



# LE BRUIT DES TRANSPORTS TERRESTRES



# Le Bruit des transports terrestres

## Recueil des recherches

Le Programme de recherche et d'innovation dans les transports terrestres (PREDIT) conduit de 2002 à 2007 a pour but, notamment, de soutenir les travaux de recherche et d'expérimentations visant la limitation des impacts environnementaux des transports terrestres. Les recherches engagées couvrent un champ très large aux multiples interfaces : pollution de l'air ; effet de serre ; nuisances sonores ; atteintes aux écosystèmes, à la santé humaine et aux paysages ; fractionnement des territoires.

Dans ce cadre, trois groupes opérationnels sont pilotés par l'Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie (ADEME) avec, respectivement, le ministère en charge de l'écologie, l'Agence nationale de la recherche (ANR) et le ministère en charge des transports : « Impacts énergétiques et environnementaux » (groupe 7), « Véhicules propres et économes » (groupe 8) et « Politiques des transports » (groupe 11).

Concernant les nuisances sonores, les travaux menés ont visé l'apport de nouvelles connaissances, le développement de technologies innovantes et l'établissement d'outils d'aide à la décision pour les décideurs, les concepteurs ou les opérateurs de systèmes de transports.

Sur le volet des connaissances, il s'agit de mieux comprendre les mécanismes de génération et de propagation du bruit, d'appréhender et d'évaluer sa perception, la gêne qu'il cause et ses effets sur la santé, d'améliorer les outils de diagnostic et de mesure, de mieux quantifier les impacts et les risques, directs ou indirects, notamment en termes de coûts collectifs induits, et de développer des méthodes de gestion spécifiques.

Sur le volet des technologies, les axes de recherches ont notamment porté sur les méthodologies d'analyse des sources de bruit sur les véhicules récents et en usage réel (voiture, camion, autobus, tram...), sur la modélisation de la génération du bruit et de sa propagation, sur la conception d'outils d'aides à la réalisation de systèmes moins bruyants et enfin sur la recherche de solutions technologiques pour réduire ou contrer les sources les plus importantes.

Ce document présente de manière synthétique les objectifs des recherches et les résultats obtenus ou attendus de ces travaux. Les rapports finaux des recherches terminées sont éventuellement disponibles auprès des financeurs référencés en fin de chaque fiche.



Alain Morcheoine  
Directeur de l'Air du Bruit & de l'Efficacité  
Énergétique de l'ADEME

# SOMMAIRE

(par ordre chronologique de démarrage des recherches)

✓ Développement du modèle de bruit Stradabus .....	5
✓ Modélisation et aide à la conception de freins ferroviaires "zéro crissement" .....	7
✓ Monétarisation des nuisances sonores (méthode des prix hédoniques).....	9
✓ LUT : Low-noise Urban Truck. Réalisation et évaluation d'un démonstrateur de véhicule de livraison urbaine.....	11
✓ Bruit roulement contact pneu-chaussée .....	13
✓ Estimateur de sonie de sons non stationnaires .....	15
✓ POP'ARN : Programme d'optimisation pour une réduction active de bruit à l'échappement .....	17
✓ Classification de l'influence relative des paramètres physiques affectant les conditions de propagation du bruit à grande distance .....	19
✓ Etude interculturelle pour une classification physique et perceptive des sources sonores urbaines .....	21
✓ Effets de la réflexion diffuse des façades sur la propagation acoustique et sur la représentation de l'environnement sonore en milieu urbain .....	23
✓ Efficacité environnementale des procédures d'aménagement et d'urbanisme proposée par la loi SRU. Application au bruit des trafics routiers .....	25
✓ Pertinence des descripteurs d'ambiance sonore urbaine .....	27
✓ Pérennité acoustique des écrans antibruit.....	29
✓ Bruit et vibration des tramways : caractérisation des sources et évaluation de la perception .....	31
✓ Evaluation de la qualité des ambiances sonores urbaines .....	33
✓ MIMOSA : Méthodes Innovantes pour la MOdélisation des Sources Aéroacoustiques .....	35
✓ SONVERT : SimulatiON bruit VEhicules Routiers & Trafic.....	37
✓ Le poids des territoires dans le vécu des nuisances sonores. Des méthodes pour l'analyse et l'aide à la décision.....	39
✓ PROSODIE : PROpulsion Silencieuse Optimisée DIimensionnée pour l'Environnement .....	41
✓ CRISFIS : CRISsement et FISsuration des freins de TGV .....	43
✓ Bruit en milieu urbain : exposition des enfants et scolarité .....	45
✓ Bruit des transports, influence de la structure temporelle de la gêne, la performance cognitive et le sommeil .....	47
✓ REBECA : REduction du Bruit Extérieur dans la Conception Automobile.....	49
✓ P2RN : Prediction and Propagation of Rolling Noise .....	51
✓ ODIN : Optimisation Des INsonorisants dans le compartiment moteur.....	53
✓ Rendre l'environnement perceptible pour rendre les actions de transport socialement acceptables : d'autres évaluations environnementales pour d'autres échelles et légitimités d'action .....	55
✓ Estimation dynamique du bruit de circulation en milieu urbain : étude d'un cas réel.....	57
✓ PRE-CONNAISSAMCES : PREparation - CONtribution A l'Identification des SourceS Acoustiques Moteur Caracterisation Et Simulation.....	59

# Développement du modèle de bruit Stradabus

Période : Juil. 2002 - Juil. 2005  
Coût total : 153 211 €  
Montant de l'aide : 85 250 € (Financement ADEME)

**Mots clés : Acoustique, Bruit de trafic, Modélisation**

## Présentation résumée

Les démarches existantes de prévision du bruit sont basées sur une prise en compte moyenne du trafic et ne tiennent pas compte des variations de celui-ci. Dans l'optique d'affiner les prévisions de bruit, notamment en milieu urbain, il s'avère donc intéressant d'utiliser des modèles de trafic qui reproduisent à la fois la dynamique du trafic et l'interaction entre véhicules particuliers et véhicules de transport en commun de surface. L'objectif de ce projet PREDIT a été d'étudier la faisabilité d'un outil permettant d'évaluer l'émission acoustique d'un flux de trafic intégrant des autobus. Cet outil a été complété d'un volet acoustique visant à compléter l'information manquante en terme d'émission de bruit des autobus dans leur mode normal de fonctionnement et de la caractérisation expérimentale du comportement cinématique d'un autobus en condition réelle d'exploitation. Les résultats fournis par le modèle intégré ont été validés dans le cas d'un scénario test correspondant à un tronçon urbain muni d'un feu tricolore et d'un arrêt de bus.

## Summary

The noise predictions models used currently are based on a steady representation of traffic flow. Such models are able to predict average noise models, but fail to evaluate the short-time variations of noise due to interrupted and complex traffic situations, especially in urban areas. Earlier research has been conducted to develop a noise estimation model based on a dynamic description of traffic flow. The aim of this research programme is to extend the abilities of this model by taking into account the influence of ground transport vehicles. The acoustic emission of different types of bus was investigated, and the extended traffic model describes the kinematic behaviour of buses and their interactions with the rest of flow (passenger cars). This extended model makes it possible to characterize the noise emitted by a bimodal traffic flow. To illustrate the possibilities of this model, it has been shown how it enables to evaluate the difference in terms of noise emission for a scenario test corresponding to the case of a street fitted with traffic signals and a bus stop.

## Partenaires

INRETS Laboratoire Transport Environnement  
INRETS/ENTPE Laboratoire Ingénierie Transport Trafic

## Présentation détaillée

### 1- Objectifs initiaux

Dans l'optique d'affiner les prévisions de bruit, notamment en milieu urbain, un premier modèle dynamique de bruit de trafic a permis de traiter le cas d'un flux de trafic homogène (véhicule légers). L'objectif de ce projet est d'étudier la faisabilité d'un outil permettant d'évaluer l'émission acoustique d'un flux de trafic intégrant des autobus.

### 2- Méthodes et étapes du travail

Pour développer un tel outil, le modèle existant a été étendu au cadre des véhicules spécifiques. Les points étudiés ont été les suivants :

- Couplage des modèles de trafic traitant des véhicules légers et des autobus
- Elaboration des lois d'émission acoustique des autobus afin de pouvoir associer aux autobus simulés par le modèle de trafic leur niveau d'émission acoustique en fonction de leur état cinématique
- Caractérisation expérimentale du comportement cinématique d'un autobus en exploitation afin de valider le modèle de trafic intégrant ce type de véhicule.

### 3- Résultats et perspectives

Cette étude a permis de montrer la faisabilité d'estimer de manière dynamique le bruit émis par un trafic bimodal composé de véhicules légers et d'autobus. Les possibilités du modèle originel ont donc été enrichies par cette représentation plus précise du comportement du trafic. Ce projet a constitué une étape importante dans le développement du modèle Symubruit (estimation dynamique du bruit de trafic). Celui-ci a depuis été enrichi par son couplage avec le modèle de propagation Mithra, développé par le CSTB, ce qui a ouvert le partenariat à cet institut au travers d'un autre projet PREDIT, puis à sa validation expérimentale par l'étude d'un cas réel (réaménagement d'une grande artère de la ville de Lyon, projet PREDIT EDBCMU en cours en partenariat avec le CSTB, le CETE de Lyon, le Grand Lyon et Acoucity).

### 4- Livrables et retombées du travail

Modèle StradaBus de coupage bimodal d'écoulement de trafic (véhicules légers et autobus) et de son émission acoustique (Rapport final sur convention INRETS/LTE n° 0309)

Publication :

Joël Lelong - Ludovic Leclercq :

Dynamic evaluation of noise emitted by a bimodal (passenger car/buses) traffic flow.

Proceedings of the 32nd International Congress and Exposition on Noise Control Engineering - Seogwipo, Korea, 2003

## Contacts

#### Financier :

ADEME/DTM

Emmanuel THIBIER

Tél : 04 93 95 79 00

Courriel : [emmanuel.thibier@ademe.fr](mailto:emmanuel.thibier@ademe.fr)

#### Partenaire principal :

INRETS

Joël LELONG

Tél : 04 72 14 24 09

Courriel : [lelong@inrets.fr](mailto:lelong@inrets.fr)

# Modélisation et aide à la conception de freins ferroviaires "zéro crissement"

Période : Oct. 2002 - Oct. 2005

Coût total : 1 507 416 €

Montant de l'aide : 856 576 € (Financement Ministère de la recherche)

**Mots clés : Freinage, crissement, vibration, tribologie, modélisation**

## Présentation résumée

Le bruit de crissement au freinage des matériels ferroviaires représente une source importante de gêne pour les usagers et les riverains. L'objectif des travaux de ce projet « Zéro crissement » est de proposer et d'évaluer des outils de modélisation pour la conception de frein non crissant en se basant sur la compréhension des phénomènes qui gouvernent l'apparition du crissement. Les travaux ont porté sur un cas concret : le frein à sabot du métro MP89 de la ligne 14 de la RATP.

Une première étape de mesures en ligne sur le MP89 a fourni la base de données nécessaire à la caractérisation, la compréhension puis la modélisation des instabilités à l'origine du crissement.

Un modèle « tribologique » a permis de décrire finement les efforts et déplacements à chaque nœud du contact avec frottement sur une application pion-disque. Un deuxième modèle « vibro-acoustique » basé sur une résolution aux valeurs propres permet de calculer les pôles instables qui sont les candidats au crissement. La bonne corrélation entre les calculs et les mesures (fréquence de crissement et taux d'instabilité) montre que le modèle est prédictif. Il a été utilisé pour construire et évaluer une méthodologie de design « zéro crissement ».

## Summary

## Partenaires

**Partenaire principal :**

METRAVIB

**Autres partenaires :**

INSA de Lyon - SNCF - RATP - ALSTOM - FLERTEX

## Présentation détaillée

### 1- Objectifs initiaux

Le projet concerne le bruit de crissement (situé entre 1000 à 1500 Hz sur le MP89).

Sur le plan purement tribologique, un des objectifs du projet est d'améliorer la compréhension des phénomènes qui gouvernent la création du bruit de crissement. La méthodologie retenue s'appuie sur la caractérisation expérimentale des phénomènes et leur modélisation pour aboutir in fine au développement d'outils d'aide à la conception correspondants. Lors de l'optimisation des systèmes de freinage vis-à-vis du crissement, résultat de ces études, une attention particulière est apportée à la vérification du maintien des performances fonctionnelles du freinage. Enfin, ce projet a permis de bâtir une synergie entre plusieurs acteurs scientifiques et industriels français impliqués sur le sujet depuis plusieurs années.

### 2- Méthodes et étapes du travail

Les différentes étapes du travail sont les suivantes :

- Un état des lieux (besoins des industriels, recensement des conditions d'apparition du crissement, étude des phénomènes physiques...).
- Une phase expérimentale in-situ, dédiée essentiellement à l'application MP89 de la RATP. Elle est destinée à fournir une mesure, la plus complète possible, des conditions de freinage (températures, morphologie, matériaux de friction des surfaces en frottement ...) au cours de quelques phases de crissement représentatives.
- Une phase modélisation qui a permis de mettre en œuvre et évaluer les méthodes de modélisation sur la base des résultats expérimentaux. Deux types de modèle sont évalués : un modèle « tribologique » réalisé avec le code PLAST2D de l'INSA et un modèle « vibro-acoustique » exploité par 01dB-METRAVIB basé sur une modélisation Eléments Finis permettant de mettre en évidence des instabilités, c'est à dire les candidats potentiels au crissement.
- Une phase définition de la méthodologie de conception pour concevoir « zéro crissement ». C'est une synthèse des phases précédentes qui spécifie les actions à mettre en œuvre pour optimiser le système de freinage par sabot du point de vue du bruit de crissement.
- Une dernière phase d'extension de la méthodologie de conception aux autres technologies de frein : disque et sabot avec contact roue/rail. Une spécification est élaborée concernant les adaptations des modèles établis précédemment appliqués au cas des systèmes de freinage cités ci-dessus.

### 3- Résultats et perspectives

Le modèle « tribologique » réalisé avec le code PLAST2D a été testé sur un cas pion-disque. Il a mis en évidence un effet de géométrie du contact provenant du voile du disque qui joue le rôle de « catalyseur » du crissement suggéré à l'issue des campagnes expérimentales sur le MP89 : la pente du disque liée à son voile est bien corrélée aux « bouffées de crissement » mises en évidence expérimentalement pour une certaine valeur de la pente du disque. Les bouffées observées sur le MP89 ont probablement la même origine. Les travaux de modélisation « vibro-acoustiques » ont permis de mettre en évidence des instabilités à coefficient de frottement constant (sprag-slip). La comparaison calculs-mesures sur le MP89 est encourageante puisque l'apparition du crissement et la fréquence du crissement mesuré en ligne (1500 Hz) sont effectivement prédites par le modèle. Par ailleurs, le taux d'instabilité calculé avec un coefficient de frottement égal à celui mesuré en ligne est voisin de celui mesuré : ce dernier point conforte le choix de la nature de l'instabilité sprag-slip à coefficient de frottement constant modélisée qui a été mis en évidence à partir des mesures des essais en ligne. Les travaux ont par ailleurs montré l'influence de la répartition du contact roue - semelles calculée avec le modèle tribologique. La prise en compte de cette répartition améliore sensiblement la corrélation calculs modèle - mesure.

### 4- Livrables et retombées du travail

Document de synthèse de tous les travaux transmis au ministère : PREDIT Zéro crissement - Modélisation et aide à la conception de freins ferroviaires « zéro crissement ».

Publications JEF novembre 2006 :

- *Modélisation et aide à la conception de frein ferroviaire « zéro crissement » à l'usage des industriels* J.Y. DISSON / P. FAILLET 01dB-Metravib

- *Influence de la géométrie des premiers corps sur l'initiation des instabilités de contact - Cas du crissement* Claire VAYSSIERE, Y. BERTHIER, L. BAILLET LaMCoS, INSA

## Contacts

#### Financier :

Ministère de la Recherche  
Xavier APOLINARSKI  
Tél (standard) : 01 69 08 28 74  
Courriel : [xavier.apolinarski@cea.fr](mailto:xavier.apolinarski@cea.fr)

#### Partenaire principal :

METRAVIB  
Jean-Yves DISSON  
Tél : 04 78 66 34 00  
Courriel : [jean-yves.disson@01db-metravib.com](mailto:jean-yves.disson@01db-metravib.com)

# Monétarisation des nuisances sonores (méthode des prix hédoniques)

Période : Déc. 2002 - Fév. 2004  
Coût total : 63 700 €  
Montant de l'aide : 40 336 € (Financement ADEME)

**Mots clés : bruit des transports routiers et ferroviaires, prix hédoniques, dépréciation immobilière, consentement à payer, gêne sonore, coût social.**

## Présentation résumée

Une première étude, menée dans le cadre de la Commission Monétarisation des effets externes des transports du PREDIT 2, avait pour objectif de comparer le consentement à payer des ménages pour la réduction des nuisances sonores des transports routier et ferroviaire en milieu urbain, en mettant simultanément en oeuvre la méthode d'évaluation contingente (MEC) et la méthode des prix hédoniques (MPH). La deuxième méthode n'ayant pas donné entière satisfaction, il s'agit d'engager les traitements statistiques complémentaires, destinés à mettre en évidence la dépréciation immobilière liée à l'exposition sonore, et à en déduire le consentement à payer des ménages. La première partie du travail porte sur le retraitement de la base « locataires » exploitée lors de l'étude précédente. Au terme de ce retraitement, les difficultés d'obtention de données descriptives de l'environnement urbain à un niveau géographique fin conduisent à abandonner la base « locataires » et à constituer une base « propriétaires ». L'application de la méthode des prix hédoniques aux données de transactions immobilières permet alors de déterminer un taux de dépréciation immobilière due à l'exposition au bruit des transports, et le consentement à payer des ménages pour sa réduction, notamment dans sa relation à la gêne sonore ressentie.

## Summary

This study aimed to compare the households Willingness to Pay (WTP) for the reduction of road transport and railway noise nuisances in urban setting, by implementing simultaneously the Contingent Valuation Method (CVM) and the Hedonic Price Method (HPM). The second one not having given whole satisfaction, complementary statistical treatments have been lead, intended to highlight the real property depreciation related to transportation noise and to deduce the WTP. Caused by difficulties (for example to carry on assessment at a local scale), the main statistical runs deal with owner's property values (2d part of the report). The application of the HPM on real transactions data then allows determining a depreciation rate due to noise exposure of transport, the WTP for its reduction, and the role of noise annoyance in this attitude.

## Partenaires

Equipe de Recherches sur l'Utilisation des Données Individuelles-Temporelles en Economie (ERUDITE - Université Paris XII) et Centre de Recherche Espace, Transports, Environnement et Institutions Locales (CRETEIL - Université Paris XII)

## Présentation détaillée

### 1- Objectifs initiaux

Une première étude, menée dans le cadre de la Commission Monétarisation des effets externes des transports du PREDIT 2, avait pour objectif de comparer le consentement à payer des ménages pour la réduction des nuisances sonores des transports routier et ferroviaire en milieu urbain, en mettant simultanément en oeuvre la méthode d'évaluation contingente (MEC) et la méthode des prix hédoniques (MPH). La deuxième méthode n'ayant pas donné entière satisfaction, il s'agit d'engager les traitements statistiques complémentaires, destinés à mettre en évidence la dépréciation immobilière liée à l'exposition sonore et les consentements à payer des ménages, en ouvrant l'analyse à la gêne sonore, comme variable déterminante des consentements à payer et des coûts sociaux déduits. On est ainsi en mesure de produire une double comparaison : comparaison méthodologique, comparaison modale des coûts sociaux des nuisances sonores.

### 2- Méthodes et étapes du travail

La première partie du travail porte sur la base « locataires » exploitée lors de l'étude précédente : élimination des communes pour lesquelles les attributs environnementaux, repérés par analyse factorielle, ne sont pas clairement identifiés par les ménages enquêtés ; regroupement des bases « route » et « fer » (900 questionnaires administrés en 2000-2001) ; introduction de variables spatialisées. Les difficultés statistiques, concernant notamment l'obtention de données descriptives de l'environnement urbain à un niveau géographique fin (îlot INSEE), conduisent à abandonner la base « locataires » et à mobiliser une base « propriétaires » (CDBien, Chambre des Notaires de Paris) pour l'ensemble des sites sélectionnés. Après couplage de la base « prix » issue du CDBien et de la base « ménages » issue de l'enquête, la méthode des prix hédoniques a pu être mise en oeuvre avec succès.

