uniquement des sujets technologiques. Les études socio-économiques y sont également présentes prouvant la diversité des orientations et des thèmes traités par ces entreprises.

Enfin, on notera que certains des projets soutenus initialement dans le cadre du Predit, se sont concrétisés par des succès commerciaux indéniables.

## Impact



PME

# Impact : MOTEUR A TAUX DE COMPRESSION VARIABLE DE TECHNOLOGIE “VCR MCE-5”

En contrôlant et en faisant varier le taux de compression d'un moteur thermique, il est possible d'en optimiser le fonctionnement et d'en augmenter le rendement. Aussi, ces actions permettent-elles, à performances égales, de diminuer la consommation de carburant et donc de minimiser ses émissions polluantes. C'est l'atout que présente le moteur développé dans le cadre du projet “Impact”.



Le projet **Impact** (Investigations pour la Maîtrise de la consommation et de la Pollution Automobile par le Contrôle du Taux de Compression) est basé sur la technologie VCR MCE-5 intégré au carter-cylindres (VCR = Variable Compression Ratio).

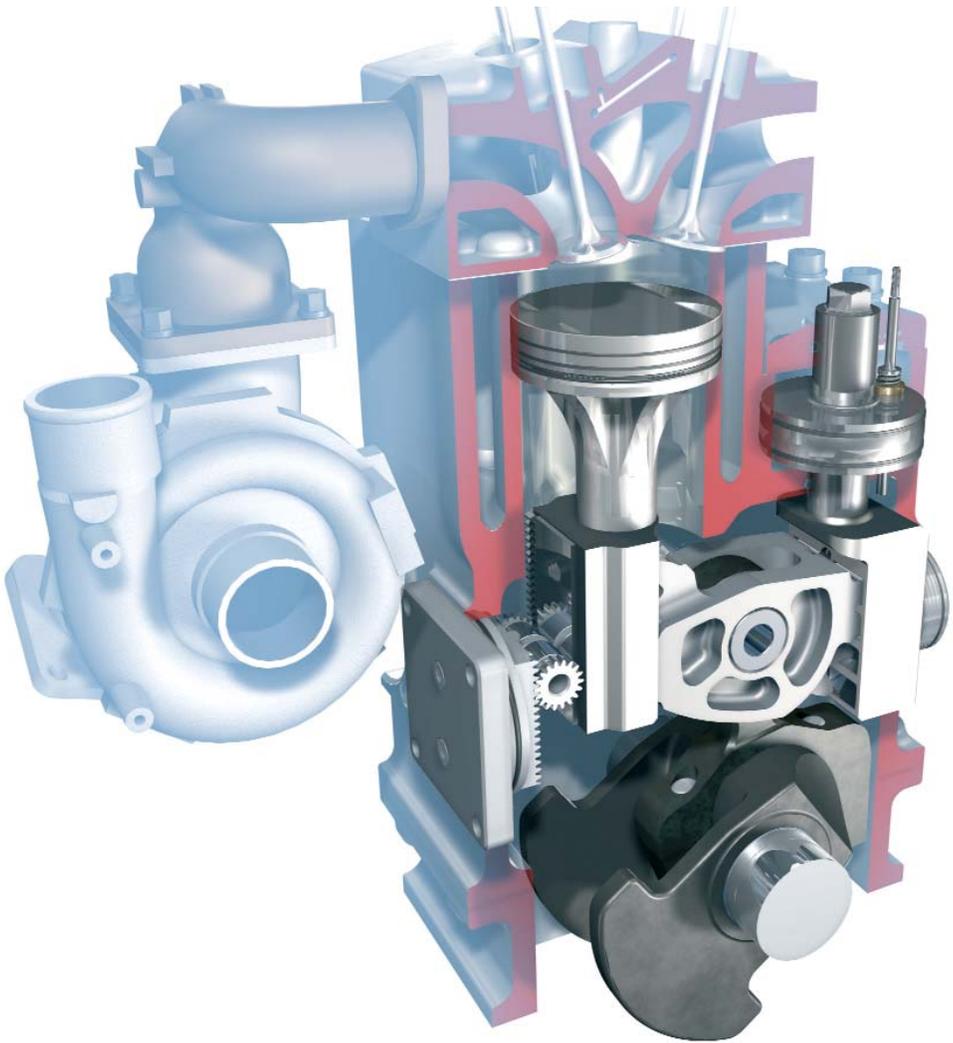
L'objet du programme **Impact** est d'améliorer les composants innovants du dispositif VCR MCE-5, de procéder à divers essais comparatifs avec un moteur conventionnel sur des critères-clé tels que pertes par frottement, niveau acoustique et vibratoire, et consommations spécifiques. L'étude prévoit également l'identification des procédés et coûts de production industrielle des composants innovants du dispositif VCR MCE-5.

L'enjeu de cette technologie est une réduction massive de la consommation des moteurs à essence sans sacrifice des performances et avec une totale compatibilité avec le catalyseurs 3-voies classique.

## Problématique

Comparativement à un moteur atmosphérique à allumage commandé à taux de compression fixe, un moteur VCR suralimenté permet de réduire la consommation (et donc, les émissions de CO<sub>2</sub>) de 20 à 30 % selon la puissance du véhicule. Le gain est obtenu par réduction de la cylindrée à iso puissance (“downsizing”) et par l'augmentation du taux de détente à charges partielles.

Le “downsizing” élevé est déjà appliqué sur des moteurs à taux de compression fixe pour réduire la consommation par écosuralimentation. Cependant, le VCR procure en première approche un surcroît de gain de l'ordre de 7 à 10 % par rapport à ces moteurs évolués en



s'affranchissant de l'injection directe, de la réduction des NOx en milieu oxydant, et de dispositifs évolués de contrôle du valve timing.

Combiné à la Variable Valve Actuation, le VCR permettra dans un proche avenir de réduire encore la consommation notamment, par la mise en œuvre du cycle d'Atkinson adaptatif. Le VCR permettra aussi de repousser les limites de combustion de mélanges pauvres.

Le VCR ouvre également le champ à diverses stratégies de maîtrise des émissions polluantes notamment en démarrage à froid, et permet de tirer le meilleur parti de carburants aux qualités et indice d'octane variables sur des véhicules à bi-carburant essence-gaz.

En 2005, l'intérêt du taux de compression variable n'est plus à démontrer, cependant, le VCR reste un enjeu purement mécanique car il est nécessaire de disposer d'une technologie adaptée.

### La technologie MCE-5

Particularité unique dans le domaine des concepts VCR : le MCE-5 ne présente aucune limite fonctionnelle et se comporte exactement comme un moteur classique du point de vue de la cinématique de piston et de l'aérothermique. Ceci élimine tout risque d'impasse économique et industrielle future.

En effet, pour tirer la meilleure efficacité de l'ensemble des stratégies VCR, le bloc moteur MCE-5 permet de contrôler le taux de compression sur une large plage au moyen d'un actionneur extrêmement rapide et précis. Son réglage cylindre à cylindre permet de tenir compte des particularités géométriques, voire aérothermiques de chaque cylindre.



Le bloc moteur VCR MCE-5 est compatible avec toutes les formes de chambre de combustion, sa structure est hautement rigide et il permet de réaliser des moteurs VCR qui s'intègrent dans les véhicules comme s'il s'agissait de moteurs classiques.

Le MCE-5 présente aussi de nouveaux avantages mécaniques : son piston guidé sur roulement supprime les deux principales contraintes de fonctionnement des pistons que sont le piston slap et l'effort radial exercé par la bielle. Cette nouvelle approche ouvre de nouvelles perspectives à la réduction des frottements, de la consommation d'huile et des émissions polluantes, tout en améliorant la longévité des moteurs fortement chargés.

### Déroulement de l'étude

Le programme **Impact** s'inscrit dans la continuité de divers programmes engagés sur la technologie MCE-5 depuis septembre 2000, notamment consacrés à l'étude du système d'engrenage et de ses principales caractéristiques géométriques et dimensionnelles.

Les essais conduits pendant 21 mois ont permis de définir les jeux fonctionnels requis sur des critères d'émissions acoustiques, et de vérifier la tenue en endurance du dispositif MCE-5. La lubrification des dentures a fait l'objet d'essais graduels avec diverses qualités de lubrifiant. De l'huile de vidange a été utilisée pour conduire l'essentiel des essais.