### 3- Résultats et perspectives

Les résultats sont de différents ordres : économiques et psycho-sociologiques ; monétaires, statistiques ou qualitatifs. Il s'agit : des taux de dépréciation immobilière résultant de l'exposition sonore des logements ; des consentements à payer moyens des ménages par niveau de bruit, types de transport, et de leurs facteurs explicatifs ; notamment du rôle de la gêne sonore ressentie et des variables socio-territoriales qui par la gêne participent de cette attitude monétaire ; des coûts sociaux déduits, par type de transports, pour le département du Val-de-Marne puis pour la France entière ; des apports analytiques issus de la comparaison entre les résultats de l'application précédente de la MEC (rapport de 2001) et de la MPH (présent rapport). Les résultats confirment l'existence de dépréciations immobilières dues à l'exposition au bruit des transports, et l'effet conjoint de l'exposition sonore et de la gêne ressentie dans la détermination des consentements à payer : l'effet de l'exposition sonore sur le coût social du bruit est ainsi filtré par les dynamiques territoriales.

### 4- Livrables et retombées du travail

Ces résultats pourraient venir abonder les bases de connaissances nécessaires à l'évaluation économique des projets de transport, contribuer aux réflexions scientifiques sur la comparabilité des résultats de méthodes différentes, ou encore sur la prise en compte de données de vécus sonores dans de telles évaluations. Une publication est en discussion avec les instances du PREDIT.

## Contacts

#### Financier :

ADEME/DTM

Nathalie MARTINEZ

Tél : 04 93 95 79 00

Courriel : [nathalie.martinez@ademe.fr](mailto:nathalie.martinez@ademe.fr)

#### Partenaire principal :

ERUDITE/GRATICE

Isabelle MALEYRE

Tél : 01 41 78 46 44

Courriel : [maleyre@univ-paris12.fr](mailto:maleyre@univ-paris12.fr)

# LUT : Low-noise Urban Truck. Réalisation et évaluation d'un démonstrateur de véhicule de livraison urbaine

Période : Juin 2003 - Juin 2006

Coût total : 4 793 000 €

Montant de l'aide : 1 337 100 € (Financement ADEME + Plan VPE + Ministère de la recherche)

**Mots clés : transport marchandise - urbain - bruit - poids-lourd**

## Présentation résumée

Le projet LUT propose :

- de réaliser un démonstrateur ayant des caractéristiques acoustiques améliorées,
- d'intégrer toutes les conditions de fonctionnement du véhicule (roulage et livraison),
- de prendre en compte les aspects subjectifs de la perception sonore (acoustique qualitative),
- d'évaluer les performances obtenues.

et vise les objectifs de performances suivants :

- une réduction du bruit de 3 dBA selon les conditions d'homologation réglementaires à venir,
- un mode de fonctionnement silencieux pour les conditions d'usage urbain obtenu par une réduction supplémentaire d'au moins 3 dBA sur un cycle d'usage à définir,
- un bénéfice qualitatif supérieur au bénéfice quantitatif par la prise en compte des caractéristiques subjectives et perceptives (impression d'un gain additionnel par rapport aux objectifs quantitatifs).

Par ailleurs, dans une optique de mise en série des solutions développées au terme du projet, les contraintes de coût et d'exploitation sont prises en compte.

Le projet LUT a été scindé en 3 tâches : le bruit de roulage (pilote Renault Trucks), le bruit de livraison (pilote Marmonier), la perception sonore (pilote INSA de Lyon)

## Summary

The project will realise a demonstrator providing enhanced acoustic features in all driving conditions, taking into account the subjective aspects of noise perception. The targets are :

- To reduce by 3 dB with regards to the new measurement method of the future regulation
- To provide low-noise levels in urban operating conditions with an further reduction of at least 3 dB
- To take into account qualitative aspects in order to get additional improvements

## Partenaires

**Partenaire principal :**

Renault Trucks

**Autres partenaires :**

Marmonier - Michelin - INSA de Lyon

## Présentation détaillée

### 1- Objectifs initiaux

Le projet LUT propose de réaliser un démonstrateur ayant des caractéristiques acoustiques améliorées, en intégrant toutes les conditions de fonctionnement du véhicule, en prenant en compte les aspects subjectifs de la perception sonore (acoustique qualitative) et en évaluant les performances obtenues seront évaluées. Les objectifs de performances sont :

- une réduction du bruit de 3 dBA dans les futures conditions d'homologation,
- un mode silencieux (réduction supplémentaire d'au moins 3 dBA sur cycle d'usage à définir),
- un bénéfice qualitatif supérieur au bénéfice quantitatif par la prise en compte des caractéristiques subjectives et perceptives (impression d'un gain additionnel par rapport aux objectifs quantitatifs).

### 2- Méthodes et étapes du travail

Le projet a été scindé en 3 tâches.

- Le bruit de roulage (pilote Renault Trucks), décomposé :
  - a) en objectifs réglementaires - homologations du véhicule (selon la nouvelle procédure de mesurage ACEA applicable à l'horizon des normes Euro 6) et des pneumatiques.
  - b) en objectifs non réglementaires - conditions de roulage urbaines et extra-urbaines; afin de réaliser un mode "low-noise" pour autoriser des livraisons de nuit ou matinales.

La recherche porte sur l'isolation phonique du compartiment moteur, sur l'échappement et l'admission, ainsi que des sources secondaires (transmission, servitudes pneumatiques...). Le mode « low-noise » est obtenu par une réduction de la mobilité du véhicule (régime moteur et vitesse). Des pneumatiques de nouvelle génération offrent un compromis bruit/performances optimal.

- Le bruit de livraison (pilote Marmonier) s'intéresse aux phases d'arrêts où les sources principales de bruit proviennent des accessoires (chocs sur les parois de la caisse, du hayon) et du véhicule (porte, ralenti moteur). En l'absence de cadre réglementaire, une méthodologie d'évaluation est développée.
- La perception sonore (pilote INSA de Lyon) prend en compte la dimension psycho-acoustique (qualitatif) et recherche à identifier les paramètres gênants en cours d'une séquence de livraison.

### 3- Résultats et perspectives

Les résultats obtenus par la recherche sont :

- la définition des objectifs sonores (roulage et livraison)
- le développement d'outils de prédiction du bruit
- la vérification des concepts techniques et la validation des prestations
- la soutenance de la thèse le 12 Décembre 2006 (Perception du bruit extérieur d'un véhicule urbain de livraison - Emilie Geissner).

Des suites sont dorénavant et déjà engagées au travers des projets FIDEUS (livraison de nuit à Barcelone, 2008) et TRUE (application frigorifique, 2007-2008). Des liens sont établis avec les projets de véhicules hybrides (VITEL...) qui offrent des opportunités d'amélioration du compromis mobilité/bruit/consommation énergétique.

### 4- Livrables et retombées du travail

Le livrable est un démonstrateur complet, mise au point, validé tant du point de vue quantitatif que qualitatif (perception).

## Contacts

#### **Financier :**

ADEME/DTM

Gabriel PLASSAT

Tél : 04 93 95 79 00

Courriel : [gabriel.plassat@ademe.fr](mailto:gabriel.plassat@ademe.fr)

#### **Partenaire principal :**

Volvo 3P / AE Lyon

Vincent SARTRE

Tél : 04 72 96 73 08

Courriel : [vincent.sartre@volvo.com](mailto:vincent.sartre@volvo.com)

# Bruit roulement contact pneu-chaussée

Période : Nov. 2003 - Nov. 2005

Coût total : 203 441 €

Montant de l'aide : 131 721 € (Financement Ministère de la recherche)

**Mots clés : Texture - Rayonnement - Enveloppement - Propagation - Effet dièdre**

## Présentation résumée

Les travaux réalisés au cours de la phase 2003-2006 de ce projet PREDIT qui portait sur l'étude de la relation entre la texture de la chaussée et le bruit rayonné par le pneumatique ont permis de progresser sur les points suivants :

- Modélisation hybride du contact pneumatique - chaussée basé sur l'enveloppement de la texture par des gommages de module adapté et prise en compte des éventuelles propriétés d'absorption selon les revêtements (Modèle INRETS HyRoNE)
- Modélisation par deux approches différentes de la propagation en champ proche et jusqu'au bord de piste : statistique par l'INRETS, analytique et numérique par le LCPC.
- Modélisation 3D de l'effet dièdre sur des revêtements absorbants par l'ENPC et calcul du champ de pression autour du pneumatique.
- Calcul des forces de contact du pneumatique sur les aspérités de la chaussée par l'ENPC.

Pour tous ces modèles, les résultats obtenus ont été systématiquement confrontés avec les mesures de bruit (au passage et en continu), effectuées sur dix chantiers différents présentant une grande diversité de revêtements fournis par APPIA et COLAS, (enduits superficiels, enrobés coulés à froid, enrobés à chaud semi-grenus, minces et drainants).

## Summary

### Texture-noise : rumbling during wheel/ road contact

Within the 2003-2006 phase of this PREDIT project which dealt with the relation between road surface texture and tyre noise emission, the following results were achieved:

- Development of an hybrid model of the tyre - road contact based upon the texture envelopment by rubber with specific modulus, taking into account absorption properties depending on the various wearing courses (Model INRETS HyRoNE),
- A double approach (statistical by INRETS, analytical et numerical by LCPC) of the short range propagation up to the road side,
- Development of a horn-effect model on absorbing surfaces by ENPC and calculation of the pressure distribution around the tyre,
- Calculation of contact forces between the tyre and road surface unevenness by ENPC

For all those models, results were systematically compared with noise measurements (both close proximity and pass-by), which were carried out on ten different sites supplied by APPIA and COLAS with a great variety of wearing courses (surface dressings, cold micro surfacing, semi-dense, thin and porous hot-mix asphalts).

## Partenaires

### Partenaire principal :

COLAS

### Autres partenaires :

INRETS - LCPC - ENPC - APPIA

## Présentation détaillée

### 1- Objectifs initiaux

Le projet « Relation entre la texture de la chaussée et le bruit rayonné par le pneumatique », présenté dans le cadre du programme « PREDIT - Bruit et nuisances sonores » a été retenu par le Comité d'Orientation en Décembre 1997.

Une première phase de ce projet, qui impliquait quatre partenaires, LCPC, INRETS, ENPC et MicrodB s'est achevée en décembre 2000 et a permis la mise au point des outils théoriques et métrologiques adaptés.

Une deuxième phase, sur financement du Ministère de l'Education Nationale, de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche - Direction de la Technologie, a regroupé trois des partenaires de la première phase, auxquels se sont joints les entreprises routières APPIA et COLAS, pour la partie mise à disposition de chantiers sur lesquels ont été effectuées les différentes mesures nécessaires pour alimenter et valider les modèles de prévision, qui portaient sur

- la relation entre texture du revêtement et bruit de contact
- la relation entre bruit mesuré en champ proche et en bord de piste
- l'estimation des forces de contact et le calcul du rayonnement du pneumatique

### 2- Méthodes et étapes du travail

La mise au point de la relation texture - bruit est basée sur la combinaison des lois statistiques et des modèles physiques simples permettant de tenir compte de toutes les caractéristiques des revêtements (mesures de texture et de coefficient d'absorption). Elle prend en compte une procédure d'enveloppement de texture ainsi qu'une correction d'absorption pour les chaussées poreuses. Une approche de la relation entre les deux méthodes de mesure de bruit a été effectuée par la modélisation du filtre de propagation : Elle a permis d'estimer avec une bonne précision les ordres de grandeur et les variations en fréquence, ce qui confirme que la différence entre les deux mesures est pilotée principalement par la différence de propagation, plus que par la différence d'émission. L'étude des phénomènes de propagation s'est aussi basée sur la modélisation tridimensionnelle du pneumatique avec la prise en compte de l'effet dièdre et de l'absorption du sol sur le rayonnement. Pour tous ces modèles, les résultats obtenus ont été systématiquement confrontés avec les mesures de bruit (au passage et en continu), effectuées sur dix sites présentant une grande diversité de revêtements.

### 3- Résultats et perspectives

Le modèle Hybrid Rolling Noise Model de relation texture - bruit amélioré en tenant compte des corrections d'absorption et d'enveloppement a été validé sur dix revêtements différents. Sa précision est très satisfaisante, avec des écarts inférieurs à 0,8 dB entre estimations et mesures. Il reste à appliquer le modèle à d'autres revêtements afin de valider les hypothèses prises, notamment en terme de paramètres d'enveloppement et à prendre en compte de manière plus précise les différences d'amplification selon les bandes de fréquence liées à l'effet dièdre dans la correction d'absorption. Deux approches, numérique/analytique et statistique, de la propagation entre champ proche et bord de piste ont été proposées. Dans les deux cas, des améliorations restent nécessaires pour affiner la précision des modèles de calcul, par une prise en compte de la géométrie du site et des hétérogénéités de surface.

Concernant le comportement du pneumatique lui-même, l'application du modèle multi-contact proposé à un cas simple de contact entre un bloc d'élastomère et des aspérités sphériques a donné des résultats en bonne concordance avec ceux calculés par la méthode des éléments finis ou par la méthode des éléments de frontière. Il conduit à un calcul très rapide des forces de contact, qui lui confère un grand intérêt.

Enfin, la quatrième application développée permet le calcul complet du processus de rayonnement d'un pneumatique de forme quelconque sur une chaussée absorbante ou non.

### 4- Livrables et retombées du travail

Ces travaux ont fait l'objet de différentes publications lors des congrès internationaux d'acoustique (Congrès Franco-Allemand d'Acoustique CFA/DAGA, Internoise, Euronoise). Ils ont par ailleurs été au cœur de la démarche expérimentale de caractérisation, de vérification et de suivi des performances acoustiques in-situ des revêtements de chaussée développée au sein du Groupe National des Caractéristiques de Surface, et qui vise notamment à utiliser la méthode CPX pour les mesures acoustiques de revêtements tout en comparant les résultats obtenus à des références prises en bord de piste.

## Contacts

#### Financier :

Ministère de la recherche  
Eric LEMAITRE  
Tél : 01 55 55 81 66  
Courriel : [eric.lemaitre@recherche.gouv.fr](mailto:eric.lemaitre@recherche.gouv.fr)

#### Partenaire principal :

COLAS S.A.  
JL GAUTIER  
Tél : 01 39 30 94 00  
Courriel : [gautier@campus.colas.fr](mailto:gautier@campus.colas.fr)

## Estimateur de sonie de sons non stationnaires

Période : Nov. 2003 - Nov. 2005  
Coût total : 434 900 €  
Montant de l'aide : 282 257 € (Financement MEDD)

**Mots clés : sonie - loudness - psychoacoustique - LEA - gêne - sonie impulsionnelle - son impulsionnel**

### Présentation résumée

La sonie, intensité subjective d'un son, est un paramètre psychoacoustique primordial dans l'évaluation de la gêne et dans les études sur la qualité sonore. Aujourd'hui, le seul moyen de connaître précisément la sonie est de mettre en œuvre des tests psychoacoustiques, longs et onéreux. Il existe cependant des modèles qui estiment correctement la sonie de sons, mais plutôt à caractère stationnaires, et en aucun cas impulsionnels. L'objet de nos recherches, a donc été d'étudier la sonie de sons impulsionnels pour déterminer les relations entre la sonie et les paramètres physiques du signal (fréquence, niveau et durée).

### Summary

The research is about loudness of impulsive noise. A algorithm was found to determinate this psychoacoustic criterium and is now available in the LEA software product of GENESIS company.

### Partenaires

**Partenaire principal :**

GENESIS

**Autres partenaires :**

LMA

## Présentation détaillée

### 1- Objectifs initiaux

La sonie, intensité subjective d'un son, est un paramètre psychoacoustique primordial dans l'évaluation de la gêne et dans les études sur la qualité sonore. Aujourd'hui, le seul moyen de connaître précisément la sonie est de mettre en œuvre des tests psychoacoustiques, longs et onéreux. Il existe cependant à l'heure actuelle des modèles qui estiment correctement la sonie de sons stationnaires, tels ceux de Zwicker (1958) et de Moore et coll. (1997). D'autres modèles (Zwicker et Fastl (1999) et Glasberg et Moore (2002)) permettent de calculer la sonie en fonction du temps de sons non stationnaires mais ils présentent certaines limites pour évaluer la sonie globale en particulier pour des sons impulsionnels. L'objet de nos recherches est donc d'étudier la sonie de sons impulsionnels et de trains d'impulsions. Ces deux types de sons, cas particulier de sons non stationnaires, suscitent en effet un intérêt grandissant d'un point de vue industriel et scientifique. L'ESI<sub>bc</sub> est en cours d'intégration dans le module psychoacoustique du logiciel LEA développé par GENESIS dans le cadre du projet.

### 2- Méthodes et étapes du travail

Un grand nombre de données expérimentales ont été établies sur ce type de sons (lignes isosoniques et intégration temporelle de sons impulsionnels, mesure de sonie de trains d'impulsions) pour, non seulement déterminer les relations entre la sonie et les paramètres physiques du signal (fréquence, niveau et durée), mais aussi tester les différents indicateurs proposés dans la littérature et en déterminer les domaines d'application. Toutes ces données ont alors contribué à définir deux nouveaux indicateurs, calculés à partir du modèle de Zwicker et Fastl (1999), pour donner une première approximation de la sonie<sup>1</sup> de sons impulsionnels. Nous avons ensuite procédé à des mesures psychoacoustiques de fonctions de sonie d'impulsions de sons purs, afin de tenir compte de l'influence de la fréquence porteuse sur la sonie. Nous avons alors entamé un processus de validation de ce nouvel estimateur.

### 3- Résultats et perspectives

L'Estimateur de sons impulsionnels a été validé avec des mesures de sonie de sons impulsionnels de synthèse (231 sons) et « naturels » (26 sons). Il permet d'estimer le niveau d'isosonie rapidement et avec une erreur moyenne (MAR moyen de l'ordre de 3 phones) inférieur à la dispersion des mesures (Ecart type de l'ordre de 4 phones).

### 4- Livrables et retombées du travail

Thèse de Isabelle BOULLET soutenue au CNRS- LMA le 17 juin 2005

Publication dans Acoustique et Technique, Internoise 2004, Communication au Congrès français d'acoustique de Lille 2002, de Strasbourg 2004, et de Tours 2006.

Implémentation de l'algorithme dans le logiciel d'expertise acoustique LEA commercialisée par la société GENESIS.

## Contacts

#### Financier :

MEDD/D4E/SRP

Gilbert CAPLAIN

Tél : 01 42 19 20 21

Courriel : [gilbert.caplain@ecologie.gouv.fr](mailto:gilbert.caplain@ecologie.gouv.fr)

#### Partenaire principal :

GENESIS

Patrick BOUSSARD

Tél : 04 42 90 40 00

Courriel : [patrick.boussard@genesis.fr](mailto:patrick.boussard@genesis.fr)

<sup>1</sup> **Fonction de sonie** : La fonction de sonie est la relation entre l'intensité (ou la pression acoustique) et la sonie

# POP'ARN : Programme d'optimisation pour une réduction active de bruit à l'échappement

Période : Déc. 2003 – Juil. 2007

Coût total : 1 809 970 €

Montant de l'aide : 488 505 € (Financement ADEME)

**Mots clés : échappement - bruit - sources piezo électriques - ANC**

## Présentation résumée

L'étude concerne la réduction du bruit émis par les systèmes d'échappement par la méthode d'amortissement actif de la pression acoustique à l'intérieur du conduit d'échappement. La génération d'une onde en opposition de phase par rapport à celle provenant de la source conduit à de tels amortissements.

## Summary

### POP'Arn programme for an active reduction of exhaust noise

The study concerns exhaust noise reduction with the method of active absorption of acoustic pressure inside the exhaust pipe and reduce the mass and bulk of the active control system switching the loudspeakers by piezoelectric active materials that should sooner or later be less expensive.

## Partenaires

### Coordinateur :

Aaqius & Aaqius

### Partenaires principaux :

FAURECIA - INSA LGEF (Lyon)

## Présentation détaillée

### 1- Objectifs initiaux

La finalité du présent projet est de réduire la masse et l'encombrement du système de contrôle actif de bruit en remplaçant les hauts parleurs existants par des matériaux actifs piézoélectriques. En outre, cette solution devrait être, à terme, moins onéreuse.

Les apports attendus de l'étude sont :

- la mise au point par le Laboratoire de Génie Electrique et de Ferroélectricité (LGEF) d'actionneurs piézoélectriques permettant la génération de l'onde de contrôle, selon 2 techniques distinctes :
  - soit par génération directe,
  - soit par génération non linéaire utilisant 2 sources haute fréquence.
- l'intégration de ces actionneurs dans un silencieux actif, et la validation du dispositif sur banc d'essai et sur véhicule.

### 2- Méthodes et étapes du travail

La première année a permis la mise en place d'un banc d'essai et la rédaction d'un cahier des charges permettant la synthèse de sources piézoélectriques reproduisant les caractéristiques des hauts parleurs utilisés actuellement par FAURECIA. Une étude bibliographique a aussi été réalisée durant cette première année de projet.