Le programme **Impact** en cours a déjà permis de définir une version plus performante du moteur, avec des éléments allégés offrant une capacité de charge supérieure. Les composants réalisés sont conçus pour la production en grande série avec des procédés identifiés.

Des essais de fabrication des dits composants seront réalisés, avec notamment ébauche par forgeage et finition dans les précisions recherchées.

Des essais sont réalisés pour comparer un moteur de type MCE-5 avec un moteur conventionnel de dernière génération aux caractéristiques identiques (alésage, course, segmentation, matériaux, lubrification, etc.) sur différents critères.

### Les résultats

L'ensemble des problématiques posées par le concept MCE-5 a été abordé avec succès et diverses solutions de simplification ont été identifiées. La fiabilité et la robustesse de la première génération du dispositif MCE-5 ont pu être vérifiées durant 600 heures

d'essai dont plus de 200 en combustion. L'essentiel des essais a été réalisé avec des huiles moteur standard et de l'huile usagée (vidange faite après 20 000 km).

La tenue en fatigue et la lubrification des dentures ont été vérifiés. L'usure des dentures après plusieurs centaines d'heures d'essais se situe dans la fraction de micron (dans la rugosité, ce qui correspond à un rodage normal).

Ces résultats démontrent que la fiabilité, la robustesse et la longévité comptent parmi les plus grandes qualités du dispositif MCE-5. Les essais conduits sur le vérin de commande ont également donné les meilleurs résultats tant en précision, qu'en robustesse et en rapidité (2 cycles pour descendre le taux de 18:1 à 7:1, au plus lent) .

La deuxième génération du dispositif MCE-5 conçue dans le cadre du Predit est plus performante et augmente encore les marges de sécurité déjà élevées retenues pour le premier prototype. La capacité de charge du moteur s'en trouve augmentée, la fabrication industrielle est simplifiée et les coûts sont diminués.

Les tolérances d'usinage du carter-cylindre ont été augmentées dans d'importantes proportions au moyen de diverses améliorations et simplifications. Ceci permet d'abaisser le coût de production du moteur en grande série à des niveaux conformes aux objectifs, soit 250 euros de surcoût.

## Perspectives

Le "programme phase 4" engagé en mars 2005 a pour objet la conception et la réalisation d'un moteur 4 cylindres 1.5 L VCR de type MCE-5 qui sera monté dans un véhicule en remplacement du V6 3.0 L d'origine. Un "downsizing" de 50 % combiné à un taux de détente élevé à charges partielles permettra une réduction de la consommation du véhicule de l'ordre de 30 % sur cycle NMVEG à iso performances (valeurs déjà obtenues par SAAB ou FEV en configuration identique).

Sur l'ensemble du cycle d'homologation, le moteur 4 cylindres restera en combustion stœchiométrique permettant le post-traitement des polluants au moyen d'un catalyseur 3-voies.

Le moteur 4 cylindres va intégrer les composants MCE-5 de deuxième génération qui ont été conçus lors du programme **Impact** sur des critères de production en grande série. La culasse du moteur sera extrapolée d'une culasse monocylindre également conçue et réalisée durant le programme phase 3.

Une production en série du dispositif MCE-5 est envisageable sur les meilleures bases techniques et économiques à échéance 2012.

**GO 8**

Groupe opérationnel : **Véhicules propres et économes**

**Contact** : Vianney Rabhi - MCE-5 Development SA - 69003 Lyon

Tél. : 04 78 39 40 27 - Courriel : [vianney.rabhi@mce-5.fr](mailto:vianney.rabhi@mce-5.fr)

Site : <http://www.mce-5.fr>

**Partenaires** : (programme Impact et programme phase 4) : PSA ; Certam ; Danielson Engineering ; FEV Motorentechnik ; Mader Racing (groupe Mecachrome) ; Ascoforge ; Seram (Ensam de Metz, Ecole Nationale Supérieure d'Arts et Métiers) ; Sermatec ; Pem-Tec SNC ; PCI ; Famer Industrie ; Les Ateliers de Janves ; CSTM ; Cadoe ; Crill Technology ; Concepta ; Cetim ; CEVAA ; Insa Toulouse ; UF1 ; Magand SA ; Rivoire ; Hef ; Aubert & Duval ; MIC France ; Safmatic ; TotalFinaElf.

PME

## CRISTAL : Réorganisations logistiques chez les chargeurs : étude des possibilités de réduction de la mobilité des marchandises

La réduction de l'émission de gaz à effet de serre doit être un objectif prioritaire de toute politique de transport responsable. Hormis le développement des progrès techniques sur les motorisations et les dispositifs de conversion de l'énergie, il est aussi possible d'intervenir sur les besoins de déplacement de marchandises pour les limiter. L'optimisation des organisations logistiques se révèle alors être un facteur clé.

### Problématique

La croissance du transport en Europe est préoccupante. Elle a en effet totalement effacé les réductions des émissions de gaz à effet de serre (GES) réalisées par les industriels. Il apparaît fondamental de limiter les transports et donc le déplacement des marchandises si nous voulons arriver à réduire les émissions de GES.

Dans ce contexte, la réflexion sur des organisations logistiques moins consommatrices de transport, a permis d'identifier des axes d'amélioration et de déterminer les éléments structurels qui pourraient les amplifier. Ces organisations sont testées sur des cas réels apportés par des industriels chargeurs.

### Déroulement de l'étude

La première phase du projet a consisté à identifier des axes d'amélioration possible pour les chargeurs visant à réduire le nombre de kilomètres routiers parcourus (hors transfert modal).

La deuxième phase a consisté à illustrer certains des axes d'amélioration sur les cas réels de Yoplait (produits frais) et de la CAT (industrie automobile), en utilisant les modèles d'optimisation développés par Eurodécision.

## Les résultats

Les axes d'amélioration se situent :

- Au niveau stratégique par :
  - une réflexion dans un cadre production-logistique pour une "désécialisation" marginale des sites de production (pour les gros flux, il s'agit de rapprocher la production de la consommation),
  - un ajustement des architectures de réseau de distribution (localisation et nombre de points de rupture de charge) facilité par le recours aux prestataires (répartition des charges fixes),
  - un pilotage cohérent des flux de transport d'approche et des flux de distribution terminale.
- Sur le plan de l'exploitation en obtenant :
  - une réduction de l'impact de l'augmentation des fréquences,
  - une réduction des kilométrages et des arrêts,
  - par le groupement des envois qui peuvent être assurés par des prestataires spécialisés par filières.

Sur le plan de la tarification des ressources de transport, une augmentation de la composante kilométrique pourrait aider à une prise de décision plus corrélée à la réduction des émissions de GES mais d'ores et déjà cette tarification (en particulier celle des prestataires) va à peu près dans le sens de cet objectif.

- Sur le plan des systèmes d'informations par :
  - l'élaboration de tableaux de bord fiables (suivi des flux en fréquence et volume) et des outils d'anticipation (adaptation réactive des ressources)

L'étude de certains axes d'améliorations font apparaître des gains potentiels intéressants en émission de GES. Néanmoins, les solutions à mettre en œuvre pour y parvenir (désécialisation d'usines par exemple) sont très onéreuses. Les coûts du transport routier actuel laissent penser qu'ils n'inciteront pas les sociétés à faire de tels investissements, et l'augmentation qu'il faudrait leur appliquer est important et difficilement envisageable aujourd'hui.

### Exploitation des résultats

A court et moyen termes les améliorations peuvent être obtenues par le développement des systèmes de pilotage :

- *Stratégique* : organisation des approvisionnements et localisation des stocks, cohérence amont-aval de la chaîne de transport

- *Tactique* : mise en place de plans de transport évolutifs, échanges d'informations avec les prestataires exploitation en commun d'un même prestataire dans une filière donnée
- Sans oublier la mise en place de tableaux de bord pertinents qui restent encore embryonnaires dans une grande partie des services logistiques des entreprises.

A long terme il faudra sensibiliser les entreprises et les distributeurs sur la réelle économie globale d'exploitation de l'ensemble production-logistique en fonction des localisations des productions des différentes gammes et, pour les distributeurs, les fréquences de livraison.

**GO 5**

Groupe opérationnel : **Logistique et transports de marchandises**

**Contacts** : Catherine Frebault - Eurodécision, Versailles

Tél. : 01 39 07 12 40 - Courriel : [catherine.frebault@eurodecision.com](mailto:catherine.frebault@eurodecision.com)

**Partenaires** : Université de Paris-Dauphine, Groupe CAT, Yoplait

# Europe

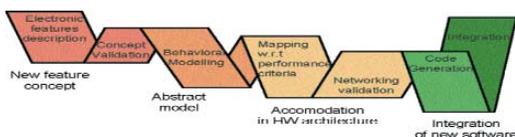
L'**Europe** est maintenant une dimension incontournable de toute politique de recherche et d'innovation. La mutualisation des moyens apporte en effet des avantages incontestables.

Toutefois, une politique européenne ne peut pas non plus se développer sans l'apport de structures nationales performantes. De plus, au niveau de chaque Etat des problèmes spécifiques, qui ne se posent pas forcément dans des termes identiques dans les différents pays, doivent être résolus. Ces constatations plaident donc pour le maintien de programmes nationaux.

Quant aux programmes associant un nombre réduit d'Etats (programmes bi-, tri-latéraux...), ils peuvent constituer une alternative intéressante pour résoudre des problèmes qui se posent, pour diverses raisons, dans un nombre réduit de pays ou pour inciter à une coopération renforcée entre des pays qui ont déjà par ailleurs l'habitude de travailler ensemble.

Le Predit essaye de trouver un équilibre satisfaisant entre ces diverses modalités de travail: tout en affichant son caractère national, il soutient des projets bilatéraux et il entretient des relations très étroites avec les structures européennes.

## AEE à East-EEA



## Les effets des vents latéraux



## EUROPE

# L'électronique embarquée automobile, de AEE à EAST-EEA

Les équipements électroniques embarqués et les programmes informatiques de commande, de régulation et de commande occupent une place de plus en plus importante dans les véhicules. Afin d'en réduire les coûts et d'en faciliter la mise en œuvre, il s'avère nécessaire d'optimiser les processus et d'unifier les composants. Les études successives "EEA" puis "East EEA" traitent de cette question déterminante.



Les logiciels enfouis dans les calculateurs embarqués automobile deviennent de plus en plus complexes à développer du fait de leurs tailles et de leurs interdépendances.

Pour être maîtrisée, cette mutation doit passer par une optimisation des processus et l'adoption d'une approche système pour :

- la mise en œuvre d'une architecture logicielle au niveau véhicule,
- une représentation unifiée des composants de cette architecture, une standardisation des interfaces entre composants ouvrant la voie à une plus grande réutilisation.

Les économies d'échelle, notamment les possibilités de réutilisation, seront plus importantes si les interfaces sont utilisées par de nombreux acteurs.

## Le projet AEE

La première initiative qui a permis de d'ouvrir la voie c'est faite à travers le projet français AEE (Architecture Electronique Embarquée) financé par les pouvoirs publics français.(1999-2001). Elle regroupait les partenaires suivants :

- constructeurs automobiles : GIE RE PSA Renault,
- équipementiers automobiles : Valeo, Siemens VDO automotive, EADS, JCAE
- Instituts de recherche : l'Inria, l'Ircyn et le Crin.

Le budget s'élevait à 14 M€.

Les résultats très prometteurs sur un langage d'architecture (AIL), un langage de programmation (C-transport), et un middleware (structuration des composants à l'intérieur d'un calculateur) ont permis de valider à travers des démonstrateurs l'intérêt de l'approche AEE.

L'industrie automobile étant une industrie mondiale, la dimension européenne est nécessaire pour obtenir un standard afin de permettre la valorisation des résultats du projet **AEE** auprès d'éditeurs et de fournisseurs d'outils. Cette dimension européenne avait été envisagée dès l'origine comme un prolongement du projet **AEE**.

### De AEE à EAST-EEA

La nécessité de mettre en place une démarche et des méthodes unifiées pour le développement des architectures électroniques est partagée par les principaux acteurs. Ces pratiques seront d'autant mieux acceptées qu'elles seront définies sur la base de la coopération du plus grand nombre de constructeurs et de fournisseurs européens possibles.

L'établissement d'une telle coopération contribue :

- *sur le plan technique*, à compléter les concepts nouveaux introduits dans **AEE** par le développement d'outils et de démarches enrichies par l'apport de nouveaux acteurs européens majeurs, constructeurs comme équipementiers ;
- *sur le plan de l'impact*, à élargir et accroître la diffusion et l'adoption industrielle des résultats chez les constructeurs et équipementiers européens, et donc ainsi à obtenir le facteur d'échelle indispensable ;
- *sur le plan des développements*, à permettre la participation contributive de certains éditeurs de logiciels qui pourront être attirés par la taille du marché européen pour la réalisation d'outils logiciels nécessaire à la mise en œuvre des résultats

Pour répondre à ces besoins, le projet **East-EEA** a vu le jour grâce à la coopération de Eucar et du Clepa.

### Le projet EAST-EEA

Le projet **East-EEA** s'est déroulé dans le cadre Eureka/Itea de 2001 à 2004.

#### Les objectifs du projet East :

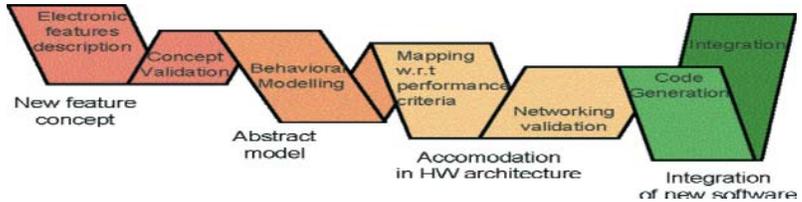
Il s'agit de définir une base commune regroupant :

- des méthodes de spécification, de développement, d'intégration et de validation, au travers d'une chaîne d'outils appropriés et pouvant aisément s'interfacer entre eux ;
- une structure d'accueil logiciel, c'est-à-dire un ensemble de couches logicielles à interfaces standards, qui assure la portabilité et l'interopérabilité des fonctions applicatives intégrées dans un même calculateur ou dans des calculateurs communiquant via un "middleware" spécialisé. Ces fonctions applicatives peu-



vent relever de différentes prestations aux contraintes et caractéristiques très variées comme le multimédia, l'interface homme-machine, les fonctions de contrôle global du châssis ou des fonctions habitacle ;

- un nouveau "business model" entre constructeurs automobiles et fournisseurs.



### Budget :

il s'élève à 250 hommes.ans et 40 M€



## Les résultats

Des résultats importants ont été acquis :

- spécifications de "middlewares" par domaines.
- définition d'un langage de haut niveau ADL (Architecture description language).
- définition du modèle d'un processus générique pour l'ingénierie des systèmes complexes EE.
- validation sur des démonstrateurs de laboratoires (Body, Chassis,...).
- vision commune et état de l'art des "business models" associés.

## Conclusions et exploitation des résultats

L'un des objectifs principaux des participants au projet **East-EEA** était d'assurer auprès des acteurs du développement des systèmes électroniques pour véhicules, une diffusion et une exploitation des résultats permettant l'émergence de standards.

Cet objectif est atteint car les résultats sont aujourd'hui mis en oeuvre dans le projet "Autosar", et feront parties intégrantes des cahiers des charges de consultation des systèmes électroniques, et ceci dans les 3 ans.

C'est un exemple de la possibilité, si les conditions sont requises, de concrétiser des travaux de recherche amont en moins de 10 ans.

Grâce à la démarche Autosar il est possible d'affirmer que les méthodes communes de spécification, de développement, d'intégration et de validation, ainsi que la structure d'accueil des logiciels seront à terme mis en oeuvre pour l'ensemble des applications électroniques

des véhicules, telles que le multimédia, les interfaces homme machine, les fonctions de contrôle global du châssis, les fonctions habitacle, ainsi que les fonctions de contrôle moteur et de boîte de vitesse.