La deuxième année a permis de sélectionner les sources directes comme étant les dispositifs piezo répondant au mieux aux exigences du projet et d'arrêter les recherches sur les sources paramétriques. Les résultats acquis en laboratoire se sont révélés satisfaisants et pourront permettre d'envisager une phase sur banc moteur.

La dernière année a été consacrée à la finalisation de l'expérimentation par une approche modélisation avec l'aide de logiciels SYSNOISE et AMELI. La phase validation réelle est en cours de réalisation (mars - juin 2007) sur banc moteur PSA V6 essence chez Faurecia.

### 3- Résultats et perspectives

Suite aux résultats obtenus sur les sources paramétriques, il a été convenu qu'il serait très difficile d'atteindre les 150 dB (avec une puissance acceptable) donc les partenaires ont décidé l'arrêt des recherches sur ce type de sources et de concentrer les ressources sur les sources directes.

Le principe de fonctionnement de l'ANC a été acquis et démontré par le LGEF avec les ressources disponibles dans les laboratoires de FAURECIA (banc acoustique). Les configurations expérimentales correspondent à des sources directes (sources piézo type bimorphe + cavité faible volume), les puissances consommées sont faibles (<20 watts environ) les niveaux de pression atteints sont ponctuellement proches des 150 dB requis au cours du projet et les mesures d'atténuation sont réalisés en sinus établi par pas de fréquence.

En condition réelle (banc moteur), l'atténuation de bruit est tout à fait perceptible mais certains points durs (efficacité large bande, facteur de qualité-amortissement) persistent et ne pourront être levés que dans une phase de développement.

La finalisation du projet est le passage en phase développement chez FAURECIA en perspective d'une commercialisation sur véhicule haut de gamme. La phase de développement permettra de lever les points durs sur le niveau acoustique, la fiabilité et le coût.

### 4- Livrables et retombées du travail

La mise au point de prototype de sources piézo électrique capable d'atténuer le bruit du véhicule et sa caractérisation en condition proche du réel sont les principaux livrables de ce projet. Des communications scientifiques à des congrès internationaux ainsi que des dépôts de brevets constitueront une deuxième partie des livrables.

## Contacts

#### Financeur :

ADEME/DTM

Bertrand-Olivier DUCREUX

Tél : 04 93 95 79 00

Courriel : [bertrand-olivier.ducieux@ademe.fr](mailto:bertrand-olivier.ducieux@ademe.fr)

#### Coordinateur :

Aaqius & Aaqius

Emmanuel JOUBERT

Tél : 06 70 48 69 15

Courriel : [emmanuel.joubert@aaqius.com](mailto:emmanuel.joubert@aaqius.com)

# Classification de l'influence relative des paramètres physiques affectant les conditions de propagation du bruit à grande distance

Période : Mars 2004 - Mars 2005  
Coût total : 378 414 €  
Montant de l'aide : 316 374 € (Financement MEDD)

**Mots clés : Acoustique - Propagation - Météorologie - Effet de sol - Expérimental - Numérique**

## Présentation résumée

Le projet a pour but de réaliser une étude de sensibilité sur les paramètres géométriques, les caractéristiques du sol et les conditions météorologiques caractérisant une situation de propagation. L'étude utilise à la fois des moyens expérimentaux et numériques. Les travaux réalisés ont permis d'acquérir une base de données expérimentale couplant mesures acoustiques et météorologiques dans des conditions de propagation variées. De plus, un certain nombre de calculs ont été effectués avec différents modèles. Leur analyse a permis de déterminer la sensibilité des paramètres météorologiques vis à vis d'une situation acoustique. L'ensemble des résultats est déjà utilisé par les partenaires du projet pour alimenter les groupes de travail en normalisation.

## Summary

### Classification of relative influence of physical parameters for long range sound propagation

The study aims at leading a sensitivity study on the geometrical parameters, the ground impedance characteristics and the meteorological situation for a point source over a flat ground. Both experimental and numerical tools are used. A 3 month measurement campaign has given access to a large experimental database of coupled acoustical and meteorological data, in a wide range of propagation cases. Moreover, several calculations have been done using different methods. The analysis of the results allows to quantify the sensitivity of the meteorological parameters related to acoustics. The results are already used by the partners involved in standardisation workgroups.

## Partenaires

### Partenaire principal :

EDF

### Autres partenaires :

LCPC, ECL, SNCF

## Présentation détaillée

### 1- Objectifs initiaux

Ce projet a pour but de réaliser une étude de sensibilité sur les paramètres géométriques, les caractéristiques du sol et les conditions météorologiques caractérisant une situation de propagation. L'étude utilise à la fois des moyens expérimentaux et numériques.

### 2- Méthodes et étapes du travail

Le cas d'étude considéré est la propagation sur sol plan et homogène en présence d'un profil de célérité vertical (effet de réfraction atmosphérique) et d'effet de turbulence. La source est omnidirectionnelle et son spectre est variable et caractéristique des sources de transport routier et ferroviaire ainsi que des sources industrielles.

Le projet comporte deux volets : l'un numérique et l'autre expérimental.

La partie expérimentale consiste à réaliser une campagne d'essai de grande envergure mettant en évidence l'influence des effets de sol et des effets météorologiques. La partie numérique consiste à étudier la sensibilité des paramètres. L'ensemble des résultats est donné en dB(A), unité imposée par la réglementation.

### 3- Résultats et perspectives

La campagne d'essai de Lannemezan 2005 a été un succès. Les moyens mis en œuvre ont été considérables et le volume de données acquises tout à fait original. Les premières analyses descriptives de la base de données ont été faites, à l'aide à la fois d'outils « classiques » et de méthodes plus originales telles que celles proposées par la géostatistique. L'ensemble de ces méthodes a permis de dégager des observations importantes, en particulier sur l'incidence des incertitudes expérimentales relatives aux données micrométéorologiques (précision des capteurs à disposition insuffisante pour décrire rigoureusement l'évolution des conditions de propagation acoustique) et aux caractéristiques de sol (incertitudes expérimentales du même ordre de grandeur que les fluctuations journalières).

Les études numériques ont permis d'illustrer la grande sensibilité des conditions de propagation proches des conditions homogènes et la nécessaire précision météorologique qui en découle. Ceci motive la poursuite de travaux dans le domaine de l'approche statistique de la modélisation des situations de propagation, ce qui est déjà envisagé par certains partenaires. La nécessité de décrire correctement les spectres de turbulence a été démontrée. Le couplage entre les échelles de turbulence, la géométrie (hauteur de source et de récepteur, distance de propagation) et la fréquence acoustique a été mis en évidence.

### 4- Livrables et retombées du travail

6 communications et publications (listées dans les rapports) et 2 rapports ont été produits.

[1] F. Junker, B. Gauvreau, C. Cremezi, Ph. Blanc-Benon, "Classification de l'influence relative des paramètres physiques affectant les conditions de propagation à grande distance", Rapport intermédiaire d'avancement, mai 2005

[2] F. Junker, B. Gauvreau, C. Cremezi, Ph. Blanc-Benon, D. Ecotiere, O. Baume, B. Cotte, "Classification de l'influence relative des paramètres physiques affectant les conditions de propagation à grande distance - Rapport final", Rapport EDF HT63-2006-03828-FR, décembre 2006

## Contacts

#### Financier :

MEDD/D4E/SRP

Gilbert CAPLAIN

Tél : 01 42 19 20 21

Courriel : [gilbert.caplain@ecologie.gouv.fr](mailto:gilbert.caplain@ecologie.gouv.fr)

#### Partenaire principal :

EDF R&D/ AMA

Fabrice JUNKER

Tél : 01 47 65 51 03

Courriel : [fabrice.junker@edf.fr](mailto:fabrice.junker@edf.fr)

# Etude interculturelle pour une classification physique et perceptive des sources sonores urbaines

Période : Mars 2004 - Mars 2006  
Coût total : 171 400 €  
Montant de l'aide : 95 978 € (Financement MEDD)

**Mots clés : urbain - qualité sonore - classification des sources**

## Présentation résumée

Le travail que nous avons mené vise à évaluer l'importance de la nature des sources qui composent un environnement dans l'appréciation de sa qualité sonore. Pour cela une méthodologie, applicable dans tous les pays d'Europe, a été mise au point. Elle permet l'estimation de la qualité d'un site sur la base de l'analyse et la classification de ses sources.

Nous avons conçu une enquête mêlant structure traditionnelle et discours libre, que nous avons menée auprès d'usagers, en France et en Grèce. Six sites ont été choisis pour leur homogénéité acoustique (niveau, distribution spectrale des niveaux), mais variant suivant les paramètres d'activité commerciale et de circulation et ne présentant aucun problème avéré de nuisance sonore. Les sources citées lors des enquêtes ont été classées en 4 grandes supercatégories étiquetées « nature », « objets », « activité », « humain ». A l'issue de l'analyse des enquêtes, nous avons montré que la corrélation entre les catégories de sources citées et l'agrément perçu était plus élevé que celui entre le niveau sonore et l'agrément perçu. Le dépouillement du contenu des enregistrements sonores des différents sites en termes de durée et d'occurrence de sources a permis l'émergence d'un paramètre très fortement corrélé (mieux que 99%) à l'agrément. Ce résultat, qui doit être validé sur d'autres sites, permettra de prévoir la qualité d'un site à partir d'un enregistrement sonore, sans recours à l'enquête.

Au delà des prédictions de niveaux sonores basées exclusivement sur le bruit de circulation, notre étude propose une analyse du contenu des environnements sonores qui permet une prédiction fine de l'agrément perçu.

## Summary

This work deals with the perception of the sound quality of urban environments. The main goal of the study was to evaluate the importance of the nature of the sound sources in the sound quality. We developed a methodology that can apply to all countries in Europe to estimate the sound quality. It is based on the analysis and classification of the sound sources.

We carried a survey in France and Greece combining a traditional structure together with free discours. Six places were chosen in order to present similar values for acoustical criterias such as sound level and spectral content. The offer different environments in terms of activity : stores and traffic. All six places are free of any known problem for noise pollution. The sound sources have been classified in four supercategories : « nature », « object », « activity », « human ». The analysis of the data from the survey showed a better correlation between the categories of sound sources and the pleasantness than between the sound level and the pleasantness. The sound recordings for all six places have been analysed in terms of duration and occurrence of the sound sources. From these data, we developed criteria highly correlated (better than 99%) with the pleasantness. The result needs to be validated for many different places. It will allow a prediction of the pleasantness from a sound recording, saving the cost of a survey.

In complement to the traditionnal prediction of the sound level based on traffic noise, the work we present here focuses on the analysis of the content of sounding environments that allows a accurate prediction of the pleasantness.

## Partenaire

Laps-design

## Présentation détaillée

### 1- Objectifs initiaux

Le principal objectif de cette recherche était la mise à l'épreuve d'une méthodologie globale permettant de décrire qualitativement les sources sonores présentes dans nos environnements urbains et d'évaluer leur rôle dans l'appréciation globale de l'environnement sonore. Les descriptions obtenues doivent servir à améliorer les bases de données existantes et à obtenir une classification pertinente des sources sonores. À long terme, le but d'une telle approche qualitative est d'améliorer et de démocratiser les cartes figurant l'environnement sonore des villes, en y insérant les qualités perceptibles attribuées aux sources, ainsi qu'un enregistrement représentatif du paysage sonore correspondant. Cette approche est relativement originale, elle a été initiée par A. Léobon (1997) et V.Maffiolo (1999).

### 2- Méthodes et étapes du travail

Notre travail s'est classiquement déroulé en quatre grandes étapes :

- Choix et descriptions physiques et acoustiques des sites sur deux villes de cultures différentes (Paris et Kalamaria (Grèce))
- Recensement, enregistrement et description objective des sources sonores
- Enquêtes auprès des usagers
- Etablissement de corrélations, classification des sources et confrontation des résultats.

### 3- Résultats et perspectives

Nous avons voulu évaluer l'influence de la nature des sources composant un environnement, sans problème avéré de nuisances sonores, sur la perception de sa qualité.

La méthode globale que nous avons mise sur pied, intégrant une enquête auprès des usagers, mélangeant questions fermées et discours libre, et enregistrements sonores s'est avérée tout à fait pertinente malgré les compromis auxquels nous avons dû faire face et ses partis pris.

Les sources composant les environnements ont pu être classées en quatre catégories pertinentes « nature », « objet », « Humains » et « activité ». Cette classification devrait devenir un réel outil de travail pour la qualification des environnements. Elle méritera toutefois être affinée en divisant chaque catégorie en termes de valence positive ou négative.

- Plus intéressant d'un point de vue applicatif est la mise en évidence d'un paramètre basé sur le contenu des enregistrements qui est corrélé avec un coefficient proche de 1 ( $p=0.998$ ) à l'agrément perçu.

On définit le coefficient X,  $X = [«\text{activité}» - «\text{humain}»] / [«\text{activité}» + «\text{Humain}»]$ , qui associe les deux catégories de sources les plus significatives. Le degré d'agrément (plus il est faible plus le site est agréable) peut alors s'exprimer en fonction de ce paramètre en suivant l'équation :

$$\text{Agrément} = 0,816x + 3,109 \text{ (avec 3 pour « moyen », 1 pour très agréable)}$$

Ce paramètre est bien meilleur représentant de l'agrément perçu que le niveau sonore qui seule conséquence des sources de circulation n'en est qu'un représentant partiel.

Ce paramètre est d'autant plus riche qu'il est valable sur les sites Français et Grecs. Effet, nous n'avons pu déceler à ce niveau d'étude et de catégorisation de différences majeures entre les deux pays.

Les cartes de bruits pourraient alors être enrichies d'un paramètre qualitatif (aujourd'hui exprimé par des couleurs représentant des tranches de niveau) et de la composition de l'environnement en termes de catégories de sources.

### 4- Livrables et retombées du travail

Ce travail a fait l'objet de deux publications associées à deux présentations.

1. Nathanail Sandie, Guyot Frédérique, Masson Bertrand, Montignies François, (2005)

« Etude Interculturelle pour une classification physique et perceptive des sources sonores urbaines » in *acoustique et technique* n° 39 spécial assises de l'environnement sonore,

2. Guyot Frédérique, Nathanail Sandie, Masson Bertrand, Montignies François, (2005) « Urban sound environment quality through a physical and perceptive classification of sound sources: a cross-cultural study » in les actes de Forum Acusticum 2005.

## Contacts

#### Financier :

MEDD/D4E/SRP

Gilbert CAPLAIN

Tél : 01 42 19 20 21

Courriel : [gilbert.caplain@ecologie.gouv.fr](mailto:gilbert.caplain@ecologie.gouv.fr)

#### Partenaire principal :

Laps-design

Frédérique GUYOT

Tél : 06 70 63 21 82

Courriel : [frederique@laps-design.com](mailto:frederique@laps-design.com)

# Effets de la réflexion diffuse des façades sur la propagation acoustique et sur la représentation de l'environnement sonore en milieu urbain

Période : Mars 2004 - Mars 2006

Coût total : 340 000 €

Montant de l'aide : 107 012 € (Financement MEDD)

**Mots clés : Acoustique urbaine - diffusion de façade - environnement sonore urbain**

## Présentation résumée

La morphologie architecturale urbaine peut être un facteur important sur la propagation du son en milieu urbain, ainsi que sur la perception de l'environnement sonore urbain. Ainsi, comme en acoustique des salles, la diffusion acoustique par les irrégularités de façade peut engendrer des phénomènes complexes, sources de réflexions diffuses. L'objectif principal de ce projet a été d'évaluer l'influence de la réflexion diffuse en termes d'atténuation sonore et de réverbération dans une rue, mais également en termes perceptifs. Par ailleurs, dans un second temps, un protocole numérique a été proposé pour caractériser la réflexion diffuse de façade, sous la forme d'une loi de réflexion pouvant être intégrée dans des outils de prévision acoustique en milieu urbain, à destination des architectes et urbanistes dans le cadre de projets d'aménagement.

## Summary

**Effect of diffuse reflection by building facades on the sound propagation and the soundscape in urban areas.**

Architectural morphology is an important factor for the prediction of soundscapes and noise propagation in urban areas. As in room acoustics, the sound field in a street is characterised by the building façades irregularities, in such a way that two similar streets (in size) can produce two different sound fields for two different building frontages. However, most of the existing softwares and models take only the specular reflection into account, in order to predict the diffuse reflection by a building façade, implying a significant uncertainty in the sound prediction. The main purpose of this project is, first, to investigate (mathematically, numerically and experimentally) how the sound field is influenced by a building façade, and secondly, to characterise several urban frontages by typical reflection laws. Then, a coupling morphological and acoustical database will be built up and introduced in a current software of urban sound prediction, in order to be used by town planners and architects in their urban projects.

## Partenaires

**Partenaire principal :**

LCPC

**Autres partenaires :**

CSTB - École nationale supérieure d'architecture et de paysage de Bordeaux - École nationale supérieure d'architecture de Nantes

## Présentation détaillée

### 1- Objectifs initiaux

Pour mettre en place une politique efficace de lutte contre les nuisances sonores en milieu urbain, il est nécessaire de disposer d'outils de prévision acoustique performants, c'est-à-dire, prenant en compte l'ensemble des phénomènes physiques rencontrés pendant le processus de propagation du son. Parmi ces phénomènes, la diffusion acoustique par les irrégularités de façade semble avoir des effets importants sur la propagation du son dans une rue, sans toutefois être prise en compte dans les outils opérationnels (logiciels de cartographie acoustique). L'objectif de ce projet de recherche a donc été de mettre clairement en évidence ces effets de la diffusion de façade sur la propagation du son dans une rue. En parallèle, nous avons également recherché les effets « perceptifs » de cette diffusion sur la perception de l'environnement sonore urbain.

### 2- Méthodes et étapes du travail

Le travail a été organisé en trois étapes. Dans un premier temps, nous avons cherché à montrer grâce à des simulations numériques, que la propagation du son dans une rue est effectivement très sensible à la morphologie réelle des façades. Dans un second temps, nous avons réalisé des tests d'écoute permettant d'évaluer l'influence de cette diffusion sur la représentation de l'environnement sonore urbain. Enfin, nous avons développé une méthode permettant de caractériser les façades par des lois de réflexion propres, lois qui peuvent ensuite être intégrées dans les outils de prévision classiques, de manière à en améliorer les résultats.

### 3- Résultats et perspectives

Dans la première partie de cette étude, nous avons montré que la diffusion de façade peut effectivement engendrer des processus de propagation du son très différents en fonction de la morphologie des façades. Ces effets se traduisent notamment au niveau de la réverbération sonore dans une rue, qui peut varier considérablement suivant la nature des façades (lisses ou très irrégulières par exemple). Concernant l'étude « perceptive », nous avons montré que l'impact de la morphologie des façades est beaucoup plus faible, et ne peut vraiment être démontré que dans certaines conditions d'écoute. En particulier, seule une personne réellement « experte » pourra percevoir ces effets de façade. Enfin, nous avons développé une approche permettant de caractériser une façade réelle par une loi de réflexion acoustique, loi qui peut ensuite être intégrée dans des logiciels classiques de cartographie acoustique, de manière à mieux prendre en compte les effets des façades. Même si cette méthode a permis d'obtenir des résultats satisfaisants dans le cadre de cette étude, il semble toutefois indispensable de proposer une approche alternative plus rapide et plus performante.

### 4- Livrables et retombées du travail

- Rapport final de l'étude (207 pages) ;
- Article dans la revue *Acoustique & Techniques* n°39, pages 17-26 (janvier 2005) ;
- Communications dans les congrès INTERNOISE (Prague, République Tchèque, 2004), EURONOISE (Tampere, Finlande, 2006), IAPS (Alexandrie, Egypte, 2006) et dans le Congrès Français d'Acoustique (Tours, France, 2006).