L'ensemble de ces résultats permettra aux acteurs français et européens du projet de mettre en œuvre ces techniques sur la totalité de leurs programmes véhicules. Ceci se traduira par la mise à disposition des véhicules de grande série de nouveaux systèmes d'aide à la conduite qui contribueront à l'amélioration de la sécurité et à un plus grand respect de l'environnement.

Ces résultats peuvent s'appliquer à toutes les systèmes embarqués du domaine des transports (aéronautique, spatial, automobile, ferroviaire et naval) qui nécessitent un haut niveau de sûreté de fonctionnement et des considérations "temps réel" dans leur mise en œuvre.

Les autres applications "temps réel" autonomes comme le process industriel ou la gestion des télécommunications bénéficieront également des retombées indirectes de ces programmes.

De plus l'élargissement du partenariat Autosar aux constructeurs américains et asiatiques permettra de renforcer les positions concurrentielles de l'ensemble de l'industrie française et européenne. Ces projets constituent un enjeu économique considérable, qui est à la base de la pérennité de l'industrie française et européenne dans ce domaine.

#### Glossaire :

**ITEA** = Information Technology for European Advancement

**East-EEA** = Electronics Architecture and Software Technology - Embedded Electronics architecture (French project)

**Eucar** = association des constructeurs européens

**Clepa** = association des équipementiers européens

**Autosar** = consortium automobile pour la définition des standards touchant le logiciel embarqué automobile.

#### GO 9

Groupe opérationnel : **Intégration des systèmes d'information et de communication**

**Contacts** : Joseph Beretta - PSA Peugeot Citroën, Centre de Vélizy-Villacoublay

Tél. : 01 57 59 20 41 - Courriel : [Joseph.beretta@mpsa.com](mailto:Joseph.beretta@mpsa.com)

Site internet : [www.east-eea.net](http://www.east-eea.net)

**Les partenaires** : Constructeurs automobiles : GIE RE PSA Renault, Audi, Volvo, Fiat, Opel, Daimler Chrysler, BMW.

Équipementiers : Valeo, Siemens VDO automotive, Magneti Marelli, Robert Bosch GmbH, ZF Friedrichshafen AG .

Fournisseurs d'outils et de logiciels de base : EtasGmbH , Vector Informatik GmbH ;

Instituts de recherche : Inria, l'Ircyn, Crin, CEA List, Darmstadt University of Technology, Paderborn University C-LAB.

## EUROPE

# Les effets des vents latéraux sur le trafic ferroviaire à grande vitesse

**Les fortes rafales de vents latéraux peuvent exercer des pressions élevées sur les convois ferroviaires. A grande vitesse, TGV en France, ICE en Allemagne, les effets peuvent être tels que des renversements de rames sont à craindre. L'é-**

## Problématique - Objectifs



À l'occasion de la mise en service de la ligne TGV Méditerranée, compte tenu de sa forte exposition au vent et de la présence de hauts remblais accélérant ces vents, la SNCF a développé un dispositif de surveillance et de protection vis à vis des forts vents latéraux. Dans le même temps, la DB (chemins de fer allemands) avait développé des techniques similaires pour protéger ses nouveaux services voyageurs dont les rames étaient potentiellement sensibles. Avec, en outre, Siemens et le CSTB, l'objectif du projet est de définir une méthode commune de caractérisation de la sensibilité des rames à grande vitesse vis à vis des vents latéraux, ainsi qu'une méthode commune d'évaluation des risques liés à l'exploitation d'une ligne à grande vitesse, compte tenu de son exposition météorologique. Ces méthodes constitueront une proposition commune pour les Spécifications Techniques d'Interopérabilité demandées au niveau européen.

## Méthodologie, phases de déroulement des travaux

La méthodologie appliquée a consisté, après une phase de mise en commun des méthodes de traitement du problème par les deux partenaires, en une étude croisée des sensibilités des trains et de l'exposition des lignes, chaque partenaire traitant avec ses propres méthodes le cas de l'autre : la DB a ainsi étudié le cas du TGV Duplex et d'un segment de la ligne TGV-Méditerranée, alors que la SNCF étudiait le cas de l'ICE3 et un segment de la ligne Hanovre-Würzburg. Ces études croisées ont nécessité les étapes suivantes :

■ **Caractérisation aérodynamique des rames en soufflerie (TGV en Allemagne et ICE3 en France), comparaison avec les données existantes.**

Les coefficients aérodynamiques de la motrice du TGV Duplex ont été mesurés dans la soufflerie DNW (Pays-Bas) sur maquette à l'échelle 1/7<sup>ème</sup> (Figure 1), alors que les coefficients aérodynamiques de l'ICE ont été mesurés à la soufflerie "Jules Verne" du CSTB sur maquette à l'échelle 1/15<sup>ème</sup> (figure 2). Des comparaisons avec des essais précédemment réalisés par la DB et la SNCF sur leurs véhicules ont permis d'évaluer l'influence des paramètres tels que l'échelle de la maquette, le taux de turbulence de la soufflerie, la vitesse d'air dans la soufflerie pour l'essai, ou la soufflerie elle-même.

Des essais sur un remblai, spécifiques à la méthode française ont été réalisés pour l'ICE au CSTB. Des calculs en simulation numérique ont aussi été réalisés (figure 3). La précision de reproduction des phénomènes en remblai ne permet pour l'instant pas de retenir cette méthode pour l'évaluation de la sensibilité aérodynamique d'un train sur plan.



*Essai en soufflerie DNW de la maquette au 1/7<sup>ème</sup> du TGV Duplex.*

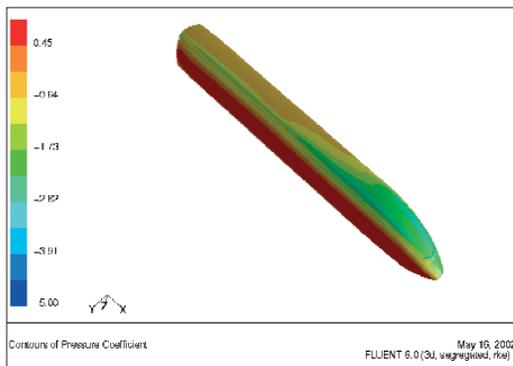


*Essai en soufflerie Jules Verne (CSTB-Nantes) de la maquette au 1/15<sup>ème</sup> de l'ICE3.*

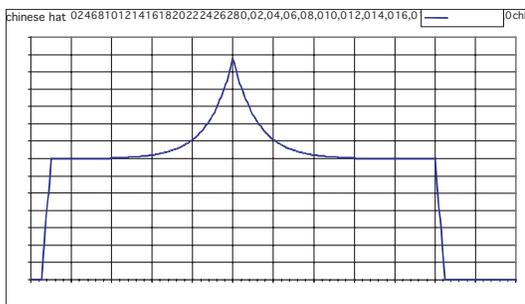


### ■ Calcul croisé de la sensibilité des rames, identification des facteurs essentiels.

La réponse dynamique du véhicule de tête à des scénarios de rafale qui viennent d'être présentés a été calculée en utilisant les codes de dynamique ferroviaire en usage à la DB et à la SNCF. Les courbes caractéristiques (CWC pour Characteristic Wind Curves) ont été calculées suivant les critères propres aux deux partenaires principaux, mais correspondant dans tous les cas à un déchargement relatif de 0,9, et ceci pour chaque direction du vent incident par rapport à la ligne. Les valeurs absolues des vents limites calculées par ces différentes méthodes pour les mêmes trains pouvaient varier jusqu'à 25 % suivant les différentes configurations.



*Coefficients de pression calculés par simulation numérique pour l'ICE3 (côté au vent).*



*Exemple de rafale extrême utilisée dans la méthode commune.*

Ces résultats ont confirmé le besoin d'une méthode commune pour les courbes caractéristiques de sensibilité du matériel.

Un ensemble d'études paramétriques a été conduit, avec les résultats suivants :

- les coefficients aérodynamiques, et plus généralement les forces aérodynamiques qui s'exercent sur le train sont significativement différentes entre les configurations "sol plan" et "remblai". Ils ont une influence majeure sur le déchargement. Les hauteurs de remblai et la rugosité locale des sites ont une influence primordiale.

- la dépendance des courbes critiques vis à vis de l'incidence du vent apparaît être spécifique à chaque type de train ; Aussi, un calcul particulier des valeurs de la courbe critique pour chaque direction du vent incident est-il donc nécessaire pour chaque type de train.
- les défauts de voie peuvent être négligés dans l'évaluation du renversement.

*Il faut noter que les mesures aérodynamiques en soufflerie et le calcul croisé de la sensibilité des rames a constitué une première dans la mesure où des paramètres caractéristiques des deux trains, qui dans la passé auraient été considéré comme données sensibles, ont été échangés pour mieux comprendre le comportement des trains vis-à-vis des rafales.*

### ■ Étude croisée de l'exposition météorologique de lignes

Les études météorologiques ont été menées en deux parties :

- études croisées des approches utilisées en Allemagne et en France pour spécifier une méthode commune. Elles ont montré que malgré les différences d'approches, les points les plus exposés de deux tronçons de lignes-tests (Hanovre-Wurzburg, et TGV Méditerranée) étaient identifiés de manière similaire.
- développement d'un modèle de rafales partant de la physique météorologique pour les calculs de courbes caractéristiques de sensibilité du matériel. Un exemple de rafale extrême issue de ce modèle est donné en figure 4.

Les études croisées ayant fait apparaître le besoin d'une méthodologie commune, cette dernière a été développée dans une deuxième phase. Elle comporte les éléments suivants :

- **Définition d'un cadre commun d'étude pour le problème de l'interopérabilité séparant les caractérisations propres au matériel ou à l'infrastructure.**

Il comprend 5 modules appelés CMMX pour "Common Method Module X":

- le premier module (CMM1) caractérise la sensibilité du véhicule aux vents latéraux par une courbe de sensibilité qui sera comparée à une courbe de référence décrivant les performances minimales demandées pour l'interopérabilité.
- les modules suivants (CMM2) et (CMM3) caractérisent respectivement les données de ligne (CMM2), et l'exposition météorologique de la ligne (CMM3).
  - les deux derniers modules caractérisent la probabilité de dépassement des courbes de sensibilité de référence.
- **Mise au point d'une méthode commune de caractérisation de la sensibilité des rames à grande vitesse, incluant le développement d'un modèle de rafale spécifique.**



Une caractérisation du comportement aérodynamique du véhicule en soufflerie a été choisie.

Il a été estimé indispensable de retenir le calcul des forces au contact roue-rail par un code spécialisé en dynamique ferroviaire, qui soit déjà validé par ailleurs.

La réponse du véhicule est calculée pour des rafales extrêmes dont le modèle est donné en figure 4, pour différentes incidences du vent. La courbe critique de sensibilité d'un matériel donne la vitesse  $U_{max}$  du vent pour laquelle le déchargement limite est atteint, en fonction de la vitesse de circulation et de l'incidence du vent.

- **Développement d'une méthode commune d'analyse météorologique de l'exposition des lignes**

L'objectif du module relatif à la caractérisation météorologique de la ligne est de calculer les distributions de vitesse du vent sur chaque site de la ligne par secteur de direction ainsi que la distribution des vents extrêmes. Ces distributions sont calculées à partir de valeurs mesurées sur un ensemble de stations météorologiques les plus proches de la ligne.

Ce calcul de distributions est fait à partir de coefficients de transfert pour les vitesses et directions des vents moyens. Ces coefficients doivent être calculés par un modèle météorologique validé.

- **Définition d'un processus d'analyse de risque commun.**

Le programme Deufrako a proposé une méthode commune et innovante de détermination quantitative du niveau de sécurité d'une ligne. Cette méthode repose sur le calcul des probabilités de dépassement des abaques de sites, événement qui correspond à une situation de danger à partir de laquelle la probabilité de réalisation de l'événement redouté, c'est-à-dire le renversement du train, peut être déduite. Les niveaux de sécurité sont déterminés à deux échelles, à une petite échelle tout d'abord en calculant pour chaque portion homogène de la ligne, la probabilité locale que le vent excède l'abaque de site correspondant, puis à une échelle plus large en évaluant la probabilité totale de dépassement des abaques de site sur l'ensemble de la ligne.

## Les résultats

La méthode commune et les valeurs limites issues de la coopération sont incorporées après discussion et légères modifications dans la proposition de Spécification Technique d'Interopérabilité

des matériels roulants à grande vitesse. Le schéma d'analyse de la sensibilité d'une ligne est proposé dans la spécification relative à l'infrastructure. La méthodologie globale, dont le principe et les composants ont été définis, doit cependant faire l'objet d'une validation globale sous la forme d'études pilotes sur différentes lignes à grande vitesse européennes. Ces études pilotes font l'objet d'un nouveau programme (AOA) qui est actuellement proposé, toujours dans le cadre Deufrako.

**GO 6**

Groupe opérationnel : **Technologies pour le transport de marchandises**

**Deufrako**

**Contacts** : Pierre-Etienne Gautier - SNCF, Direction de l'Innovation et de la Recherche

Tél. : 01 53 42 92 72 - Courriel : pierre-etienne.gautier@sncf.fr

**Partenaires** : DB, CSTB, Siemens

## EUROPE

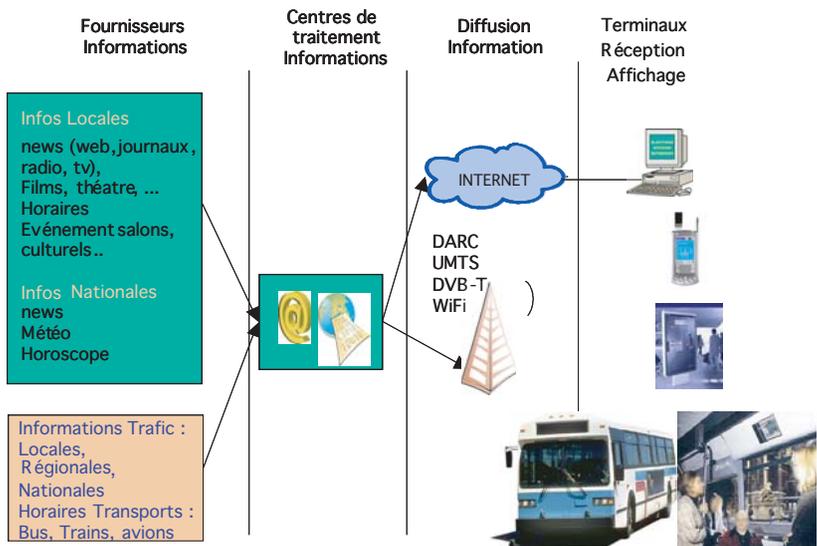
# ECIM : Environnement intégré de Communication pour l'Info-Mobilité

## Recherche commune Deufrako

La diffusion d'informations sous forme numérique aux usagers des transports est aujourd'hui un défi majeur. Il faut que ces informations répondent à des critères d'utilité et de fiabilité et qu'elles soient reçues et accessibles sur divers supports, à usage individuel, partagé ou collectif. La Ville de Metz a initié et coordonne un projet qui poursuit ces objectifs.

Le développement de la mobilité des citoyens européens implique des défis majeurs sur les transports en commun locaux ou régionaux, spécialement concernant la maîtrise, la diffusion et l'accessibilité de l'information pour les citoyens : **Info-Mobilité**.

L'usage des technologies de l'information est un moyen pour favoriser l'utilisation cohérente des différents moyens de transport par la mise à disposition des voyageurs d'information pratique, pertinente, enrichie, diffusée en temps réel et d'une manière fiable. Pour améliorer le confort des voyageurs des informations culturelles et sur les patrimoines des régions et des villes peuvent être diffusées pendant



les trajets. Les terminaux de réception envisagés sont multiples : personnels (téléphones portables, PDA...), terminaux embarqués sur les véhicules des transports en commun ou intégrés sur des panneaux publics d'affichage.

Pour articuler les actions européennes avec les initiatives locales, la Ville de Metz participe au projet européen « Enthroné » et a lancé le projet national Ecim réalisé par un consortium local regroupant PME, laboratoires et centres de recherche. En effet, le projet Info-Mobilité bénéficie de cofinancement de la Commission européenne, de celui du Predit par l'Anvar et de celui des entreprises partenaires.