## Contacts

#### Financier :

MEDD/D4E/SRP

Gilbert CAPLAIN

Tél : 01 42 19 20 21

Courriel : [gilbert.caplain@ecologie.gouv.fr](mailto:gilbert.caplain@ecologie.gouv.fr)

#### Partenaire principal :

LCPC

Judicaël PICAUT

Tél : 02 40 84 57 89

Courriel : [Judicael.Picaut@lcpc.fr](mailto:Judicael.Picaut@lcpc.fr)

# **Efficacité environnementale des procédures d'aménagement et d'urbanisme proposée par la loi SRU. Application au bruit des trafics routiers**

Période : Avr. 2004 - Oct. 2005  
Coût total : 52 026 €  
Montant de l'aide : 43 415 € (Financement MEDD)

***Mots clés : loi SRU, plan local d'urbanisme, plan d'aménagement et de développement durable, bruit routier, action publique d'environnement et d'urbanisme, évaluation des politiques publiques, interdisciplinaire***

## **Présentation résumée**

Dans le champ de l'environnement notamment, les approches sont longtemps demeurées sectorielles et normatives, notamment du fait d'un arrimage déficient à certains instruments d'urbanisme. Au travers des Plans Locaux d'Urbanisme (PLU) et des Plans d'Aménagement et de Développement Durable (PADD), la loi Solidarité et Renouvellement Urbain (SRU) consacre l'approche transversale des phénomènes urbains, et alors notamment environnementaux, ainsi que la concertation avec les populations pour leur mise en place. Cette recherche s'est proposée d'observer grâce à l'analyse des politiques publiques, la sociologie politique et l'urbanisme, comment la problématique du bruit routier et de ses effets est saisie dans le cadre de telles évolutions tournées vers la transversalité et l'efficacité nouvelle des documents et outils de planification. L'analyse réalisée a permis de rendre compte des adaptations pratiquées tout à la fois en termes de production de connaissances sur le bruit routier (dimensions abordées, indicateurs utilisés, place de la cartographie et des SIG...), qu'en termes de procédures d'organisation (relations inter-services, concertations avec les populations locales...).

## **Summary**

Environmental efficiency of planning procedures proposed by SRU law (Urban Renewal and Sustainable Development). The case of road noise nuisances.

The emergence of the sustainable development principle, thanks to the recent innovations in French laws, is integrated progressively into political views and actions. For urban planning, the SRU law and its planning tool (PLU and PADD) propose a new transversal approach, making coherence between urbanism and environment. Because, the transportation noise has up to date not been really ceased by planning tools and procedures, this work wishes to apply this topic on the road transport noise, its effects, and the solutions projected in the context of the recent juridical evolutions. Our cross-disciplinary view (urban planning, political sciences, sociology and geography) allows a deep analyse of this environmental public policy. This approach requires interviews with political elected and technical staff. It also requires to observe the elaboration of the urban planning instruments in 10 cities of Ile-de-France. The analysis could allow to highlight the remaining impediments to new measures in the field of the road noise, and so to shape a typology of best practices.

## **Partenaire**

Centre de Recherche Espace, Transports, Environnement et Institutions Locales (CRETEIL - Université Paris XII)

## Présentation détaillée

### 1- Objectifs initiaux

L'objectif général du travail a été de mesurer l'efficacité sonore des PLU et PADD. Il a consisté plus précisément à révéler l'apport et les limites juridiques comme pratiques de la loi SRU concernant la lutte contre les nuisances sonores liées aux transports routiers. Cet objectif général a appelé au moins un autre objectif, corrélatif : de dresser à grands traits un bilan des actions de lutte contre le bruit routier, en insistant plus particulièrement sur les limites rencontrées pour l'application des instruments proposés de longue date par l'urbanisme (classement sonore des voiries, report dans les POS, comptabilité aux SDAU...). Ce bilan a aussi permis de mieux comprendre la philosophie qui a guidée les outils proposés par la loi SRU ou encore la place accordée aux diagnostics sonores et la cartographie par la Directive européenne de juin 2002. Puis, nous avons autant considéré l'intérêt procédural des PLU et PADD (ex : passerelles interservices, concertations locales) que les possibilités d'aborder le bruit routier selon des considérations substantielles complémentaires (ex : débats autour des indicateurs).

### 2- Méthodes et étapes du travail

Démarche pluridisciplinaire (analyse des politiques publiques d'environnement, droit...) appuyée sur méthodes et étapes séquencées : une analyse des (rares) évaluations de politiques de lutte contre le bruit ; trente entretiens approfondis avec des décideurs et techniciens de 10 communes ou intercommunalités d'Ile-de-France et 5 d'autres régions - ayant d'ores et déjà achevé ou entrepris un PLU ; et d'une analyse de documents d'urbanisme et de planification environnementale issus de la mise en œuvre de la loi SRU.

### 3- Résultats et perspectives

Outre le bilan sur les lacunes de l'approche urbanistique de l'environnement jusqu'au milieu des années 1990, ou les éclairages apportés sur certains points de tensions potentiels pour envisager l'articulation spatiale et la transversalité sectorielle, l'essentiel de ce travail réside dans la production de deux types de résultats : typologie des possibilités offertes et limites rencontrées pour orienter grâce aux PLU et PADD les actions d'aménagement et d'urbanisme vers une meilleure efficacité environnementale ; liste des actions engagées ou pressenties suite à la mise en œuvre des dispositifs d'encadrement des PLU et PADD (production de connaissances, création d'indicateurs de nuisances territorialisés, mise en complémentarité des schémas sectoriels de planification communale, procédures délibératives ou concertatives avec les populations, dispositifs de liaisons inter-services...). Les retombées escomptées sont l'aide à l'élaboration d'un référentiel de l'action urbaine environnementale.

### 4- Livrables et retombées du travail

A ce jour, nous envisageons plusieurs orientations pour valoriser les résultats. Il s'agit tout d'abord de modes conventionnels de diffusion de l'information (articles dans des revues scientifiques et formations universitaires en urbanisme). En outre, nous proposons ici de réaliser un fascicule de synthèse des bilans effectués et de la typologie dressée, et ce à destination des collectivités territoriales de la région Francilienne (format papier et électronique, fichier PDF sur CDRom).

## Contacts

#### Financier :

MEDD/D4E/SRP

Gilbert CAPLAIN

Tél : 01 42 19 20 21

Courriel : [gilbert.caplain@ecologie.gouv.fr](mailto:gilbert.caplain@ecologie.gouv.fr)

#### Partenaire principal :

Université Paris 12-CRETEIL

Guillaume FABUREL

Tél : 01 41 78 48 25

Courriel : [faburel@univ-paris12.fr](mailto:faburel@univ-paris12.fr)

# Pertinence des descripteurs d'ambiance sonore urbaine

Période : Juil. 2004 - Juil. 2006  
Coût total : 195 800 €  
Montant de l'aide : 112 943 € (Financement MEDD)

**Mots clés : Acoustique - perception - directive européenne - catégorisation - indicateurs**

## Présentation résumée

Répondre aux attentes du public en matière d'environnement sonore demande encore beaucoup d'efforts quant à sa description au moyen d'indices. Dans la logique de la directive européenne sur le bruit, le but de ce projet est d'améliorer la description de la perception sonore pour des sites urbains et pendant les périodes sensibles que constituent les périodes transitoires entre le jour et la nuit (premières heures du matin et soirée).

Le point de départ est la catégorisation perceptive des situations sonores urbaines. On a d'abord recensé toutes les variables qui jouent un rôle : elles caractérisent l'environnement, l'infrastructure et le véhicule. Puis on détermine les sites cruciaux où effectuer des mesures et des enquêtes de perception, ce qui permet d'établir une première classification.

Une deuxième classification est basée sur les mesures acoustiques, et une troisième sur des enquêtes perceptives. Elles permettent de dégager les variables acoustiques et perceptives influentes, et servent de base à des indices pertinents qui traduisent le vécu sonore des riverains.

## Summary

### Relevance of urban soundscape descriptors

Much research efforts on sound scape is still needed to answer the public demand concerning its description by means of indicators. Following the European directive on noise, the project aims at improving the description of sound perception in urban environments during the transition periods between night and day. These periods (early morning and evening) play a particular role in perception.

The project relies on the perceptive categorization of urban soundscapes. Firstly, all the variables are recensed: they concern the environment, the infrastructure and the vehicle. Then crucial situations are selected where to carry out the measures and the perceptive survey, which leads to a first classification.

A second classification is based on acoustical measurements, and a third one on free categorization of perceptive material. They enable to extract the acoustical and perceptive variables, and taken as a basis for pertinent indicators that can traduce the perception of the local population.

## Partenaires

### Partenaire principal :

Laboratoire d'acoustique musicale (LAM)

### Autres partenaires :

l'INRETS-LTE ; Politecnico di Torino-DITIC ; Acouphen

## Présentation détaillée

### 1- Objectifs initiaux

La « qualification » des ambiances sonores repose encore trop souvent aujourd'hui sur des mesures acoustiques en dB(A), incapables de traduire le vécu sonore des riverains.

Les apports attendus du projet sont donc :

- améliorer la description du bruit et de la perception sonore pour les sites urbains pendant les périodes sensibles (matinée et soirée)
- élaborer des indices sonores :
  - permettant une meilleure prise en compte des particularités du bruit urbain (émergences, tonalités marquées,...)
  - complémentaires à ceux préconisés par la directive européenne sur le bruit (Lden et Lnight)
  - Basées sur la catégorisation perceptive par des sujets humains

### 2- Méthodes et étapes du travail

L'approche retenue se décline en 5 étapes :

- Synthèse de toutes les variables jouant un rôle dans la description du bruit et de la perception
- Classification à partir des variables physiques
- Classification incluant des mesures acoustiques
- Catégorisation perceptive des zones urbaines
- Définition d'indice(s) sonore(s) adapté(s) à chaque catégorie

Les outils et méthodes sont d'une part la statistique et l'analyse des données, et d'autre part la catégorisation libre.

### 3- Résultats et perspectives

Les problèmes rencontrés sont liés à la grande abondance des descripteurs (environnement, infrastructure et véhicules) par rapport au nombre de sites acoustiquement décrits, ce qui restreint la portée de l'analyse des données et la validité des deux premières classifications. D'autre part, nous avons sous-estimé le travail lié à l'enregistrement et le dépouillement de la base de données sonores, et la difficulté à en extraire de courts extraits représentatifs des périodes sensibles.

Toutes ces difficultés pénalisent l'application concrète de ces recherches aux politiques publiques, d'autant plus qu'un aspect important - la notion de territorialisation - n'a pas été pris en compte. Par contre, ces recherches ont permis de développer un nouvel indicateur d'émergence qui rend mieux compte de la perception.

### 4- Livrables et retombées du travail

- 1 publication scientifique en cours

## Contacts

#### Financeur :

MEDD/D4E/SRP

Gilbert CAPLAIN

Tél : 01 42 19 20 21

Courriel : [gilbert.caplain@ecologie.gouv.fr](mailto:gilbert.caplain@ecologie.gouv.fr)

#### Partenaire principal :

Laboratoire d'acoustique musicale (LAM)

Jean-Dominique POLACK

Tél : 01 53 95 43 36

Courriel : [polack@ccr.jussieu.fr](mailto:polack@ccr.jussieu.fr)

# Pérennité acoustique des écrans antibruit

Période : Oct. 2004 - Oct. 2006  
Coût total : 179 000 €  
Montant de l'aide : 75 496 € (Financement ADEME)

**Mots clés : Ecran acoustique, mur antibruit, évaluation, pérennité**

## Présentation résumée

Cette étude a pour objet l'établissement d'un protocole permettant d'évaluer les modifications des performances acoustiques des écrans antibruit. A partir d'un diagnostic réalisé à l'aide d'outils simples, tout gestionnaire doit pouvoir évaluer l'état de son parc d'ouvrages. L'expertise terrain d'un échantillon représentatif des produits installés, ceux-ci étant répertoriés dans une base de données nationale, doit conduire à la production de recommandations utiles à la conception des futurs écrans et à la préparation des règles communautaires traitant de la pérennité des écrans acoustiques.

## Summary

## Partenaires

**Partenaire principal :**

IDETEC ENVIRONNEMENT

**Autres partenaires :**

SCETAURROUTE

## Présentation détaillée

### 1- Objectifs initiaux

La présente étude consiste à établir un protocole d'évaluation de la modification de la performance acoustique des écrans antibruits. Destiné aux différents Maîtres d'ouvrage (DDE, Services Techniques des Collectivités, RFF, ...), ce protocole doit permettre d'apprécier les modifications des performances acoustiques d'un ouvrage depuis sa mise en service, sans passer par une métrologie acoustique. Ce protocole s'appuiera sur un diagnostic simplifié réalisé, à priori, à partir d'observations facilement quantifiables à l'aide d'outils simples d'ouvrier, tels qu'on peut les trouver sur un chantier courant : mètre ruban, niveau à bulle, marteau, ...

### 2- Méthodes et étapes du travail

A partir d'informations recueillies dans les archives des appels d'offres, une base de donnée des écrans antibruit installés en France depuis 1994 sera développée. Pour chaque ouvrage les éléments caractérisant le marché (lieu, Maître d'ouvrage, ...), les produits (matériaux, fournisseurs, quantités mises en œuvre, ...), les intervenants (bureau d'études, architectes, entreprises,...) seront recherchés.

Une analyse critique de cette base de donnée permettra d'extraire un échantillon représentatif du parc d'ouvrage. Ces ouvrages ayant une ancienneté supérieure à 10 ans seront alors expertisés sur le terrain, expertise visuelle d'une part, selon un protocole de "diagnostic détaillé", expertise acoustique ensuite pour valider ou infirmer les observations. Sur la base de ces expertises, un protocole d'évaluation de la modification de la performance acoustique sera rédigé.

### 3- Résultats et perspectives

L'existence d'une base de donnée concernant les écrans antibruit français doit permettre de mesurer les évolutions de ce secteur d'activité tant en matière de technique, d'innovation, de quantités installées, de répartition, ...

La mise au point d'un protocole d'évaluation de la pérennité des performances acoustiques, doit conduire à la production de règles simples permettant aux Maîtres d'ouvrages d'évaluer l'état de leur parc d'ouvrage, et d'orienter leur politique d'investissement et de maintenance.

L'établissement d'une corrélation entre le diagnostic simplifié et la modification des performances acoustiques depuis la mise en service, doit également conduire à la production de recommandations utiles pour la conception des écrans futurs, et la garantie de leur pérennité. Ces observations permettront notamment d'étayer le contenu normatif des prochaines règles communautaires en cours de préparation à Bruxelles.

### 4- Livrables et retombées du travail

Publications de données concernant le parc actuel français,

Publication d'un protocole d'évaluation de la pérennité des performances acoustiques d'un écran antibruit,

Publication de recommandations et de règles techniques de conception et de mise en œuvre.

## Contacts

#### Financier :

ADEME/DTM

Emmanuel THIBIER

Tél : 04 93 95 79 00

Courriel : [emmanuel.thibier@ademe.fr](mailto:emmanuel.thibier@ademe.fr)

#### Partenaire principal :

IDETEC ENVIRONNEMENT

G. GIORA

Tél : 01 69 30 34 62

Courriel : [info@idetec-sas.fr](mailto:info@idetec-sas.fr)

# Bruit et vibration des tramways : caractérisation des sources et évaluation de la perception

Période : Mars 2005 - Sept. 2007  
Coût total : 1 100 699 €  
Montant de l'aide : 276 764 € (Financement ADEME)

**Mots clés : perception, gêne, descripteur, bruit, vibration, tramway**

## Présentation résumée

L'objet de ce projet de recherche est de mettre en évidence les situations susceptibles de créer une gêne chez les riverains des lignes de tramway, sur le plan du bruit et des vibrations. Il comprend une approche physique avec modélisation des sources et de leur mode de propagation ainsi qu'une démarche psychosociologique incluant une enquête auprès de riverains.

Ce projet comporte quatre volets : le volet 1, psychosociologique, est une étude *in situ* de la perception du bruit du tramway, ayant pour objectif d'identifier les descripteurs acoustiques pertinents de la gêne due au tramway ; les volets 2 et 3 constituent la partie physique de ce projet, ils visent à la compréhension des mécanismes fondamentaux de génération et de propagation du bruit et des vibrations et à l'amélioration des connaissances en matière d'émission sonore et vibratoire des tramways ; enfin la confrontation des résultats de ces trois premiers volets fait l'objet du quatrième volet de synthèse.

## Summary

This research project aims at highlighting the situations likely to create annoyance at the residents of the tram lines, in the field of noise and vibrations. This project includes both a physical approach with the modeling of the sources and of their way of propagation, as well as some psychosociological approach including a survey of residents.

This research project comprises four parts : the first part, psychosociological, is an *in situ* study of the perception of the tram noise, whose purpose consists in identifying the relevant acoustic descriptors for the annoyance due to the tram; parts 2 and 3 constitute the physical part of this project, they aim to the comprehension of the fundamental mechanisms of generation and propagation of noise and vibrations, and to the improvements of the knowledge concerning sound and vibratory radiations of the trams ; finally the confrontation of the results of these first three parts is the purpose of the fourth part as a synthesis.

## Partenaires

### Partenaire principal :

SerdB (Société d'Etudes et de Réalisations pour la Diminution du Bruit)

### Autres partenaires :

INRETS (Institut National de REcherche sur les Transports et leur Sécurité)

ECN (Ecole Centrale de Nantes)

CDM (Composite Damping Material)

SEMITAN (Société d'Economie Mixte des Transports de l'Agglomération Nantaise)

## Présentation détaillée

### 1- Objectifs initiaux

L'originalité du projet et son ambition résident dans le fait qu'il prévoit d'une part de décrire des situations types de gêne due au bruit du tramway et, d'autre part, de rechercher des concordances entre les modèles issus des études des sources acoustiques et vibratoires, et la perception du tramway par des riverains. La mise en évidence de congruences entre les modèles physiques et les situations-types de gêne caractérisées par des déterminants acoustiques conduira à la proposition de recommandations à l'usage des décideurs et des exploitants.

Le **premier objectif** vise à évaluer l'intérêt d'intégrer dans les descripteurs acoustiques de la gêne la contribution des différentes sources de bruit élémentaires (roulement, motorisation, équipements électriques, bruit solidien).

Le **second objectif** est de fournir des recommandations quant à l'usage de descripteurs acoustiques appropriés au bruit du trafic de tramway. Ces recommandations pourront s'adresser tant aux décideurs (réglementation) qu'aux exploitants des réseaux de tramway (aménagement).

### 2- Méthodes et étapes du travail

Une enquête par questionnaire a été réalisée auprès d'un échantillon de 370 riverains environ de lignes de tram de la ville de Nantes et complétée par une campagne de mesures de longue durée. L'exploitation des mesures acoustiques permet de calculer différents indices d'exposition relatifs au bruit des tramways. Les données issues de l'analyse des réponses au questionnaire sont analysées puis confrontées aux résultats des mesures acoustiques pour identifier les descripteurs acoustiques pertinents de la gêne due au bruit du tramway.

Une campagne de mesures acoustiques et vibratoires est réalisée afin de caractériser l'émission du tramway, sur la base de deux générations de matériel roulant, de plusieurs types de pose de voie et de revêtement de plate-forme (mesures réalisées sur le réseau nantais), tant sur le plan acoustique (puissance, directivité et caractérisation des principales sources) que sur celui des vibrations (effort injecté dans le rail, niveaux vibratoires sur et à proximité de la plate-forme).

Des modèles numériques sont construits à partir des résultats issus de la campagne de mesure. L'effet du type de rue et le bruit de grondement sont également étudiés.

### 3- Résultats et perspectives

Etude en cours

### 4- Livrables et retombées du travail

La valorisation des résultats obtenus à l'issue de ce projet est envisagée sous plusieurs aspects :

- Une information spécifique relative à la bonne intégration des tramways en milieu urbain. Cette information sera mise à la disposition des services publics.
- La mise à disposition des connaissances acquises auprès de la communauté scientifique par le biais de communications dans des colloques ou des publications dans des revues de grande audience.
- La participation possible à un groupe de travail normatif sur le sujet du bruit et des vibrations liés au tramway.

## Contacts

#### Financier :

ADEME/DTM

Emmanuel THIBIER

Tél : 04 93 95 79 00

Courriel : [emmanuel.thibier@ademe.fr](mailto:emmanuel.thibier@ademe.fr)

#### Partenaire principal :

SerdB

Thierry LEGOUIS

Tél : 02 40 34 11 22

Courriel : [contact@SerdB.com](mailto:contact@SerdB.com)

# Evaluation de la qualité des ambiances sonores urbaines

Période : Mars 2005 - Sept. 2006  
Coût total : 221 999 €  
Montant de l'aide : 160 000 € (Financement MEDD)

**Mots clés : qualité des ambiances sonores urbaines - représentation cartographique adaptée à la communication avec les riverains - approche perceptive - indicateurs pertinents.**

## Présentation résumée

Le programme de cette recherche porte sur l'étude de la perception sonore des résidents dans un site urbain, considéré comme lieu de vie.

Cette étude permet de mieux modéliser et représenter les réactions de gêne sonore en ville, en particulier la perception des sources sonores qui vont générer cette insatisfaction.