La Ville de Metz a, également, initié la création d'un Pôle Info-Mobilité pour fédérer les actions des différents acteurs du domaine : collectivités locales, opérateurs de transports, centres et laboratoires de recherche. Ce Pôle permettra de valoriser les actions de développement, d'industrialisation, de promotion et de commercialisation des produits et services Info-Mobilité.

### Objectifs et résultats du projet Info-Mobilité

1. Intégrer et rendre accessibles aux voyageurs des informations liées à leurs modes de transport,
2. Intégrer et rendre accessibles aux voyageurs et aux citoyens différentes informations pratiques, touristiques, événementielles et celles liées au patrimoine des régions et villes,
3. Diffuser les informations par différents modes de transmission numérique : Réseaux haut débit, boucles locales radio, télévision numérique, GPRS, UMTS,
4. Recevoir et afficher les informations sur différents terminaux localisés dans les stations ou à bord des moyens de transport (panneaux d'affichages électroniques, bornes interactives) ou sur les terminaux personnels mobiles ou fixes des usagers,
5. **Expérimenter et Mettre en place une plate-forme intégrée d'Info-Mobilité** régionale et transfrontalière.

### Enjeux et retombées socio-économiques et culturelles

1. **Egalité de traitement pour les usagers devant les informations spécialement pour les personnes n'ayant pas accès à Internet,**
2. **Développer des services pour une meilleure connaissance du patrimoine culturel,** en utilisant les moyens de transport comme vecteur pour amener les voyageurs à découvrir le patrimoine culturel.

- 3. Créer une dynamique locale et régionale autour du projet :** un environnement de coopération entre les opérateurs de télécommunication, les opérateurs de transport, les centres de recherches, les Universités, les PME, les administrations et les associations d'utilisateurs.
- 4. Favoriser le transfert de technologie entre les laboratoires de R&D et les PME,**
- 5. Favoriser la participation des PME dans le cadre du projet :** Les petites et moyennes entreprises sont le noyau du dynamisme local. Leur flexibilité et leur réactivité face aux variations de conditions d'environnement et de technologies leur garantissent une utilisation optimale des technologies et des moyens financiers pour atteindre un objectif technique. Elles sont également mieux intégrées dans l'environnement social et économique local.
- 6. Promouvoir les solutions techniques avec des avantages économiques** pour atteindre un large panel de citoyens : diffusion des données par réseaux hertziens, utilisation du logiciel libre.

#### **4 Planning**

octobre 2003 :

Lancement du projet Ecim et du projet européen Enthroné

juin 2005 :

Mise en place d'une plate-forme expérimentale.

décembre 2005 :

Test de validation et qualité du service et des usages,

janvier 2006 :

Démonstration des services info-mobilité,

juin 2006 :

Mise en opération des services info-mobilité,

2006-2007 :

Communication et dissémination des résultats du projet.

#### **GO 9**

Groupe opérationnel : **Intégration des systèmes d'information et de communication**

**Contacts** : Jamal Baïna - Mairie de Metz

Tél. : 03 87 55 52 60 - Courriel : [jbaina@mairie-metz.fr](mailto:jbaina@mairie-metz.fr)

## EUROPE

# BAHN.VILLE : développement d'un urbanisme orienté vers le rail et l'intermodalité dans les régions urbaines allemandes et françaises

Le projet franco-allemand Bahn.Ville a permis d'étudier les conditions d'une meilleure intégration des politiques d'urbanisme et de transport ferroviaire régional, à partir d'une démarche comparative entre les deux pays.

## Problématique

Face aux évolutions actuelles de la mobilité, l'amélioration et le développement des dessertes ferroviaires péri-urbaines constitue un enjeu de premier plan. Mais coordonner ces redynamisations ferroviaires avec les politiques de développement et d'aménagement urbains reste un défi qui se pose dans nombre de régions urbaines. Or, si ce principe d'articulation urbanisme/transport est ancré de longue date dans les démarches allemandes d'aménagement du territoire, ce n'est que récemment qu'il a commencé à s'incarner en France dans des démarches volontaristes.

Le projet **Bahn.Ville** (2001-2004) a permis d'étudier les *conditions d'une meilleure synergie* entre les politiques de développement urbain et les politiques de transport ferroviaire péri-urbain. Quelles sont les influences réciproques entre l'offre régionale ferroviaire, l'aménagement des gares, les processus de planification et les stratégies de développement urbain ? Quelles expériences témoignent d'une synergie avérée entre ces leviers ? Quels sont les freins à une telle synergie ? C'est par une analyse comparative de la situation en France et en Allemagne que le projet **Bahn.Ville** apporte des éléments de réponse à ces questions.

## Méthodologie

- État des lieux bibliographique franco-allemand.
- Panorama de 15 "bonnes pratiques" (France et en Allemagne).
- Enquêtes quantitatives et qualitatives (questionnaires et entretiens auprès d'acteurs et d'usagers) sur quatre sites : Strasbourg et Nantes en France, Bonn et Friedrichshafen en Allemagne.

## Principaux résultats

Le projet **Bahn.Ville** fournit des éléments de compréhension relatifs :

- aux différences des contextes français et allemand (organisation politico-administrative, instances et documents de planification, réformes et régionalisation du ferroviaire).
- aux critères d'appréciation de la qualité de l'offre ferroviaire régionale par les usagers (importance du confort et d'une image moderne et valorisante qui reste à affirmer).
- au rôle des gares et points d'arrêts (points d'accès au réseau ferroviaire et sites urbains à valoriser, rôle de proximité à affirmer).
- à l'importance des coopérations à l'échelle des régions urbaines pour porter des projets innovants.
- au rôle stratégique de l'échelon communal face aux problématiques du stationnement, des espaces publics, du recyclage des emprises ferroviaires en déshérence.

## Perspectives

Les résultats du projet **Bahn.Ville** pourraient être utilisés dans le cadre d'une étude-action sur des sites pilotes choisis en France et en Allemagne (région de Saint-Étienne, région d'Aix-la-Chapelle) à compter de 2006.

### GO 1

Groupe opérationnel : **Mobilité, territoires et développement durable**

**Contacts** : Benjamin Puccio - Agence de Développement et d'Urbanisme de l'Agglomération Strasbourgeoise

Tél. : 03 88 21 49 07 - Courriel : b.puccio@adeus.org

Gilles Bentayou - Certu

Tél. : 04 72 74 58 17 - Courriel : gilles.bentayou@equipement.gouv.fr

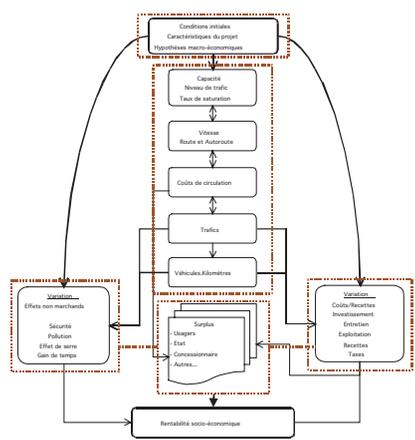
**Partenaires** : Institut d'études et de recherche sur le développement régional et urbain et les constructions du Land de Rhénanie - Westphalie, Dortmund (ILS NRW), Institut de recherche sur l'urbanisme et les transports de l'Université d'Aix-la-Chapelle (ISBRWTH Aachen), DB SImm, Cete de l'Ouest, Inrets (Institut national de recherche sur les transports et leur sécurité), SNCF (Direction du transport public)

# Thèses

Force est de constater que l'apport des doctorants à la recherche est bien souvent plus importante qu'il n'y paraît. Ils effectuent un travail parfois ingrat mais toujours déterminant pour le succès des études auxquelles leur sujet de thèse se rattache.

L'Ademe consacre un effort annuel conséquent aux soutiens de thèses et l'attribution du prix de thèse constitue une juste reconnaissance de leurs contributions à l'avancement des thèmes soutenus dans le cadre du Predit.

## Les enjeux du calcul économique



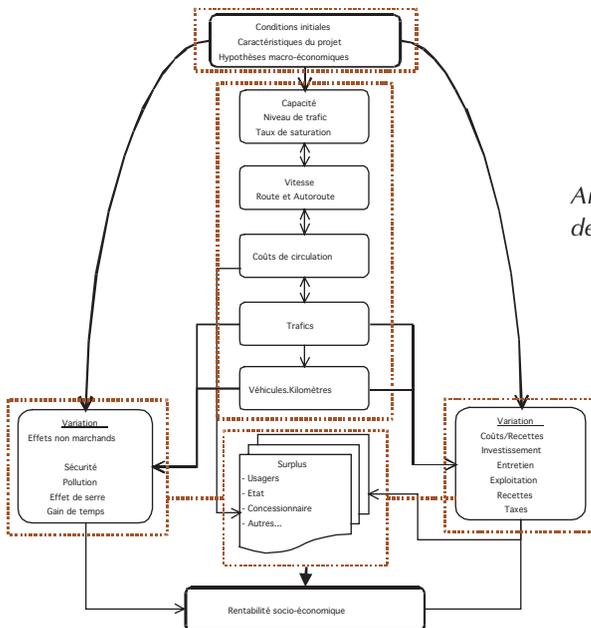
## THÈSES

# Les enjeux du calcul économique : vers un calcul économique environnemental

La recherche actuellement en cours porte sur le calcul économique et s'interroge plus particulièrement sur la place de l'environnement dans les évaluations de rentabilité produites lors des études de projets d'infrastructures de transport. La recherche peut se résumer en trois questions. Quelle est la place du volet environnemental dans ces études ? Quels sont les paramètres clés des études de rentabilité ? Comment pourrait-on améliorer la prise en compte des nuisances environnementales par le calcul économique ?

## Problématique

*Primé* L'objectif de la recherche est de mettre en lumière les enjeux du calcul économique actuellement pratiqué par la collectivité lorsqu'elle lance des études d'investissement d'infrastructures de transport. Dans le domaine des transports, le rôle du calcul économique, dont l'outil le plus couramment utilisé est l'Analyse Coûts-Avantages, est de comparer différents choix



*Architecture de l'outil de simulation.*

possibles d'investissements, par rapport à leurs coûts et aux différents avantages estimés par leur réalisation. Il s'agit de pouvoir juger, entre autres critères, de la rentabilité socio-économique des projets, rentabilité qui vise l'utilité sociale de l'investissement. Cette évaluation repose sur une démarche de monétarisation des principaux effets engendrés (gain de temps, pollution, effet de serre, sécurité, bruit). Depuis la Loi d'Orientation des Transports Intérieurs du 30 décembre 1982, toutes évaluations de projets de grandes infrastructures de transport donnent lieu à une évaluation socio-économique a priori et a posteriori. Et plus récemment, la Loi sur l'Air et l'Utilisation Rationnelle de l'Energie du 30 décembre 1996 et la Loi d'Orientation pour l'Aménagement et le Développement Durable du Territoire du 25 juin 1999 ont précisé la nécessité d'introduire dans les évaluations les effets des projets sur l'environnement. Mais, en ce qui concerne les nuisances environnementales, nous pouvons nous demander si le calcul économique les prend réellement en compte dans ses évaluations.

### Déroulement de l'étude

Afin de mettre en lumière les enjeux du calcul économique, nous avons construit un outil nous permettant de simuler des cas théoriques d'études de rentabilité. En partant d'un scénario de départ (route) et en simulant la construction d'une nouvelle infrastructure (autoroute), compte tenu des coûts (investissement, exploitation, entretien, etc.) et des avantages (recette, sécurité, pollution, gain de temps) ainsi que les valeurs tutélaires<sup>1</sup> des effets externes, le projet est "validé" ou non par un certain nombre d'indicateurs socio-économiques (Bénéfice net actualisé<sup>2</sup>, Taux de Rendements interne<sup>3</sup>, etc.).

La construction de l'outil peut se schématiser en 3 parties :

- une partie dans laquelle nous trouvons les hypothèses fondamentales : situation de référence (sans projet), caractéristiques du projet, hypothèses macro-économiques, valeurs tutélaires,

<sup>1</sup> Les valeurs sont dites tutélaires parce qu'elles sont fixées par la puissance publique : par exemple la valeur d'un tué sur la route est fixée à un million d'euro (année 2000).

<sup>2</sup> Ce critère permet de statuer sur l'opportunité et l'intérêt du projet pour la collectivité. C'est une notion qui vise à estimer le surplus global financier du projet.

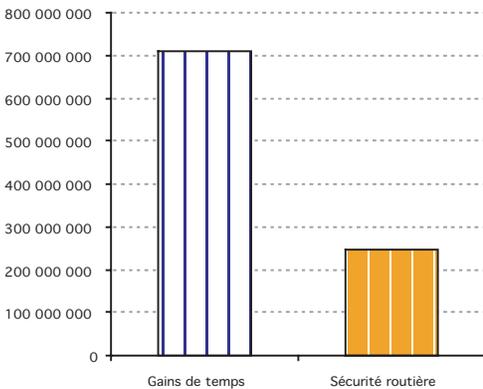
<sup>3</sup> Ce critère permet d'apprécier l'intérêt intrinsèque du projet. Il traduit la vitesse du retour sur investissement du projet pour la collectivité.



- une partie qui est à la base de l'évaluation, il s'agit de la prévision de trafic et son affectation,
- une partie qui est celle de l'évaluation proprement dite qui compare la situation de référence et la situation avec projet.

## Les résultats

Les résultats sont donnés ici uniquement à titre d'information sur ce qu'il est possible de faire avec l'outil. Ils sont également spécifiques au cas théorique étudié et il n'est guère possible de généraliser ces tendances à tous les projets. Toutefois ils permettent de comprendre comment s'établit la rentabilité du projet et, surtout, quels sont les paramètres clefs d'une évaluation.



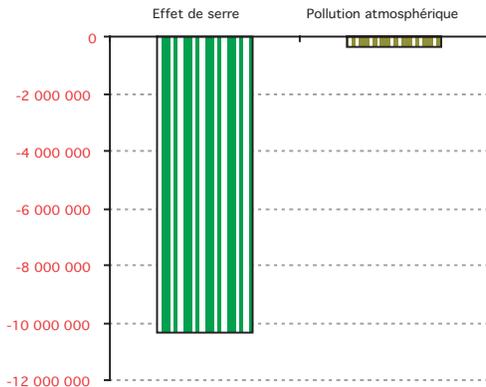
Les gains de temps sont procurés par l'amélioration des temps de parcours : sur autoroute (la vitesse est plus élevée que sur la route) et sur la route (du fait de la décongestion due au transfert d'une partie du trafic sur l'autoroute). Les gains de sécurité routière proviennent du caractère moins accidentogène de la nouvelle infrastructure et par conséquent du nombre de tués et de blessés évités.

*Avantages monétaires (en euros) liés aux gains de temps et à l'amélioration de la sécurité routière engendrés par la mise en place du projet – Avantages sur l'ensemble de la période d'étude.*

### a) Les nuisances environnementales, un contrepois peu récompensé

Des premiers résultats nous permettent de considérer l'importance de chaque avantage ou coût sur le niveau de rentabilité du projet. Les graphiques permettent de voir la part très importante des avantages monétaires liés aux gains de temps et à l'amélioration de la sécurité routière par rapport aux coûts monétaires liés aux émissions de CO<sub>2</sub> et de polluants atmosphériques. Le projet d'infrastructure est en premier lieu motivé en raison des avantages qu'ils procurent à la collectivité. Les nuisances environnementales et les coûts qui en découlent n'ont en réalité qu'un faible impact sur la décision de la mise en service ou non du projet.

Les gains de temps sont procurés par l'amélioration des temps de parcours : sur autoroute (la vitesse est plus élevée que sur la route) et sur la route (du fait de la décongestion due au transfert d'une partie du trafic sur l'autoroute). Les gains de sécurité routière proviennent du caractère moins accidentogène de la nouvelle infrastructure et par conséquent du nombre de tués et de blessés évités.



Le surcoût monétaire lié aux émissions de CO<sub>2</sub> et de polluants atmosphériques provient en grande partie du trafic induit par l'autoroute (généralisé par le projet) et par conséquent d'une augmentation des consommations de carburant et des kilomètres parcourus.