Tout d'abord, une recherche d'indicateurs de qualité sonore adaptés au type de source mesurée est menée de manière à ne plus se limiter à la mesure d'indices purement énergétiques, mais à intégrer la perception de « l'objet bruit » identifié par le riverain. Ces nouveaux indicateurs permettent de mieux traduire les données sensibles des résidents et d'être ainsi plus proche de leur vécu. Un outil de calcul automatique de l'indicateur est ensuite développé sous forme de logiciel de mesure. Cet outil de monitoring permet d'identifier les sources sonores responsables du désagrément à partir du signal audio mesuré.

A titre d'expérimentation, 3 points de mesures sont installés dans le quartier Montsouris à Paris. Le rapatriement des mesures permet de visualiser le calcul des nouveaux indicateurs dans une cartographie sonore animée à l'échelle de vie des résidents et directement applicable vis-à-vis de la directive européenne 2002/49/CE en vue de communiquer avec le public.

## Summary

The European Directive 2002/49/CE proposes the Lden and/or the Lnight criteria to assess noise impact on populations. These indicators are based on an average of the noise levels over long periods. When an infrastructure is not subjected to an important and regular flow of vehicles but rather with specific events that emerge from the background noise, the major influence on inhabitant's feelings is the nature of the sound sources identified. Moreover, although mechanical sounds are perceived negatively, some urban locations are perceived as pleasant (for instance a park or a market) due to the presence of birds or voices. The goal of this project is to create a general system that provides an efficient representation of the acoustic environment i.e. in respect to what citizens perceive and describe. Monitoring systems located in strategic areas compute in real time a noise disturbance indicator which is based on the identification of six categories of sound sources. Strategic time-evolutionary mappings are produced on GIS presenting different coats such as sound sources identification and the indicator that renders the positive or negative appreciation of the soundscape quality. An experiment is conducted in a Parisian neighbourhood.

## Partenaires

**Partenaire principal :**  
LASA

**Autres partenaires :**  
Université de Cergy Pontoise (Laboratoire MRTE) - ARKAMYS - SONY CSL PARIS - MAIRIE de PARIS, Service de l'Ecologie Urbaine

## Présentation détaillée

### 1- Objectifs initiaux

Le projet présente trois objectifs. Il se propose tout d'abord d'établir un indicateur de qualité sonore représentatif d'ambiances de quartier et prenant en compte l'identité des sources de bruit. Cet indicateur a vocation à être convenablement compris et interprété par les usagers de la ville car proche de leur ressenti.

D'autre part, ce projet propose le développement d'un logiciel permettant le calcul automatique de cet indicateur à partir d'une mesure audio. Ce logiciel réalise en particulier l'identification automatique des sources de bruits responsables des nuisances sonores.

Enfin, le projet se concrétise par la réalisation d'un outil (prototype) de communication à travers la mise en cartographie des données (indicateur, événements sonores superposés à des données géographiques).

### 2- Méthodes et étapes du travail

Le projet se décompose en trois parties. Tout d'abord, il établit un indicateur de qualité sonore représentatif d'ambiances de quartier et prend en compte l'identité des sources de bruit. Cet indicateur est une régression linéaire dont les variables sont le niveau sonore (Niveau LAeq en dB(A)) et le pourcentage de temps d'apparition de 6 catégories de sources (voitures, cyclomoteurs, motos, bus, voix et oiseaux). Cet indicateur, complémentaire de l'indicateur  $L_{den}$  préconisé par la directive européenne 2002/24/CE, a été établi à partir de tests psychoacoustiques, tant en laboratoire qu'in-situ, sur un panel de plus de 80 personnes.

Ensuite, le projet consiste à développer un logiciel permettant le calcul automatique de cet indicateur à partir d'un signal audio numérisé. Ce logiciel réalise en particulier l'identification automatique des sources de bruits responsables des nuisances sonores.

Enfin, le projet se concrétise par la réalisation d'un outil de communication à travers la production de cartographie des données (indicateur de qualité sonore, événements sonores superposés à des données géographiques). Trois points de mesures sont installés dans le quartier Montsouris à Paris permettant de fournir des données qui sont intégrées dans le Système d'Information Géographique (SIG) ArcView.

### 3- Résultats et perspectives

La recherche a permis de proposer un indicateur de « désagrément sonore » qui s'appuie non seulement sur la force sonore ressentie par les usagers de la ville, mais aussi sur des caractéristiques temporelles propres aux événements sonores qui s'y produisent. Pour le rendre d'autant plus performant, cet indicateur nécessite d'autres tests qui permettront de prendre en compte l'influence des lieux et les moments de la journée pour lesquels sont effectuées les caractérisations, ainsi que la prise en compte d'un plus grand nombre de sources sonores.

Le produit développé dans le cadre du projet est un prototype permettant d'offrir aux acteurs compétents, tant pour l'établissement de cartes de bruits que pour la mise en place des plans de préventions, un outil de diagnostic axé plus particulièrement sur les ambiances sonores de quartiers. A terme, cet outil a également vocation à être utilisé pour croiser des données perceptives en termes de qualité sonore à des données sociales.

### 4- Livrables et retombées du travail

Les livrables sont : un indicateur de « désagrément sonore », un logiciel réalisant l'identification automatique des sources sonores reconnues comme ayant une influence sur la perception du désagrément (cyclomoteurs, motos...) et le calcul de l'indicateur de désagrément sonore, un outil web de représentation spatiale des données (sources sonore et indicateur) et un outil de représentation géographique des données (sources sonore et indicateur).

Les publications propres au projet sont, en autres :

- Caractérisation de la qualité sonore de l'environnement urbain : une approche physique et perceptive basée sur l'identification des sources sonores, Thèse de Doctorat de l'Université de Cergy-Pontoise. Décembre 2005, Boris DEFREVILLE

- Modèle de caractérisation du désagrément sonore en milieu urbain, basé sur l'identification des sources, élaboré à partir d'un test sur site, Arnaud CAN, Boris DEFREVILLE, Catherine LAVANDIER. 8<sup>ème</sup> Congrès français d'acoustique, Tours, 24-27 avril 2006

## Contacts

#### Financeur :

MEDD/D4E/SRP

Gilbert CAPLAIN

Tél : 01 42 19 20 21

Courriel : [gilbert.caplain@ecologie.gouv.fr](mailto:gilbert.caplain@ecologie.gouv.fr)

#### Partenaire principal :

LASA

Boris DEFREVILLE

Tél : 06 62 76 18 58

Courriel : [boris.defreville@orelia.fr](mailto:boris.defreville@orelia.fr)

# MIMOSA : Méthodes Innovantes pour la MOdélisation des Sources Aéroacoustiques

Période : Mars 2005 - Déc. 2007  
Coût total : 1 341 181 €  
Montant de l'aide : 566 222 € (Financement ADEME)

**Mots clés : aéroacoustique - antennerie - simulations Boltzmann sur Réseau**

## Présentation résumée

Le projet de recherche MIMOSA a pour objectif d'améliorer la compréhension des mécanismes d'émission des sources aéroacoustiques qui sont à l'origine du bruit aérodynamique des transports terrestres, afin de mieux les caractériser et les prédire. Pour cela, les travaux réalisés concernent le développement et la mise au point d'outils, aussi bien expérimentaux que numériques.

## Summary

MIMOSA : New methods for aero acoustic sources modelisation

The aim of this project is to increase our understanding of emission mechanisms of aero acoustic sources of the surface transport vehicle (road and railway) for a better characterization and prediction. The work programme will develop and adapt experimental and numerical tools. The main results expected are :

- wind tunnel measurements of aero acoustic sources by a suitable array system
- development of aero acoustic transposition rules
- simulation of aero acoustic sources and their near field propagation with the Lattice Boltzmann method,
- integration of aero acoustic sources in far field propagation and structural coupling algorithms,
- study and optimization of shapes and technical solutions to reduce the aerodynamic noise of road and rail vehicles thanks to the tools developed within the project.

## Partenaires

### Partenaire principal :

RENAULT Recherche Innovation

### Autres partenaires :

ALSTOM Transport - SNCF - Ecole Centrale de Lyon - Université Paris 6 - Signal Développement

## Présentation détaillée

### 1- Objectifs initiaux

Les principaux objectifs de l'étude sont :

- la mesure des sources aéroacoustiques en soufflerie par un système d'antennerie évolué,
- la mise au point de règles de similitude pour l'aéroacoustique,
- la simulation des sources aéroacoustiques et leur propagation en champ proche du véhicule simultanément, par la méthode Boltzmann sur Réseau,
- l'expression des termes sources aéroacoustiques en vue de leur intégration dans les outils de calcul de propagation en champ lointain et de couplage avec la structure,
- l'étude et l'optimisation de formes et de solutions techniques visant à réduire le bruit aérodynamique des trains et des voitures, en appliquant les résultats expérimentaux et numériques du projet.

### 2- Méthodes et étapes du travail

Le programme de travail a été organisé suivant trois étapes. La première a consisté en la réalisation d'une base de données expérimentale très complète sur maquette académique et en la mise au point des mesures d'antennerie. La base de données académique permet de valider les outils tant expérimentaux que numériques avant leur application aux cas réels. La deuxième partie du travail, qui s'est déroulée en tâche de fond, concernait la simulation numérique avec le développement d'un code académique (L-BEAM) capable de simuler les sources de bruit aérodynamique et leur propagation en champ proche. Enfin, une dernière étape est consacrée à l'application des calculs et des mesures aux cas réels des trains et voitures. Des maquettes de dimensions différentes et comportant des modifications de formes ont donc été étudiées.

### 3- Résultats et perspectives

Les principaux résultats obtenus par la recherche sont :

- la réalisation d'essais très complets dans la soufflerie de ECL et dans la soufflerie S2A :
- sur une maquette académique de référence à 3 échelles différentes
- sur maquette de train échelle 1/20e et 1/7e, avec différentes modifications dans la région du bogie
- sur maquette de voiture échelle 2/5e et 1/1, avec modifications de la forme du rétroviseur
- des techniques d'antennerie améliorées prenant en compte la traversée de l'écoulement et la directivité des sources
- un code de calcul académique appelé L-BEAM basé sur la méthode Boltzmann sur Réseau
- des calculs aéroacoustiques de voiture, train et maquette de référence avec PowerFLOW
- une formulation de sources pour propagation en champ lointain.

### 4- Livrables et retombées du travail

Expérimentalement, la connaissance et les outils développés dans le projet vont permettre aux constructeurs ALSTOM et RENAULT de mieux maîtriser les émissions acoustiques de leurs véhicules. Sur le plan de la simulation numérique, le travail de recherche sur la méthode Boltzmann sur Réseau va permettre de développer, à moyen terme, la compétence scientifique française sur cette méthode, qui présente un fort potentiel pour le calcul des phénomènes aéroacoustiques des transports terrestres. Enfin, de façon plus globale, la caractérisation précise, par la mesure ou le calcul, des sources aéroacoustiques des véhicules servira d'entrée à des calculs de propagation en environnement, qui ont été développés et mis au point dans le projet européen HARMONOISE, dans lequel était impliquée la SNCF.

## Contacts

#### Financier :

ADEME/DTM  
Bertrand-Olivier DUCREUX  
Tél : 04 93 95 79 00  
Courriel : [bertrand-olivier.ducieux@ademe.fr](mailto:bertrand-olivier.ducieux@ademe.fr)

#### Partenaire principal :

RENAULT Recherche Innovation  
Virginie MAILLARD  
Tél : 01 76 85 34 43  
Courriel : [virginie.maillard@renault.com](mailto:virginie.maillard@renault.com)

# SONVERT : SimulatiON bruit VEhicules Routiers & Trafic

Période : Mars 2005 - Mai 2007

Coût total : 901 685 €

Montant de l'aide : 292 869 € (Financement ADEME)

**Mots clés : Mesures expérimentales - Simulation numérique - Macro-source**

## Présentation résumée

L'objectif de ce projet est de créer le lien entre la caractérisation des sources acoustiques des véhicules et leur environnement. S'appuyant sur des méthodologies éprouvées, il introduit la notion de macro-source qui offre une représentation globale des principaux acteurs sonores : moteur, pneumatiques et échappement. Chaque constituant est identifié séparément selon les plages de fréquences à partir de mesures effectuées sur véhicules réels. La macro source est ensuite intégrée à une approche originale qui permet de prendre en compte les principaux paramètres des flux de circulation et d'urbanisme. La méthodologie proposée a donc pour ambition de fournir une méthodologie globale d'étude du bruit de circulation.

## Summary

The purpose of this project is to create a link between the acoustical sources on a car and the environment in terms of traffic and architecture. Based on well validated approaches, it introduces the notion of a 'global-source' which integrates the major acoustic sources: engine, tyres and exhaust. Each source is identified separately, taking into account the low and high frequency aspects, from measurements made on real vehicles. The global source is then integrated into an original approach which can deal with outdoor aspects. The proposed approach can consequently be seen as a first step towards a global approach for the study of traffic noise in real conditions.

## Partenaires

### Partenaire principal :

Faurecia

### Autres partenaires :

ESI, CSTB, InterAc

## Présentation détaillée

### 1- Objectifs initiaux

L'objectif de ce projet est d'établir et de démontrer la faisabilité d'une nouvelle méthodologie de qualification du bruit généré au passage d'un ou d'un ensemble de véhicules routiers en associant des techniques de caractérisation expérimentales et des outils d'analyse et de simulation numérique. Ce projet conduira à la mise en place d'une méthodologie de qualification de l'émission sonore des véhicules automobile. L'approche proposée se veut adaptée à une intégration du véhicule dans son environnement de fonctionnement (trafic urbain, autoroute, ...).

### 2- Méthodes et étapes du travail

La qualification de l'émission sonore repose sur une analyse préalable des éléments et facteurs physiques générateurs de bruit, sur une méthodologie d'assemblage de ces sources dans l'environnement proche du véhicule constituant ainsi une "macro-source" de bruit et sur une technique de propagation dans un environnement donné.

Il s'agit de caractériser par voie hybride (expérimentale/numérique) les principales sources contribuant au bruit externe (groupe moto propulseur, échappement, contact pneu-chaussée, ...), de ramener la contribution de ces sources au niveau de la frontière extérieure du véhicule définissant ainsi la dite macro-source, de simuler l'émission du bruit en utilisant une technique adaptée à la prise en compte des obstacles, et adaptée aux traitements de nature stochastique. En effet, selon que cette macro-source est répertoriée en tant que telle ou en tant qu'un individu faisant partie d'une population au sens stochastique du terme, la technique de propagation proposée est adaptée à :

- l'estimation de la contribution du véhicule à la gêne sonore,
- l'estimation du niveau de gêne sonore par un ensemble d'individus en intégrant les paramètres du trafic et de l'urbanisme immédiat (largeur des rues...).

En ce sens, la méthodologie proposée constitue donc une approche originale qui ouvre une perspective en vue de prédire le niveau de gêne sonore en fonction des *conditions de trafic*.

### 3- Résultats et perspectives

La prise en compte de plus en plus précoce de l'impact de solutions isolantes-absorbantes est indispensable et les outils de prédiction sont aujourd'hui des préalables à la construction de futurs véhicules acoustiquement performants. L'ensemble des outils de simulation mis en œuvre dans SONVERT permettent, grâce à des modules spécifiques (Rayon-PEM, AutoSEA Foam Module, Maine3A en tant que plug-in d'ICARE...), la simulation de solutions de traitement acoustique véhicule en isolation et en absorption. Ces outils permettront le dimensionnement et l'optimisation fine de ces solutions dans leur environnement et en conditions de fonctionnement, ainsi que leur impact en champ proche et en champ lointain (bruit urbain ou routier). De plus l'impact sur l'environnement des pièces de traitement acoustique proposées aujourd'hui est mal connu et le développement judicieux de ces pièces nécessite des outils de prédiction prenant en compte l'ensemble des sources.

## Contacts

#### Financier :

ADEME/DTM

Emmanuel THIBIER

Tél : 04 93 95 79 00

Courriel : [emmanuel.thibier@ademe.fr](mailto:emmanuel.thibier@ademe.fr)

#### Partenaire principal :

Faurecia

Jean-François RONDEAU

Tél : 03 24 22 74 79

Courriel : [jrondeau@mouzon.faurecia.com](mailto:jrondeau@mouzon.faurecia.com)

# Le poids des territoires dans le vécu des nuisances sonores. Des méthodes pour l'analyse et l'aide à la décision

Période : Mai 2005 - Juil. 2007  
Coût total : 67 012 €  
Montant de l'aide : 32 880 € (Financement ADEME)

**Mots clés : perception et vécu sonores, territoires, sciences humaines et sociales, interdisciplinarité, méthodes d'observation, aide à la décision, référentiel de l'action**

## Présentation résumée

L'évaluation des nuisances sonores liées aux bruits des transports, ainsi que les actions menées par les pouvoirs publics et privés pour les réduire demeurent à ce jour largement orientées vers l'objectivation acoustique. Elles portent donc principalement regard sur les caractéristiques physiques des sons. Plusieurs travaux de sciences sociales et humaines ont de longue date montré l'influence de paramètres individuels et collectifs dans la perception et le vécu du bruit. Surtout, certains ont déjà mis en avant le rôle du rapport qui unit les personnes et collectivités à leurs territoires de vie dans le vécu sonore. Cette recherche a visé à réunir les principales compétences de sciences humaines et sociales sur la question (psychologie cognitive et sociale, sociologie de l'environnement, géographie sociale, économie spatiale et sciences politiques) pour proposer, à la suite d'un séminaire avec les acteurs et leurs attentes, un état de l'art des acquis scientifiques sur la question (synthèse de recherches), un guide des méthodes disponibles et de leur opérationnalité, et une réflexion sur les modalités de leur usage dans le champ de l'action transport, environnement et urbanisme/aménagement.

## Summary

The evaluation of transportation noise effects, as well as the actions carried out by the authorities to face them, remain to date largely directed towards acoustics. They thus deal mainly with physical characteristics of the sound environment. However, several works of social and human sciences date shown the influence of individual and collective parameters in sound perception and sensitiveness to noise. Especially, some already demonstrated the role of territories (communities belonging, place attachment, social organisation...) in perceptions, feelings and sensitiveness. This research aimed at joining together principal competences of social sciences on the question (cognitive and social psychology, environmental sociology, social geography, land economics and political sciences) to propose, following a seminar with the actors and their wishes, a state of the art of the scientific results on the question (synthesis of research), a guide of the methods available and their operationally, and a about their use feasibility in the sphere transports, environment and urban planning decision making.

## Partenaires

### Partenaire principal :

Centre de Recherche Espace, Transports, Environnement et Institutions Locales (CRETEIL - Université Paris XII)

### Autres partenaires :

Laboratoire de Psychologie Environnementale (CNRS - Université de Paris V)

Centre de Recherche sur l'Espace Sonore et l'Environnement Urbain (CNRS - Ecole d'architecture de Grenoble),

Laboratoire d'Acoustique Musicale (CNRS - Université Paris VI - Ministère de la Culture),

Laboratoire Société, Environnement, Territoires (UMR CNRS - Université de Pau et des Pays de l'Adour)

Avec le soutien de l'Institut Français de l'Environnement (Observatoire des Pratiques et Représentations Sociales de l'Environnement)

## Présentation détaillée

### 1- Objectifs initiaux

Plusieurs travaux ont déjà mis en avant le rôle du rapport qui unit les personnes et collectivités à leurs territoires de vie dans le vécu sonore. Sans prétendre à une synthèse par le territoire, ces acquis pourraient néanmoins aider à bâtir plusieurs passerelles : tout à la fois au sein du champ scientifique entre disciplines ayant longtemps abordé la question des phénomènes sonores et de leur vécu sous des angles bien distincts ; puis, et peut-être surtout, entre le champ scientifique et les sphères de la décision et de l'action en matière de transports, d'environnement, d'aménagement et d'urbanisme. A condition de mener une réflexion interdisciplinaire, en lien avec une connaissance précise des référentiels de l'action en la matière.

### 2- Méthodes et étapes du travail

Autour de la relation entre nuisances sonores, gêne et vécu territorial, un séminaire entre 12 chercheurs et 30 acteurs publics (centraux, territoriaux, opérateurs de transports...) et privés du domaine en milieu urbain a été organisé. Il a été préparé par une recension documentaire des acquis scientifiques de 5 laboratoires de recherche ; et par une série d'entretiens auprès de ces acteurs afin de produire un état des lieux de leurs pratiques des outils d'évaluation et de gestion territoriale des nuisances sonores, puis d'identifier les facteurs qui pourraient avoir une influence sur leur motivation à participer à des réflexions avec les chercheurs en sciences humaines et sociales sur ce sujet, et à utiliser les diverses méthodes arrivées à maturité dans ce domaine.