*Coûts monétaires (en euros) liés aux émissions de CO<sub>2</sub> et de polluants atmosphériques engendrées par la mise en place du projet – Coûts sur l'ensemble de la période d'étude.*

Le surcoût monétaire lié aux émissions de CO<sub>2</sub> et de polluants atmosphériques provient en grande partie du trafic induit par l'autoroute (généralisé par le projet) et par conséquent d'une augmentation des consommations de carburant et des kilomètres parcourus.

Pour simplifier, la rentabilité socio-économique d'un projet s'obtient en retranchant les coûts du projet aux avantages qu'il procure. Ici l'environnement est considéré comme un coût. Mais qu'est-ce qu'un coût de 11,5 millions d'euro de pollution contre un avantage de plus de 700 millions d'euro pour le temps gagné ? Le volet environnemental tel qu'il est actuellement pris en compte n'apparaît pas comme un contreponds suffisant face notamment à la valorisation du temps.

### **b) Des paramètres clés et d'autres moins pris en compte**

Sur la base du cas théorique développé pour l'outil, il est possible de simuler les différents effets des paramètres entrés en hypothèse de travail. Afin de ne pas trop complexifier la présentation, l'analyse de sensibilité est limitée ici à la mesure de l'impact d'une variation de +/- 10% sur les résultats.

Variables	Bénéfice actualisé		Taux de rendement interne	
	-10%	+10%	-10%	+10%
Niveau de trafic de référence	-24,0%	+16,3%	-11,8%	+6,3%
Vitesse sur autoroute	-37,0%	+33,5%	-16,6%	+13,9%
Pollution atmosphérique	+0,005%	-0,005%	+0,003%	-0,003%
Effet de serre	+0,15%	-0,15%	+0,05%	-0,05%

Tableau 1 : **Exemple de sensibilité des résultats aux paramètres**

Lecture du tableau : une hausse de la vitesse sur autoroute de 10% augmente le bénéfice de plus de 33% et le TRI de plus de 13%.



Le tableau permet de voir quelles peuvent être les variables influentes dans une évaluation (trafic, vitesse, etc.) et quelles sont celles qui n'ont que très peu d'impact sur les résultats pour pouvoir jouer un rôle dans l'orientation des investissements (valeur de la pollution atmosphérique, valeur du carbone (CO<sub>2</sub>), etc.).

## Perspectives

La recherche est actuellement en cours. Les travaux futurs s'attacheront à renforcer la cohérence interne et la mesurabilité de l'outil. Par la suite il sera possible de proposer quelques réflexions et éléments de réponse sur la problématique étudiée.

**Contacts :** Guillaume Chevasson  
 Laboratoire d'Economie des Transports, CNRS/Université Lumière-Lyon 2/ENTPE, Lyon  
 Téléphone : 04 72 72 65 11 - Courriel : gchevasson@let.ish-lyon.cnrs.fr

# Prix de la francophonie

Un réseau francophone de socio-économie des transports a vu le jour il y a plusieurs années. Sous l'impulsion de la Direction de la recherche du ministère de l'Équipement (Drast), il permet de maintenir un lien entre les acteurs de cette communauté internationale réunis autour d'une même langue et d'une même discipline scientifique.

Bien que la recherche primée ait été financée en dehors du Predit, il a été décidé de décerner ce prix afin d'encourager les travaux étrangers mais francophones.

PRIX DE LA FRANCOPHONIE

# Contributions à la modélisation totalement désagrégée des interactions entre mobilité urbaine et dynamiques spatiales

Cette recherche, qui était l'objet d'une thèse de doctorat de l'École polytechnique de Montréal, s'intéresse aux interactions entre dynamiques spatiales et mobilité urbaine et s'inscrit dans le paradigme totalement désagrégé. En guise de première contribution elle propose une conceptualisation du système urbain cadrant, par le biais de dix problématiques, les enjeux de la modélisation intégrée des interactions entre dynamiques spatiales et mobilité urbaine.

## Résumé



Environ tous les cinq ans depuis 1970, 5 % des résidents de la Grande Région de Montréal se prêtent au fardeau de répondre aux entrevues téléphoniques tenues dans le cadre des enquêtes ménages Origine-Destination et fournissent des informations détaillées à propos des déplacements qu'ils ont faits lors d'un jour spécifique d'automne. Ces enquêtes colligent des détails à propos de chaque ménage, chaque personne et chaque déplacement. En 1998, 65 227 ménages, rassemblant 164 075 personnes, ont déclaré avoir fait plus de 380 000 déplacements. En parallèle, ces mêmes résidents se soumettent au questionnaire des recensements canadiens tenus aussi tous les cinq ans, recensements qui permettent de caractériser les univers d'unités de logement, de ménages, de familles et de personnes.

Cette recherche s'intéresse aux interactions entre dynamiques spatiales et mobilité urbaine et s'inscrit dans le paradigme totalement désagrégé. Elle propose, en guise de première contribution, une conceptualisation du système urbain cadrant, par le biais de dix problématiques, les enjeux de la modélisation intégrée des interactions entre dynamiques spatiales et mobilité urbaine.

La construction de points de vue permettant d'approfondir ces différentes problématiques soulève plusieurs exigences. D'abord, la

disponibilité de données n'est que l'amorce d'un processus complexe. Un cycle d'utilisation des données a été articulé afin de conformer les données sources aux exigences analytiques spécifiques. Ce cycle implique notamment des opérations de filtrage, standardisation, transformation, fusion et analyse des données, soutenues par des technologies informationnelles variées : système de gestion de bases de données, système d'information géographique, logiciel de statistique et de statistiques spatiales, fonctionnalités totalement désagrégées, tableur.

En outre, dans une recherche de méthodes plus raffinées d'exploitation des données, différentes méthodes applicables aux données spatiales (statistiques spatiales, géostatistiques, géométrie fractale) ont été expérimentées afin d'apprécier leur intérêt dans un cadre formel de modélisation intégrée des interactions urbaines. Cet effort a permis de valider l'applicabilité de plusieurs méthodes, de démontrer leur capacité à résumer la connaissance disponible dans les ensembles de données exploités et d'identifier les pistes souhaitables d'adaptation au contexte urbain.

Des multiples procédures développées, la méthodologie de fusion permettant de lier les observations d'enquêtes Origine-Destination aux plus fines entités statistiques des recensements canadiens, est la plus significative. Cette méthodologie apparaît comme une contribution importante au processus de modélisation puisqu'elle permet de construire des bases de données intégrées où les personnes et ménages échantillonnés lors des enquêtes Origine-Destination (1987, 1993 et 1998) héritent d'attributs socio-démographiques disponibles uniquement dans les recensements (1986, 1991 et 1996). Cette méthodologie implique :

- une méthode d'allocation spatiale permettant d'attribuer une zone d'influence exclusive à chaque secteur de dénombrement ;
- une méthode d'association spatiale de chaque ménage échantillonné à un secteur spécifique de dénombrement ;
- une méthode de définition de distributions conjointes pour les attributs de recensements qui sont transmis aux ménages et personnes échantillonnés ;
- une méthode de pondération des ménages échantillonnés (quatre classes de taille), ce qui requiert l'application d'une méthode d'agrégation spatiale basée sur l'adjacence ;
- une méthode de transmission d'attributs aux ménages et personnes soutenant notamment la pondération propre à chaque classe de ménages.

Cette méthodologie présente l'avantage de s'opérer à un haut niveau de résolution spatiale et de s'appliquer uniformément pour les trois couples de données, fait non négligeable puisqu'à ce jour aucune pondération comparable n'existait.

Finalement, les ensembles de données fusionnées sont mis à l'épreuve pour documenter les dix problématiques cadrant le système urbain. Cette section considérable de la thèse est un effort de conceptualisation de points de vue analytiques, d'intégration de technologies informationnelles pour représenter les phénomènes urbains et d'enrichissement de la connaissance pouvant être tirée des données utilisées, classiquement, pour soutenir les modèles de prévision de la demande.

**Contacts :** Catherine Morency - Groupe Madituc, École Polytechnique de Montréal  
Tél. : (1) 514 340-4711 - Courriel : [catherine.morency@polymtl.ca](mailto:catherine.morency@polymtl.ca)

**Partenaires :** AMT (Agence métropolitaine de transport), STM (Société de transport de Montréal), STL (Société de transport de Laval), RTL (Réseau de transport de Longueuil) et MTQ (Ministère des transports du Québec)