### 3- Résultats et perspectives

Les résultats attendus sont de disposer d'un guide actualisé présentant objets, méthodes et données de recherche finalisée, guide ayant pour particularités : de réunir les efforts d'étude et de recherche des principaux contributeurs scientifiques français sur la question ; et d'avoir été élaboré en tenant compte des attentes exprimées par les acteurs lors d'un débat et d'entretiens et surtout éclairé par les connaissances actuelles sur les référentiels de l'action, centrale et territoriale. Toute la difficulté a donc été de bâtir dialogues et passerelles en vue de proposer des outils acceptables et appropriables conjointement par plusieurs disciplines de recherche et par plusieurs et échelles de la décision publique.

En termes de retombés, ce guide est conçu pour tout à la fois penser les modalités de construction d'indicateurs complémentaires à l'acoustique (Directive européenne de juin 2002), plus ouverts aux dimensions psychosociologiques et territoriales, et pour aussi mobiliser les compétences de l'aménagement et l'urbanisme dans la perspective des plans d'action incités par cette même directive.

### 4- Livrables et retombées du travail

A l'issue de cette recherche, un ouvrage collectif sera produit. Il aura pour objectif premier de constituer un guide, donc d'exposer d'abord les méthodes, instruments et indicateurs permettant de mieux intégrer paramètres psychosociologiques et politiques dans les actions territoriales de lutte contre le bruit. Un séminaire de restitution à l'adresse des acteurs conviés au premier séminaire est aussi envisagé.

## Contacts

#### Financier :

ADEME/DBU

Anne GRENIER

Tél : 04 93 95 79 00

Courriel : [anne.grenier@ademe.fr](mailto:anne.grenier@ademe.fr)

#### Partenaire principal :

Université Paris 12

Guillaume FABUREL

Tél : 01 41 78 48 25

Courriel : [faburel@univ-paris12.fr](mailto:faburel@univ-paris12.fr)

# PROSODIE : PROpulsion Silencieuse Optimisée Dimensionnée pour l'Environnement

Période : Août 2005 - Août 2008

Coût total : 4 367 000 €

Montant de l'aide : 994 000 € (Financement ADEME Plan VPE)

**Mots clés : acoustique - ferroviaire - train - chaîne de traction - moteur électrique - transformateur - convertisseur de puissance - rhéostat de freinage - vibration - bruit électrique/électromagnétique - bruit aéraulique - thermique - ventilation**

## Présentation résumée

L'approche usuelle de l'acoustique des systèmes de traction ferroviaire consiste à décrire les phénomènes acoustiques à partir d'un système d'équations établies en aval des phases de conception classique, et à traiter les problèmes de bruits comme étant une résultante de cette conception (constat et mesures curatives).

Le projet PROSODIE vise une approche innovante pour le Secteur Ferroviaire par l'étude de l'acoustique comme un produit de la thermique système via les besoins en ventilation, et de l'électronique système via les pertes harmoniques. En d'autres termes, il s'agit d'intégrer la dimension acoustique dès les études de dimensionnement électrique et thermique.

Les études portent sur la réduction des bruits à la source, et non sur le traitement des voies de transmission.

L'expérience d'ALSTOM Transport montre qu'un progrès qualitatif [tonalité] ou quantitatif [niveau de bruit] à la source génère un progrès pour l'utilisateur et/ou le riverain du système de transport. Les travaux feront largement appel aux simulations numériques basées sur des méthodes de calculs complexes. L'objectif du Projet PROSODIE est d'aboutir au développement d'un système de traction plus silencieux grâce à la mise en œuvre d'outils performants d'ingénierie simultanée multi-métiers.

## Summary

In the standard way, acoustic analysis of rolling stock traction systems consists principally in resolving noise problem due to thermic and electrical power design (statement following to curative action).

Within PROSODIE project, an innovating approach has to be developed in rolling stock field: acoustic studies have to be integrated in traction systems design. Noise has to be taken in account during cooling and electrical system analysis.

Return of experience from ALSTOM Transport show that advancements on sources about quality of noise or level of noise are appreciated by travelers and by the people who live along the track.

PROSODIE project actions turn on noise reduction of sources and not on improvement of path transmission to carbody. Most of works will be based on very accurate numerical calculations using powerful simulation tools.

Final objective is to develop numerical methods (methods will be validated with acoustic tests on existing traction sub-systems) to predict in the best way noise from aeraulic network and from electrical components in order to design silent traction systems.

## Partenaires

### Partenaire principal :

ALSTOM Transport

### Autres partenaires :

EuroXA - Vibratex - Centrale Lille (L2EP) - Institut Jean Le Rond D'Alembert\_Université P et M Curie Paris VI (anciennement L.M.M.)

## Présentation détaillée

### 1- Objectifs initiaux

- Compréhension des phénomènes générant les bruits (en particulier bruits électriques et bruits aérauliques) ;
- Développement d'un code de prédiction du niveau de bruit issu des sources électriques ;
- Développement de méthodes de simulation thermique et aéro-acoustique permettant de dimensionner les systèmes de refroidissement des systèmes de traction ;
- Validation des codes de calcul simulant les bruits électriques et les bruits aérauliques à travers des campagnes d'essais sur systèmes/composants de traction existants ;
- Mise en œuvre d'un moyen d'essai acoustique pour systèmes de traction ;
- Recherche et validation de solutions d'amélioration ainsi que mise en place de méthodes d'optimisation multi-objectifs ;
- Mise en œuvre d'un prototype de système de traction à faible niveau de bruit.

### 2- Méthodes et étapes du travail

Etude bruits électriques :

- Bibliographie ;
- Mise en œuvre d'un modèle analytique vibro-acoustique validé par éléments finis (utilisation des logiciels Nastran et SYSNOISE) ;
- Recalage par essais ;
- Optimisation de la conception électrique (réduire les bruits tout en garantissant les autres critères de dimensionnement).

Etude bruits aérauliques :

- Bibliographie ;
- Développement de méthodes numériques (TVBC method, « sliding mesh ») simulant le bruit généré par les ventilateurs à l'aide du logiciel PowerFLOW (code développé par EuroEXA) ;
- Validation scientifique des codes de calcul PowerFLOW ;
- Mise en place d'un banc d'essais acoustiques ;
- Validations expérimentales des résultats numériques ;
- Recherche de solutions d'amélioration au niveau des circuits aérauliques.

### 3- Résultats et perspectives

Les perspectives des recherches sont :

- une meilleure compréhension des phénomènes à l'origine des bruits électriques et aérauliques ;
- le développement de méthodes numériques pouvant prédire les niveaux de bruit des équipements de traction en phase de conception (méthodes à valider) ;
- l'analyse de solutions d'amélioration permettant de réduire les émissions sonores et la mise en place d'une méthodologie d'optimisation applicable lors des phases de conception des futurs produits ;
- la mise en œuvre d'une infrastructure d'essais acoustiques pour les chaînes de traction permettant d'accroître les capacités d'innovation dans le domaine acoustique.

### 4- Livrables et retombées du travail

- Publications scientifiques (2 doctorants affectés au projet) ;
- Mise en place d'un banc d'essais acoustiques pour les équipements de traction ;
- Production de recommandations en conception ("guidelines") destinées à l'ensemble des ingénieurs des bureaux d'études Traction d'Alstom Transport afin de concevoir des systèmes de Traction plus silencieux.
- Amélioration du bilan environnemental des systèmes de traction avec la réduction des émissions sonores (la lutte contre le bruit est un objectif majeur dans le transport ferroviaire) ;
- Renforcement de l'avance technologique française face aux concurrents bas-coûts (la conception d'équipement silencieux est un enjeu stratégique de la compétitivité des matériels roulants ferroviaires).

## Contacts

#### Financier :

ADEME/DTM

Bertrand-Olivier DUCREUX

Tél (standard) : 04 93 95 79 00

Courriel : [bertrand-olivier.ducieux@ademe.fr](mailto:bertrand-olivier.ducieux@ademe.fr)

#### Partenaire principal :

Alstom transport

Laurent Nicod (resp. administratif), Sylvain Recorbet (étude aéraulique)

Tél : 05 62 53 48 57 (L. Nicod) ; 05 62 53 48 43 (S. Recorbet)

Courriel : [laurent.nicod@transport.alstom.com](mailto:laurent.nicod@transport.alstom.com)  
[sylvain.recorbet@transport.alstom.com](mailto:sylvain.recorbet@transport.alstom.com)

# CRISFIS : CRISsement et FISsuration des freins de TGV

Période : Sept.2005 - Oct.2007

Coût total : 1 223 814 €

Montant de l'aide : 336 623 € (Financement ADEME Plan VPE)

**Mots clés : Acoustique, Fissuration, Crissement, Freinage**

## Présentation résumée

Le projet a pour objectif de traiter conjointement les aspects crissement et fissuration des freins à disques haute puissance pour le ferroviaire (TGV) afin d'envisager d'une part des solutions rétrofit et d'autre part, à plus ou moins long terme, de concevoir et de développer des systèmes de freinage aussi sûrs mais plus respectueux de l'environnement. Il se décompose en trois étapes :

- caractériser expérimentalement le phénomène de crissement des freins à disques haute puissance pour le ferroviaire ,
- développer des outils de modélisation et de compréhension des phénomènes de crissement et de fissuration
- concevoir et tester dans un premier temps une à deux solutions techniques issues de ces modélisations limitant ces phénomènes de crissement et de fissuration.

## Summary

### CRISFIS : Screech and cracking in high power brakes for railways

The main objective of the project is to take into account all the criteria for the development of quiet high power disk brake for the TGV high speed train. The main problem is to guarantee the breaking performances and avoid cracking of the discs. Measurement campaigns are carried out on TGV, in the laboratory (on test bench) to characterize the phenomena and provide data for the modelisation. Then, using the model, new brake pads are developed and will be tested. One or two operational brake pads will be available at the end of the project.

## Partenaires

### Partenaire principal :

SNCF

### Autres partenaires :

INRETS - Carbone Lorraine - Freinrail - USTL - ECL - ENSAM

## Présentation détaillée

### 1- Objectifs initiaux

Le projet a pour objectif de traiter conjointement les aspects crissement et fissuration des freins à disques haute puissance pour le ferroviaire (TGV) afin d'envisager d'une part des solutions rétrofit et d'autre part, à plus ou moins long terme, de concevoir et de développer des systèmes de freinage aussi sûrs mais plus respectueux de l'environnement. Il se décompose en trois étapes :

- caractériser expérimentalement le phénomène de crissement des freins à disques haute puissance pour le ferroviaire ,
- développer des outils de modélisation et de compréhension des phénomènes de crissement et de fissuration
- concevoir et tester dans un premier temps une à deux solutions techniques issues de ces modélisations limitant ces phénomènes de crissement et de fissuration.

### 2- Méthodes et étapes du travail

Ce programme est organisé en 5 phases :

- Phase 1 : Etat de l'art - Bibliographie, recueil de données existantes, état des lieux, retour d'expérience sur les connaissances actuelles des phénomènes
- Phase 2 : Caractérisations (vibro-acoustiques et thermomécaniques) des matériaux et des composants
- Phase 3 : Modélisation vibro-acoustique du crissement - Approche conjointe : phénoménologique et éléments finis, étude du rayonnement acoustique, essais en gare, essais en ligne, essais au banc
- Phase 4 : Modélisation thermomécanique de la fissuration
- Phase 5 : Développement et test de solutions avec les partenaires industriels

Dans la continuité de ce projet, il est prévu de valider de façon complète plusieurs solutions industrialisables.

### 3- Résultats et perspectives

L'objectif du projet est de développer des garnitures de frein à disque non crissantes et garantissant les performances de freinage actuelles des matériels TGV. L'objectif à terme est d'équiper le parc existant de matériel roulant et les matériels futurs de ces garnitures.

### 4- Livrables et retombées du travail

- Rapport « Etat de l'art » (mai 2005)
- Rapport d'essai « Caractérisation acoustiques »

## Contacts

#### Financier :

ADEME/DTM

Bertrand-Olivier DUCREUX

Tél : 04 93 95 79 00

Courriel : [bertrand-olivier.ducieux@ademe.fr](mailto:bertrand-olivier.ducieux@ademe.fr)

#### Partenaire principal :

SNCF

Florence MARGIOCCHI

Tél : 01 53 42 71 72

Courriel : [florence.margiocchi@sncf.fr](mailto:florence.margiocchi@sncf.fr)

# Bruit en milieu urbain : exposition des enfants et scolarité

Période : Janv. 2006 - Janv. 2008  
Coût total : 141 950 €  
Montant de l'aide : 121 000 € (Financement MEDD)

**Mots clés : Exposition environnementale - bruit - enfants - évaluation scolaire - habitat urbain**

## Présentation résumée

Un des principaux effets des nuisances sonores chez l'enfant est une altération des fonctions cognitives. Pour autant, les conséquences sur les capacités d'apprentissage de l'exposition au bruit sont mal connues. Le développement d'outils type carte de bruit permet d'envisager la quantification d'une exposition chronique de la population en fonction de son lieu d'habitation. Transposés à l'échelle individuelle, ces outils introduisent une approximation dont l'ampleur, la variabilité et les déterminants sont inconnus. Les objectifs de cette étude sont : (i) d'estimer l'exposition sonore intra-domiciliaire d'une population d'élèves en milieu urbain, puis (ii) de quantifier la relation entre performances scolaires et niveau d'exposition sonore environnementale. L'enquête se déroulera dans la commune de Besançon et concernera les 1000 élèves de CE2 scolarisés en 2007. Les données concernant le foyer, la famille et les nuisances sonores seront recueillies, ainsi que les résultats de l'évaluation scolaire des élèves. En complément, le niveau sonore dans le logement d'un échantillon d'élèves sera mesuré. Les résultats de cette étude permettront 1) la quantification de l'exposition aux nuisances sonores d'une population urbaine et 2) une mesure de la relation exposition-risque pour la santé humaine au sein d'un groupe particulièrement exposé : les enfants. Cette étude favorisera la prise en compte de l'impact des nuisances sonores sur notre vie quotidienne et celle de nos enfants. Cet impact est d'autant plus dramatique que les nuisances sonores participent à l'accumulation des risques chez les enfants issus de familles à faible niveau socio-économique, ceux-là même pour qui le chemin de l'apprentissage est à la fois un grand défi et une promesse formidable.

## Summary

One of the most consistent effects of chronique environmental noise exposure on children is the effect on cognitive performance: reading, long-term memory and learning capacity. The development of noise mapping allows quantifying a chronic exposure of the population according to the dwelling location. Transposed on an individual scale, this solution induces an approximation, which size, variability and determinants are not controlled. Therefore the aim of this study are two-fold: to assess the indoor exposure of urban schoolchildren; and then to quantify the relationships between school performances and environmental noise exposure. The study will take place in the city of Besançon. It will involve a thousand of schoolchildren in year 4 in 2007. Data concerning housing, family and noise will be collected and merged with the individual school scores in French and Mathematics. Furthermore, indoor noise will be continuously measured at home for a sample of children. It is anticipated that the study results will allow (i) to quantify the noise exposure level of a urban population and (ii) to assess the relationships between exposure and risk for human health in an 'at risk' population, i.e. children.

## Partenaires

### Partenaire principal :

CHU de Besançon

### Autres partenaires :

- Centre Scientifique et Technique du Bâtiment (pôle « Acoustique Environnementale et Urbaine ») ;
- Université de Franche-Comté (Programme pluri-formation « milieux naturels, milieux anthropisés », équipe SERF (EA 2276), laboratoire théoriser et modéliser pour aménager -UMR CNRS 6049, institut FEMTO-ST - UMR CNRS 6174, département de Psychologie - EA 3188) ;
- Inspection d'académie du Doubs.

## Présentation détaillée

### 1- Objectifs initiaux

Ce projet d'étude portant sur une population d'enfants en milieu urbain, se compose de deux parties : quantification de l'exposition (**phase acoustique**) et mesure de la relation santé-environnement (**phase scolaire**).

#### **Phase acoustique**

Les objectifs de cette phase sont de :

- estimer la variabilité du niveau sonore intra et inter-logement ;
- mesurer la corrélation entre niveaux sonores modélisés, niveaux sonores mesurés à l'intérieur et en façade de l'habitat ;
- identifier les déterminants de la variabilité de l'exposition mesurée et des écarts entre niveaux modélisés, mesurés ;
- en fonction des points précédents, produire un indicateur d'exposition au bruit.

#### **Phase scolaire**

Les objectifs de cette phase sont de :

- tester l'hypothèse d'une relation entre les performances scolaires des enfants à l'entrée en CE2 et l'exposition au bruit associée à un environnement urbain combinant exposition domiciliaire et scolaire ;
- quantifier une éventuelle relation dose-réponse.

### 2- Méthodes et étapes du travail

Une carte de bruit, réalisée pour l'étude (logiciel Mithra) permettra de donner une estimation individualisée de l'exposition pour chaque écolier. La campagne de mesures réalisée sur un échantillon d'élèves permettra de quantifier le niveau sonore intra-domiciliaire. La comparaison des valeurs mesurées et des valeurs prédites par la carte de bruit permettra de tester la validité de la projection individuelle de l'outil cartographique et de pondérer, si nécessaire, les valeurs en fonction des caractéristiques pertinentes. Les questionnaires distribués à toutes les familles permettront de recueillir les données nécessaires à la pondération des valeurs d'exposition produites, et à l'ajustement sur les co-facteurs incontournables dans la modélisation de la relation entre performances scolaires et exposition sonore environnementale.

### 3- Résultats et perspectives

Les premières difficultés rencontrées ont été d'ordre techniques (adaptation des outils de mesures aux conditions d'utilisation lors de l'étude) : temps nécessaire à la caractérisation acoustique du logement et à l'installation du système (3 voies), acceptabilité par les familles en terme d'intrusion, d'encombrement, sécurité de fonctionnement (restriction de l'accès au matériel laissé à demeure, garantie d'autonomie du système sur une semaine aussi bien en énergie et qu'en mémoire).

L'adhésion des familles au projet lors des premiers contacts téléphoniques n'a pas été immédiate. Les quelques réticences initialement rencontrées ont été levées après médiatisation régionale de l'étude (presse écrite, radio et télévision).

La carte du bruit est en cours de finalisation. Le recueil est actuellement en cours (phase 1= supérieur à 40 logements), (phase 2=proportion de retour de questionnaires distribués aux familles supérieure à 70%).

### 4- Livrables et retombées du travail

A ce jour, les principaux documents produits ont été à destination des différents intervenants : directeurs et professeurs des écoles, lettre d'information et dossier de recueil destinés aux parents, dossier de presse.

## Contacts

#### **Financier :**

MEDD/D4E/SRP

Gilbert CAPLAIN

Tél : 01 42 19 20 21

Courriel : [gilbert.caplain@ecologie.gouv.fr](mailto:gilbert.caplain@ecologie.gouv.fr)

#### **Partenaire principal :**

CHU Besançon

Frédéric MAUNY

Tél : 03 81 21 87 38

Courriel : [frederic.mauny@univ-fcomte.fr](mailto:frederic.mauny@univ-fcomte.fr)

# Bruit des transports, influence de la structure temporelle de la gêne, la performance cognitive et le sommeil

Période : Avr. 2006 - Avr. 2009  
Coût total : 924 504 €  
Montant de l'aide : 422 788 € (Financement ADEME Plan VPE)  
Collaboration DEUFRAKO

**Mots clés : bruit des transports ferroviaires - santé - gêne de court terme - performances cognitives - perturbation du sommeil**

## Présentation résumée

Ce projet, réalisé dans le cadre de la collaboration Franco-Allemande DEUFRAKO, a pour objectif d'étudier les relations existantes entre les micro et macro structures temporelles et la gêne de court terme, les performances cognitives, et la perturbation du sommeil. L'étude porte sur les différents modes de transports, et comparera l'impact du bruit ferroviaire aux bruits routier et aérien, au travers de nouvelles expériences, mais aussi de résultats existants. Dans un premier temps, des scénarios de bruit ferroviaires seront établis sur la base d'une analyse des situations rencontrées le long des lignes en terme de nombre de passage, de distance à la voie, de temps de passage... Ces scénarios seront enregistrés ou simulés. Dans un deuxième temps, ils seront utilisés en laboratoire pour effectués des études portant sur la gêne de court terme (tests de 1h à 1h30, analyse verbale) sur les performances cognitives (tests), et sur le sommeil (mesures physiologiques pendant le sommeil, tests et questionnaires). Ce dernier point sera également étudié sur site.

Les paramètres considérés seront le temps de montée, la durée du passage, l'effet de l'alternance possible entre matériels freinés fonte et freinés composite, l'écart entre les roues, ...

## Summary

The project roughly outlined here aims at the provision of applicable knowledge that allows the directed development of noise abatement measures. It concerns 1) the quantitative differences of sleep disturbances as related to noises emitted from rail, road and air traffic and 2) the significance of the up to now rather neglected temporal structure of rail noise for acute annoyance, performance and sleep as human beings react generally more to alterations than to steady states. The project focuses on noises emitted from currently operating trains, while respecting as far as possible future technical advances.

The project focuses mainly on :

- the macro structure, i.e.the comparison between traffic modes and types of railway brakes

- the rise time of the vehicles

⇒ the temporal pattern (micro structure) of freight trains related to

⇒ the varying equipment of wagons with conventional and composite brakes

⇒ the varying distances between wheels, varying gaps between wagons and varying heights of the wagons and their significance for disagreement and short-time annoyance, cognitive performance and sleep.

## Partenaires

**Partenaire principal :**

SNCF

**Autres partenaires :**

LMRTE, CEPA, DLR, CUE, IfADo

## Présentation détaillée

### 1- Objectifs initiaux

Le but de ce projet est d'améliorer l'état des connaissances pratiques concernant les effets du bruit des transports sur le sommeil pour les appliquer au développement de mesures de réduction du bruit. Cette étude mettra en évidence les éventuelles différences quantitatives de perturbation du sommeil en fonction des bruits émis par les trafics aérien, ferroviaire et routier. D'autre part, l'influence de la structure temporelle (plutôt négligée jusqu'ici) des bruits de transport sera particulièrement étudiée vis à vis de la gêne de court terme, de la performance et du sommeil, car les êtres humains réagissent généralement davantage aux changements qu'aux états stationnaires.

### 2- Méthodes et étapes du travail

Dans un premier temps, et sur la base de l'expérience de la SNCF, le projet se focalise sur les bruits émis par les trains actuellement en opération, tout en envisageant autant que possible les futures avancées techniques. Dans ce cadre, et sans négliger les paramètres énergétiques et spectraux, ce projet travaillera principalement sur les structures temporelles des passages de train que l'on peut décomposer ainsi :

- la macro structure (comparaison entre les bruits émis par la route et le trafic ferroviaire, l'avantage des freins en matériaux composites),
- le temps de montée du bruit des véhicules,
- le modèle temporel (micro structure) des trains de fret qui peut être éventuellement lié à l'équipement variable des wagons avec des freins conventionnels et/ou composites, aux distances entre les roues, aux écarts entre les wagons et leurs hauteurs, tous ces paramètres étant variables.

Le projet s'attachera aussi à mettre en évidence les conséquences de ces aspects temporels sur les notions suivantes : le désagrément & la gêne de court terme, la performance cognitive, le sommeil.

Dans un deuxième temps, les effets sur le sommeil dus aux différents types de transports seront comparés en s'appuyant sur l'expérience des divers laboratoires partenaires. Ainsi, ce projet construit sur des expérimentations en laboratoire constitue un bon préambule à de futures études épidémiologiques.

### 3- Résultats et perspectives

La première partie du projet fournira des scénarios de passage de train de référence basés sur l'analyse statistique des trafics réels des différents types de train. Les temps de montée associés à chaque passage et la microstructure temporelle des échantillons seront aussi décrits précisément.

La qualité sonore d'un passage d'une source (véhicule ou train), évaluée par différents tests, sera décrite par, d'une part un jeu de facteurs expliquant la distribution des stimuli dans la représentation spatiale perceptive, et d'autre part, par une représentation cognitive associée.

La gêne de court terme et la gêne de nuit seront évaluées notamment en fonction de la structure temporelle (nombre d'événements, niveau du bruit de fond, niveau équivalent, niveau maximum des émergences) sur la base de trafics représentatifs du quotidien des riverains de voie ferrée.

L'impact des variations de la structure temporelle et fréquentielle des bruits de passage de train et de leur intensité sur les fonctions cognitives basiques comprenant l'allocation de ressources exécutives centrales (càd inhibition volontaire de stimuli distrayants) et les capacités de stockage de la mémoire de travail, sera mesuré et comparé à celui causé par des sources de bruit bien connues pour offrir un haut potentiel de perturbation.

In fine, les populations potentiellement « à risque » concernant les effets délétères des bruits de transport ferroviaire sur des paramètres physiologiques et psychologiques seront identifiées. Une comparaison avec les situations de trafic routier sera fournie. La gêne de long terme ne sera pas évaluée dans ce projet.

### 4- Livrables et retombées du travail

Les livrables attendus sont : une base de données d'échantillons sonores de passages de train, des scénarios sonores de référence et des rapports de synthèse des différentes étapes. Ces travaux donneront lieu à plusieurs publications dans des congrès scientifiques ainsi que des revues scientifiques.

## Contacts

#### Financier :

ADEME/DTM

Emmanuel THIBIER

Tél : 04 93 95 79 00

Courriel : [emmanuel.thibier@ademe.fr](mailto:emmanuel.thibier@ademe.fr)

#### Partenaire principal :

SNCF

Pierre-Etienne GAUTIER

Tél : 01 53 42 92 72

Courriel : [pierre-etienne.gautier@sncf.fr](mailto:pierre-etienne.gautier@sncf.fr)

# REBECA : REduction du Bruit Extérieur dans la Conception Automobile

Période : Avr. 2006 - Avr. 2009

Coût total : 2 118 544 €

Montant de l'aide : 1 048 416 € (Financement ADEME Plan VPE)

**Mots clés : Bruit extérieur - Antennerie acoustique - Propagation acoustique - Mesures optiques**

## Présentation résumée

Le projet a pour objet la réduction de l'émissivité acoustique des véhicules, par des actions sur le véhicule lui même et non pas sur les sources principales que sont le Groupe Moto-Propulseur (GMP) et les pneumatiques. Le projet s'appuie pour cela sur l'amélioration de techniques expérimentales (Lot1 : Méthode et validité de l'identification des sources acoustiques dans l'environnement véhicule : antennerie acoustique) et sur la simulation (Lot2 : Analyse de scénarii de réduction du bruit extérieur). Les résultats sont concrétisés sous forme de démonstrateurs (Lot3 : Développement et qualification acoustique de 2 démonstrateurs).

## Summary

The project wishes to reduce the vehicles exterior noise, by mean of acoustic treatments applied to the car body. The noise control of the primary sources -powertrain and tire- is not considered. The workpackages are related to :

- 1 : the improvement of experimental methods in order to identified noise sources (acoustic holography and beamforming),
- 2 : Simulation of sound propagation around a vehicle,
- 3 : the development of acoustic treatments demonstrated on two vehicles.

## Partenaires

**Partenaire principal :**

PSA PEUGEOT-CITROËN

**Autres partenaires :**

CEVAA, TREVES, INSA-Rouen, Université Pierre et Marie Curie, InterAC

## Présentation détaillée

### 1- Objectifs initiaux

Afin de réduire le bruit émis par les véhicules, de nombreux travaux ont été menés sur les sources primaires que sont le groupe moto-propulseur ou le pneumatique. Néanmoins, les moyens d'actions sur ces sources restent limités du fait des contraintes qui pèsent sur ces organes : consommation et pollution pour les GMP, résistance au roulement, et sécurité active pour le pneumatique. On cherche donc une nouvelle voie de réduction du bruit extérieur, en agissant sur la propagation acoustique autour du véhicule par l'intermédiaire de matériaux absorbants disposés dans le compartiment moteur, les passages de roue ou sous le plancher.

### 2- Méthodes et étapes du travail

L'ensemble des actions prévues dans les lot 1 et 2 ont été engagées. L'activité du lot 3 est concentrée sur la seconde moitié du projet.

Pour le lot 1: Les essais sur véhicule en condition opérationnelles ont été réalisés permettant l'acquisition d'une grande quantité de données. Les techniques acoustiques ont été confrontées à des résultats de mesures optiques (références) dans un cas académique et pour un pneumatique. Plusieurs nouvelles antennes acoustiques sont en cours d'étude. Les deux thèses prévues dans ce lot sont engagées avec un retard de 6 mois, du à des difficultés administratives. Une vision plus détaillée de l'activité est donnée en annexe 1.

Pour le lot 2: Les travaux prévus sur la définition d'une méthode énergétique plus productive que celles existantes sont arrêtés (Cf résultats et ré-orientation). Les modèles de propagation sous-capot et sous-plancher de deux véhicules ont été réalisés. Enfin, l'approche élément fini spécifique à la roue dans le passage de roue est en cours. Une vision plus détaillée de l'activité est donnée en annexe 2.

### 3- Résultats et perspectives

Pour le lot 1: L'impact de l'environnement (géométrie, acoustique) sur l'identification des sources acoustiques par des techniques d'antennerie acoustique ou d'holographie acoustique (NAH) est quantifié à l'aide des deux cas étudiés (plaque et pneumatique). Par ailleurs, différentes méthodes, de complexité variable, ont pu être confrontés dans le cas des mesures opérationnelles.

Pour le lot 2: Les travaux dont l'objectif était d'effectuer un lien entre la méthode de diffusion de l'énergie (MDE) et la SEA (Statistical Energy Analysis) afin de construire un outil numérique productif, conduisent à deux résultats négatifs: la MDE, de part ses hypothèses constitutives, n'est pas applicable à la propagation acoustique dans le cadre automobile, et la modélisation SEA sur la base d'un maillage raffiné est non convergente. Ces résultats bien que négatifs sont extrêmement importants puisqu'ils clarifient une question débattue depuis de nombreuses années par la communauté scientifique. Une ré-orientation des travaux s'impose donc.

Suite aux résultats négatifs du lot 2, il a été décidé d'étudier la possibilité de justifier une méthode énergétique (de type SEA) en s'appuyant sur une méthode de sous-structuration acoustique proposée par J.-P. Morand et R. Ohayon (Interactions Fluide-structure, Masson,1992). Un délai de 3 mois est donné pour évaluer l'intérêt de l'exploitation statistique de cette méthode.

En s'appuyant sur les modélisations du lot 2, complétées par des modélisations par élément finis de frontière, on définira les traitements acoustiques qui seront développés dans le lot 3. L'efficacité des traitements sera évaluée à l'aide des méthodes développées dans le lot 1.

### 4- Livrables et retombées du travail

A l'issue de la première année de projet trois livrables étaient attendus:

Pour le lot 1:

- Rapport des mesures de référence sur véhicule au banc à rouleau
- Rapport des essais en laboratoire sur différentes sources (directives, étendues, avec plan réfléchissant ...)

Pour le lot 2:

- Outils de modélisation améliorés (modélisation énergétique)

Aucun livrable n'était attendu pour le lot 3

## Contacts

#### Financier :

ADEME/DTM

Bertrand-Olivier DUCREUX

Tél : 04 93 95 79 00

Courriel : [bertrand-olivier.ducieux@ademe.fr](mailto:bertrand-olivier.ducieux@ademe.fr)

#### Partenaire principal :

PSA PEUGEOT-CITROËN

Laurent GAGLIARDINI

Tél : 01 57 59 36 60

Courriel : [laurent.gagliardini@mpsacom](mailto:laurent.gagliardini@mpsacom)

## P2RN : Prediction and Propagation of Rolling Noise

Période : Avr. 2006 - Avr. 2008

Coût total : 952 342 €

Montant de l'aide : 199 038 € (Financement ADEME Plan VPE)

Collaboration DEUFRAKO

**Mots clés : Acoustique - Bruit - Revêtement - Emission - Propagation - Optimisation - Bruit routier - Bruit de roulement - Bruit de contact pneumatique-chaussée - Texture à faible bruit - Méthode en continu (CPX) - Méthode au passage (Véhicule Maîtrisé - CPB)**

### Présentation résumée

Cette étude réalisée dans le cadre de la collaboration Franco-Allemande DEUFRAKO traite de la prévision et la propagation du bruit de roulement. Son but est d'optimiser un nouveau concept de revêtement vis-à-vis du bruit de roulement dans le contexte plus large de la réduction du bruit routier. L'approche théorique est basée sur un modèle hybride (SPERoN) développé en Allemagne.

Après validation du modèle pour divers revêtements français une comparaison sera réalisée avec le modèle HyRoNE développé par l'INRETS lors d'un précédent projet PREDIT "Texture-Bruit". Ce modèle permettra de concevoir, avec l'aide d'entreprises routières, de nouvelles textures de chaussées optimisées en vue de réduire le bruit de roulement. En parallèle, les résultats issus de SPERoN seront utilisés comme données d'entrée de modèles de prévision du bruit en milieu extérieur pour estimer les effets de ces nouveaux revêtements optimisés en façade d'habitations pour diverses configurations routières « type ».

### Summary

This study carried out in the frame of the DEUFRAKO French-German cooperation programme deals with the prediction and propagation of rolling noise. Its aim is to optimize a new concept of road surface with respect to the rolling noise in the wider context of the traffic noise abatement. The theoretical approach is based on a hybrid model (SPERoN) developed in Germany.

After validation of this model for various French pavements, a comparison will be performed with the HyRoNE model developed by INRETS during a previous PREDIT project "Texture-Noise". This model will allow to design, with the help of road companies, new optimized textures for low noise road surfaces. In parallel, results issued from SPERoN will be used as an input for outdoor sound propagation prediction models to estimate the effect of this optimised model-aided low noise pavement close to the building façades for several typical road configurations.

### Partenaires

#### Partenaire principal :

LCPC

#### Autres partenaires :

INRETS - Ecole Nationale des Ponts et Chaussées - Société Colas - Société Eiffage TP/Appia

## Présentation détaillée

### 1- Objectifs initiaux

Les principaux objectifs initiaux étaient :

- La validation et la comparaison des modèles hybrides d'émission de bruit de roulement pour les divers revêtements français et allemands actuellement recensés.
- La conception, la réalisation en vraie grandeur et les tests de nouvelles textures de chaussée peu bruyantes « optimisées »,
- La conception d'une base de données commune « DEUFRABASE » permettant de classer les différentes familles de revêtements existantes et nouvelles (conçues dans le cadre du projet) en termes de bruit de roulement, vis-à-vis de diverses configurations routières « type », représentatives des situations réelles les plus rencontrées sur le territoire des deux pays.

### 2- Méthodes et étapes du travail

Pour optimiser les tâches, les recherches ont été scindées au sein de deux entités (WP), l'une traitant plus spécifiquement de la partie modélisation de l'émission du bruit de roulement et l'autre de l'aspect propagation et classification. En termes d'étapes, il a été décidé :

- de caler nos diverses méthodes de mesure,
- de valider le modèle SPERoN pour divers revêtements français et de comparer au modèle HyRoNe,
- d'utiliser le modèle pour concevoir, avec l'aide des entreprises, de nouvelles textures de chaussées (3) optimisées en vue de réduire le bruit de roulement,
- d'en identifier l'impact en termes de niveau sonore en façade d'habitation par comparaison à l'efficacité d'un écran antibruit.

### 3- Résultats et perspectives

A mi-parcours, les principaux résultats sont :

- réalisation des mesures des caractéristiques physiques des couches de roulement : spectres de bruit et de texture, absorption acoustique et résistance au passage de l'air des couches poreuses, texture et point de mobilité du pneumatique.
- premiers calculs d'émission sonore avec le modèle SPERoN.
- élaboration de la base de données des atténuations en propagation.
- finalisation de la méthode de classification des revêtements en termes de Lden en façade.

Les perspectives envisagées sont :

- fournir aux concepteurs de chaussées les outils nécessaires, pour réaliser des revêtements adaptés aux exigences environnementales sans négliger l'aspect sécurité.
- vérifier que les nouvelles formulations répondent aux attentes tant du conducteur que des riverains de l'infrastructure.
- appliquer les outils nouveaux à d'autres procédés industriels en vue d'optimiser les paramètres agissant sur les caractéristiques environnementales et la sécurité de l'infrastructure.

### 4- Livrables et retombées du travail

Les premiers résultats font l'objet de 6 rapports et de 4 communications lors de congrès internationaux, soit :

- Présentation du projet au congrès TRA de Göteborg (06/2006),
- « Prévion du bruit de roulement par le modèle HyRoNe » ainsi que « Modèle simplifié de prévision des forces de contact » au 36ème Internoise d'Istanbul (08/2007),
- « Benchmark sur l'application des modèles analytiques et numériques au calcul de la propagation du bruit du trafic routier » au 19ème Congrès ICA de Madrid (09/2007).

## Contacts

#### Financeur :

ADEME/DTM

Bertrand-Olivier DUCREUX

Tél : 04 93 95 79 00

Courriel : [bertrand-olivier.ducieux@ademe.fr](mailto:bertrand-olivier.ducieux@ademe.fr)

#### Partenaire principal :

LCPC

Michel BERENGIER

Tél : 02 40 84 59 03

Courriel : [Michel.Berengier@lcpc.fr](mailto:Michel.Berengier@lcpc.fr)

# ODIN : Optimisation Des INsonorisants dans le compartiment moteur

Période : Mai 2006 - Mai 2009  
Coût total : 1 070 000 €  
Montant de l'aide : 456 314 € (Financement ADEME Plan VPE)

**Mots clés : Bruit extérieur - optimisation matériau - contraintes automobiles**

## Présentation résumée

Le projet ODIN traite du compromis nécessaire entre les contraintes du domaine automobile et le bruit extérieur.

Il s'agit donc de proposer des technologies permettant de continuer à limiter le bruit émis par les véhicules dans un contexte fortement contraint :

- augmentation de la température du compartiment moteur suite aux nouveaux process de dépollution
- allègement pour diminuer la consommation et les émissions polluantes
- remise en question des volumes disponibles pour répondre aux normes de sécurité

L'angle privilégié ici est celui de la technologie, par l'introduction de concepts absorbants nouveaux dans le compartiment moteur. Ces concepts répondront aux compromis nécessaires par leur matière première et leur conception, permettant une localisation dans des endroits jusqu'alors inexploitable pour l'acoustique ou un remplacement des solutions existantes pour permettre la satisfaction des nouvelles normes.

Les résultats des travaux permettront de traiter le bruit moteur, en répondant non seulement aux contraintes de bruit, mais également d'architecture, de sécurité, de consommation et donc de dépollution.

## Summary

The ODIN project treats the necessary compromise between the constraints of the automotive industry and exterior noise.

So new technologies will be proposed in order to continue to limit the exterior noise in a strongly constrained context:

- temperature's increase of the engine compartment due to the depollution process
- lightening to decrease consumption and emissions issues
- using new available volumes to satisfy safety standards

The angle privileged here is that of technology by introducing new absorbing concepts in the engine compartment. These concepts will answer the necessary compromises in term of raw material and design, allowing a location in places not exploitable for acoustics or a replacement of the existing solutions to satisfy new standards.

The results of the project will make it possible to treat exterior noise by answering not only the constraints of noise, but also of structural design, safety, consumption and thus of pollution.

## Partenaires

### Partenaire principal :

RENAULT Recherche Innovation

### Autres partenaires :

TREVES - ECL - ENTPE - CNAM - FEMTO - LMARC

## Présentation détaillée

### 1- Objectifs initiaux

Les matériaux envisagés ici sont principalement de type poro-visco-élastique, et leur comportement est très complexe. La démarche d'optimisation proposée est très ambitieuse : d'une part elle intègre plusieurs fonctionnalités des matériaux, d'autre part elle vise à en donner une description structurelle.

Une des ambitions de ce projet est de doter les partenaires des outils nécessaires au développement de matériaux multifonctionnels. Selon la complexité et l'avancée des technologies, cet objectif sera réalisé à l'issue du projet (pour certains matériaux passifs) ou à plus long terme (matériaux actifs). Par ailleurs, ce projet devrait également permettre des avancées significatives en matière d'amélioration de la caractérisation des paramètres viscoélastiques des milieux poreux, question.

### 2- Méthodes et étapes du travail

Le premier thème consacré à la définition de la problématique industrielle par le constructeur et l'équipementier partenaire est terminée. Les zones offrant le meilleur potentiel de réduction de bruit et les contraintes connexes à l'acoustique ont été définies. Les performances acoustiques des solutions existantes ont été caractérisées.

Une analyse qualitative multi-critères des solutions a ensuite été menée par les partenaires universitaires au regard des contraintes spécifiées. Une hiérarchisation des compromis en relation avec l'emplacement des zones à traiter est ainsi proposée.

La suite immédiate du projet est consacrée au second thème consacré à la caractérisation et à la modélisation acousto-mécanique des matériaux. Cette phase consiste à établir les données d'entrée pour la modélisation, mettre en place les modèles de prédiction et définir les conditions de validation.

### 3- Résultats et perspectives

Les résultats obtenus sont les suivants : la définition d'une méthodologie de choix des zones à traiter dans le compartiment moteur (choix d'indicateurs de performance acoustique), le choix de zones à traiter dans le compartiment moteur, la définition d'une méthodologie de détermination des contraintes multiples par zone, la définition de l'ensemble des contraintes connexes à l'acoustique afin de fixer un cahier des charges précis pour envisager des solutions prototypes viables, la définition des méthodes de caractérisation des solutions existantes pour des pièces isolées ou pour le véhicule, le rapport de performance des solutions existantes, la formalisation d'une analyse qualitative multi-critères des solutions.

Les perspectives envisagées sont : l'homogénéisation des contraintes (amélioration de la prestation « bruit extérieur » dans un contexte de réduction des émissions de particules), une compétitivité accrue (méthodologies de développement de pièces multi-contraintes), une meilleure compréhension des matériaux (mécanismes régissant l'absorption dans un environnement difficile et méthodes de caractérisation des paramètres-clés).

### 4- Livrables et retombées du travail

Les retombées du travail mené dans le cadre de ce projet sont de plusieurs ordres. Tout d'abord, des retombées scientifiques et techniques via un renforcement des connaissances scientifiques des partenaires (modèles numériques, méthodologie de caractérisation, méthodologie de conception multifonctionnelle...), via un renforcement des connaissances technologiques (matériaux innovants, procédé de fabrication, validations), via la maîtrise de nouvelles technologies (développement de solutions innovantes et optimisation).

D'autres part, des retombées industrielles et économiques via la livraison en fin de projet de solutions prototypes multifonctionnelles industrialisables prenant place dans la stratégie de Renault. De plus, le marché susceptible de bénéficier de ces innovations technologiques est vaste pouvant toucher à terme une grande part du marché automobile mondial.

## Contacts

#### **Financier :**

ADEME/DTM

Bertrand-Olivier DUCREUX

Tél : 04 93 95 79 49

Courriel : [bertrand-olivier.ducieux@ademe.fr](mailto:bertrand-olivier.ducieux@ademe.fr)

#### **Partenaire principal :**

RENAULT Recherche Innovation

Bertrand ANDRO

Tél : 01 76 85 42 20

Courriel : [bertrand.andro@renault.com](mailto:bertrand.andro@renault.com)

# Rendre l'environnement perceptible pour rendre les actions de transport socialement acceptables : d'autres évaluations environnementales pour d'autres échelles et légitimités d'action

Période : Juin 2006 - Juin 2008  
Coût total : 62 192 €  
Montant de l'aide : 49 000 € (Financement MEDD)

**Mots clés : acceptabilité sociale - évaluation - expertise - vécu environnemental - territorialisation de l'action - légitimité des acteurs - impacts environnementaux - transports routiers de marchandises et de personnes**

## Présentation résumée

La territorialisation progressive des politiques publiques induit des modifications importantes dans les processus de construction de l'action. L'acceptabilité sociale est devenue un élément structurant de cette évolution, et l'évaluation environnementale un facteur déterminant de cette acceptabilité, au travers notamment des informations qu'elle livre et de la manière dont elle s'insère dans les processus décisionnels. Or, l'évaluation environnementale classique, souvent inspirée des techniques du génie de l'environnement, suscite de plus en plus questions, voire de tensions entre acteurs (ex : projets d'équipement de transports et débats publics). En intégrant de façon complémentaire aux données classiques des informations dites plus subjectives (vécu, rapports sensibles, bien-être environnemental, satisfaction territoriale...), l'évaluation ex ante pourrait oeuvrer à l'acceptabilité sociale des actions transport à forte incidences environnementales, autant que refonder la légitimité d'intervention d'acteurs territoriaux aux pouvoirs croissants dans ce domaine (ex : adéquation ressentie par les populations entre l'échelle de compétences de ces acteurs et l'échelle d'impacts environnementaux des transports).

## Summary

The local scale is at the cornerstone of the definition of the public problems and decision making in environmental field. This territorialisation of actions implies a change in the manners of controlling and makes, consequently, enter of new actors, new legitimacies which lead to a transformation of the decision-making processes and of ex ante evaluation. Here, the way in which the environment is delivered by the technical assessment to the debate causes more and more questions (cf. Public Debates), even tensions between stake-holders. New assessments, integrating more subjective data (sensitiveness, environmental well-being, territorial satisfaction...) could lead to a better social acceptability of valuations, and more generally to a better acceptance of decision making process, as a better legitimacy of local actors dealing with environmental impacts of transports.

## Partenaire

Centre de Recherche Espace, Transports, Environnement et Institutions Locales (CRETEIL - Université Paris XII)

## Présentation détaillée

### 1- Objectifs initiaux

Les acquis scientifiques concernant l'acceptabilité sociale en matière de transport restent relativement peu nombreux et surtout n'intègrent que peu la tendance à l'expression d'une sensibilité environnementale croissante des populations comme facteur d'acceptabilité des mesures de régulation transport à ce jour discutées. Le besoin se fait alors jour de concevoir des évaluations et des indicateurs d'environnement plus acceptables socialement. C'est l'objet principal de notre projet, guidé par plusieurs objectifs : faire un diagnostic rapide des approches évaluatives de l'environnement et le confronter à la manière dont les populations se voient ou/et aimeraient se voir représentées par les connaissances environnementales, montrer que l'environnement n'est plus simplement le réceptacle d'impacts, l'espace support, mais bien la motivation à agir, l'une des conditions premières de l'acceptation des projets et mesures, faisant appel, au-delà des données objectivables, à des informations essentielles comme le vécu des populations ; contribuer à la réflexion engagée sur l'acceptabilité comme indicateur à part entière d'aide à la décision territoriale en matière de déplacements et d'environnement.

### 2- Méthodes et étapes du travail

Deux objets environnementaux impliquant des échelles de temps et d'espaces bien distincts, et se prêtant différemment à l'action territoriale, ont été sélectionnés : le bruit et l'effet de serre. Le terrain d'investigation retenu (le Val-de-Marne) conjugue une densité et des types de trafics routiers (voyageurs et marchandises) ainsi que des effets environnementaux donnant à voir non seulement des enjeux relatifs à l'acceptabilité (et alors une sensibilité des acteurs à cette question) mais aussi le caractère multiscale des arbitrages et alors de l'évaluation environnementale qui aide à la décision. Les thèmes abordés par notre proposition étant multiples, nous faisons appel à de nombreuses disciplines qui relèvent à la fois des sciences dites "exactes" et des sciences humaines ou sociales. La méthode proposée pour répondre à ces enjeux est une enquête par questionnaires auprès d'un échantillon représentatifs de 400 ménages Val-de-marnais, l'analyse des verbatim de réunions publiques et la mise en place de processus délibératifs.

### 3- Résultats et perspectives

Cette recherche est en cours (mi-parcours). Mais, d'ores et déjà, ce travail montre, comme bien d'autres avant, l'inadaptation des lectures sectorielles techniques de l'environnement pour rendre compte des rapports sensibles multiples et contextualisés des habitants à leur environnement de proximité. En outre, compte tenu du caractère qualitatif et réflexif du sujet (acceptabilité sociale de l'évaluation environnementale), la démarche doit emboîter plusieurs temps méthodologiques, qui alternent exploration qualitative (entretiens et processus délibératifs) et analyse plus quantitative (enquête par questionnaires), en face à face chez l'habitant ou en groupe (réunion publique, processus délibératifs). On peut envisager, à l'issue de ce travail, que l'aide à la décision sera mieux renseignée par la mise en lumière du rôle joué par l'évaluation environnementale ex ante (séquençage conception, production et diffusion ; thèmes et enjeux ; méthodes...) dans les processus décisionnels afférents au domaine des transports, notamment grâce à l'exploration et la justification de nouveaux indicateurs (croisant données physiques et sensibilité), ceci en vue d'une meilleure acceptabilité sociale.

### 4- Livrables et retombées du travail

La valorisation scientifique se fera essentiellement par restitution et mise en débat des résultats dans le cadre d'un séminaire qu'il est proposé d'organiser après validation du rapport par le PREDIT. Il est proposé en outre, pour l'organisation de ces débats et la diffusion large des résultats, de réaliser un CD-ROM présentant les principaux résultats qui seront tirés de ce travail (diffusion à 200 exemplaires).

## Contacts

#### Financier :

MEDD/D4E/SRP

Gilbert CAPLAIN

Tél : 01 42 19 20 21

Courriel : [gilbert.caplain@ecologie.gouv.fr](mailto:gilbert.caplain@ecologie.gouv.fr)

#### Partenaire principal :

Université Paris 12-CRETEIL

Guillaume FABUREL

Tél : 01 41 78 48 25

Courriel : [faburel@univ-paris12.fr](mailto:faburel@univ-paris12.fr)

# Estimation dynamique du bruit de circulation en milieu urbain : étude d'un cas réel

Période : Juil. 2006 - Juil. 2008

Coût total : 290 922 €

Montant de l'aide : 112 300 € (Financement ADEME)

**Mots clés : Bruit de trafic - validation expérimentale - milieu urbain - modélisation du trafic - dynamique**

## Présentation résumée

Ce projet a pour objet la validation expérimentale et l'étude opérationnelle d'un modèle d'estimation dynamique du bruit en milieu urbain, développé par l'INRETS et l'ENTPE pour la partie modélisation du comportement du trafic et la détermination des émissions de bruit et par le CSTB pour les aspects liés à la propagation. Le site expérimental destiné à servir de support à ce projet est le cours Lafayette à Lyon. Cet axe présente l'avantage d'être régulé par des feux et d'être parcouru par une ligne de transports en commun. Ceci permettra de valider le modèle dans un environnement où la dynamique du trafic et la variabilité des comportements des véhicules sont fortes. L'objectif est également de préparer une utilisation opérationnelle future du modèle. Des réflexions sont prévues sur les indicateurs acoustiques permettant de qualifier l'effet de la dynamique du trafic sur l'exposition aux bruits des riverains et sur la qualification de cette exposition (en lien avec les systèmes d'informations géographiques). Des recherches sont également programmées sur les améliorations à apporter au modèle Mithra afin de mieux prendre en compte une description dynamique des sources de bruit (prise en compte de la directivité) et sur l'évaluation des capacités prédictives du modèle par l'analyse en simulation des modifications de l'environnement acoustique pour un scénario de réaménagement de l'axe urbain étudié.

## Summary

This project aims to validate a dynamic traffic noise model designed for the urban area. This model combines a dynamic traffic flow model, suitable noise emission laws and a propagation model. The two first points are developed by INRETS and ENTPE, while the last one concerns the CSTB. The cours Lafayette (Lyon) was selected for the experimental validation of the model. This road section is managed by traffic signals and travelled by bus services. The model will then be tested in a situation where traffic dynamics is important. The second aim of this project is to prepare the future operational use of the model. Thus studies will be conducted to define acoustic indicators able to evaluate the effect of traffic dynamics on noise. Researches will also be lead to improve the noise source description into the Mithra model. Finally, re-designed scenario of the cours Lafayette will be assessed in simulation.

## Partenaires

### Partenaire principal :

INRETS

### Autres partenaires :

CSTB, CETE de Lyon, Grand Lyon, Acoucity

## Présentation détaillée

### 1- Objectifs initiaux

Les outils actuellement disponibles pour évaluer le bruit dû au trafic urbain sont basés sur une description statique du trafic. Ils ne peuvent donc pas prendre en compte la complexité et la variabilité du comportement du trafic soumis à nombre d'aménagements spécifiques (présence d'intersections gérées ou non par des feux, de carrefours giratoires, variations du nombre de voies disponibles...). Ce constat a conduit à imaginer la réalisation d'un modèle spécifique permettant d'évaluer de manière dynamique le bruit de trafic. Le modèle, co-développé par le Laboratoire d'Ingénierie Circulation Trafic (LICIT) de l'INRETS/ENTPE et par le Laboratoire Transport Environnement (LTE) de l'INRETS a été couplé au modèle Mithra, développé par le CSTB pour répondre à cette problématique (cf étude amont « Evaluation dynamique du bruit du trafic urbain - Etude de faisabilité » réalisée par le CSTB, l'INRETS et l'ENTPE en 2004).

A ce stade de développement du modèle, il a semblé intéressant aux équipes de l'INRETS/ENTPE/CSTB de se rapprocher de partenaires plus opérationnels (le CETE de Lyon, le Grand Lyon et l'association Acoucité) afin de pouvoir valider le modèle global développé et de l'enrichir en le confrontant à une utilisation sur un site réel. L'objectif du projet proposé est donc double :

- valider les résultats acoustiques fournis sur un cas réel en les comparant avec des données relevées expérimentalement ;
- évaluer les capacités du modèle en termes d'étude des impacts d'un aménagement existant et projeté (avec notamment une analyse en simulation d'un scénario d'un réaménagement de voirie).

### 2- Méthodes et étapes du travail

Le programme de travail est divisé en quatre tâches :

Tâche 1 (T1) : Réflexions sur les indicateurs acoustiques adaptés à une description dynamique du bruit de trafic

L'objectif de cette tâche est d'identifier des indicateurs acoustiques pertinents pour qualifier l'effet de la dynamique du trafic sur l'exposition aux bruits des riverains. Ces indicateurs serviront d'une part d'éléments de comparaison entre les sorties du modèle d'estimation dynamique du bruit et les mesures effectuées sur le terrain dans la partie consacrée à la validation expérimentale (tâche 2). D'autre part, ces indicateurs seront utilisés lors de l'analyse en simulation d'un réaménagement de voirie pour le site étudié (tâche 4).

Tâche 2 (T2) : Amélioration à apporter au modèle de propagation pour l'adapter à une description dynamique des sources

L'objectif de cette tâche est d'étudier comment améliorer la prise en compte de la diffusion et de la directivité du bruit dans le modèle bruit lorsque les sources de bruit sont représentées de manière dynamique.

Tâche 3 (T3) : Validation expérimentale du modèle Symubruit couplé avec le modèle Mithra

Tâche 4 (T4) : Evaluation des capacités du modèle dans le cadre de l'étude des impacts d'un aménagement projeté (analyse en simulation d'un scénario test de réaménagement de voirie).

L'objectif de cette dernière tâche est de réaliser un premier exemple d'utilisation du modèle d'estimation dynamique du bruit dans une logique opérationnelle.

### 3- Résultats et perspectives

La première année du projet a été principalement dévolue à la réalisation de l'expérimentation sur le cours Lafayette et à la conduite de premières études sur les indicateurs acoustiques.

### 4- Livrables et retombées du travail

Le livrable principal de ce projet est un rapport d'étude présentant le compte-rendu des travaux menés dans le cadre des quatre tâches identifiées.

De plus il est prévu de valoriser ce projet via des communications dans différents congrès scientifiques (tels que Internoise, International Congress of Sound and Vibration, International Congress of Acoustics...) et à travers une publication de synthèse présentant le modèle et sa validation expérimentale dans une revue internationale de rang A.

## Contacts

#### Financier :

ADEME/DTM

Emmanuel THIBIER

Tél : 04 93 95 79 00

Courriel : [emmanuel.thibier@ademe.fr](mailto:emmanuel.thibier@ademe.fr)

#### Partenaire principal :

INRETS

Ludovic LECLERCQ

Tél : 04 72 04 77 16

Courriel : [leclercq@entpe.fr](mailto:leclercq@entpe.fr)

# PRE-CONNAISSANCES : PREparation - CONtribution A l'Identification des Sources Acoustiques Moteur Caractérisation Et Simulation

Période : Oct. 2006 - Janv. 2008

Coût total : 160 200 €

Montant de l'aide : 97 780 € (Financement ADEME Plan VPE)

**Mots clés : moteur, puissance acoustique, localisation de sources, intensimétrie, holographie, focalisation**

## Présentation résumée

Le projet Pre-Connaissances a été mis en place pour explorer les diverses méthodes de mesure acoustique connues à ce jour afin de déterminer lesquelles seraient les mieux adaptées pour réaliser une mesure de puissance acoustique fine sur un banc d'essai moteur et dans le même temps donneraient une localisation assez précise des sources les plus contributives. Ces actions s'inscrivent dans le cadre de la préparation du projet CONNAISSANCES dont un des objectifs sera à partir d'une caractérisation des puissances acoustiques émises et de leur localisation de caractériser la combustion.

Après une première phase d'étude et de sélection de ces méthodes, une séquence de plusieurs mesures a été mise en œuvre dans une cellule d'essai moteur. Aussi, il a été choisi un point de fonctionnement d'un moteur Diesel de véhicule léger (1500 tr/min, pleine charge) pour effectuer l'ensemble des mesures dans les mêmes conditions d'essai, et ce, sur la face de distribution et la face supérieure.

Quatre méthodes de mesures ont été testées : intensimétrie, holographie (2 outils différents) et vibrométrie laser. D'autres méthodes concernent le post-traitement des données : "31 micros", focalisation.

Les résultats obtenus pour l'ensemble de ces méthodes sont comparés en termes de mise en œuvre, de puissance acoustique, et en précision de localisation pour les différents traitements étudiés (focalisation et holographie).

## Summary

The Pre-Connaissances project was set up to investigate the diverse methods of acoustic measure known to determine which would be the best adapted to realize an accurate measure of acoustic power on a engine test bench and at the same time would give a rather precise localization of the most contributory sources. This work would prepare the next project CONNAISSANCES aiming the determination of correlation between localization and acoustic power and combustion events occurring into the combustion chamber.

After a first shift of study and selection of these methods, a sequence of several measures was operated in a test bench. A full load running point of a Diesel light vehicle engine at 1500 rpm has been chosen to make all the measures in the same trial conditions, on the distribution face and the upper face.

Four measurement methods were investigated: intensimetry, holography (2 tools), laser vibrometry; other methods deal with post-treatment of data : 31 microphones, focalization.

The results obtained for all these methods are compared in terms of implementation, acoustic power, and in precision of localization for the various studied treatments (focalization and holography).

## Partenaires

### Partenaire principal :

01dB-Metravib

### Autres partenaires :

Renault Trucks, IFP, INSA

## Présentation détaillée

### 1- Objectifs initiaux

Les véhicules automobiles et plus particulièrement les véhicules industriels doivent répondre à des spécifications portant sur le bruit émis, motivées par des impératifs de réduction des nuisances sonores vis-à-vis de l'environnement et par le souhait d'améliorer les prestations de confort acoustique à bord.

L'amélioration des performances acoustiques repose sur de nombreux facteurs et nécessite de disposer d'un moyen expérimental permettant de caractériser précisément et rapidement le rayonnement acoustique d'un moteur et/ou d'un GMP sur banc d'essai.

Les axes principaux de recherche du pré-projet consistent à :

- déterminer les techniques de mesure de puissance acoustique les plus performantes en environnement « banc d'essai moteur » ;
- déterminer les traitements les plus pertinents pour la localisation des sources acoustiques moteur les plus contributives.

### 2- Méthodes et étapes du travail

Après une première approche comparative des différentes méthodes connues et utilisées par rapport à des critères établis, plusieurs d'entre elles sont sélectionnées pour réaliser des mesures sur un moteur Diesel de véhicule léger dans une cellule d'essais moteur.

Une pré-séance d'essai est réalisée pour définir quel point de fonctionnement moteur est suffisamment stable pour que l'ensemble des mesures soit fait dans les mêmes conditions moteur.

Les essais sont alors mis en place en prenant l'intensimétrie comme mesure de référence. Les dimensions et positions des surfaces sont définies lors de cette première phase de mesure. Seules les faces supérieure et distribution sont étudiées.

Les mesures sont alors effectuées pour chaque méthode sélectionnée (intensimétrie, holographie, vibrométrie laser) sur les faces moteur.

Les résultats de certaines méthodes (31 micros, focalisation) proviendront de post-traitements des mesures citées ci-dessus.

### 3- Résultats et perspectives

Les résultats consistent à comparer la puissance globale mesurée sur chaque face moteur et à observer les différences fournies par les différentes méthodes de localisation utilisées.

Des aspects tels que la mise en œuvre de l'essai seront également abordés.

### 4- Livrables et retombées du travail

Ce projet donnera lieu à un rapport, une vidéo, une base de données de mesures.

La présentation de l'étude et des résultats auprès d'interlocuteurs extérieurs au projet devrait avoir lieu à l'issue du projet, mais n'est pas encore définie.

## Contacts

#### Financier :

ADEME  
Bertrand-Olivier DUCREUX  
Tél : 04 93 95 79 00  
Courriel : [bertrand-olivier.ducreux@ademe.fr](mailto:bertrand-olivier.ducreux@ademe.fr)

#### Partenaire principal :

01dB-Metravib  
Jocelyn PERISSE  
Tél : 04 78 66 34 18  
Courriel : [guillaume.sabatie@01db-metravib.com](mailto:guillaume.sabatie@01db-metravib.com)

**Predit**

**Secrétariat permanent**

Tour Pascal B

92055 La Défense cedex

Téléphone : 33 (0)1 40 81 14 17

Télécopie : 33 (0)1 40 81 15 22

[www.predit.prd.fr](http://www.predit.prd.fr)

