



HAL
open science

CSTB - Projet Environnements et ambiances : bilan 2011-2013, rapport de synthèse

Jérôme Defrance, Simon Bailhache, Rémi Bouchié, Michel Cossavella, Fabrice De Oliveira, Salem Farkh, Xavier Faure, Michel Garcia, François Gaudaire, Claire Grenier, et al.

► **To cite this version:**

Jérôme Defrance, Simon Bailhache, Rémi Bouchié, Michel Cossavella, Fabrice De Oliveira, et al.. CSTB - Projet Environnements et ambiances : bilan 2011-2013, rapport de synthèse. CSTB - Centre scientifique et technique du bâtiment. 2014. hal-01045024

HAL Id: hal-01045024

<https://cstb.hal.science/hal-01045024>

Submitted on 24 Jul 2014

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Usage – Santé – Confort

Projet *Environnements et ambiances*

Bilan 2011-2013

Rapport de synthèse

DEFRANCE Jérôme, BAILHACHE Simon, BOUCHIE Rémi,
COSSAVELLA Michel, DE OLIVEIRA Fabrice, FARKH Salem, FAURE Xavier,
GARCIA Michel, GAUDAIRE François, GRENIER Claire, GUIGOU Catherine,
JAGLA Jan, JAQUS Gary, JEAN Philippe, LEISSING Thomas, NOE Nicolas,
NORMAND Cédric, PERRAUDEAU Michel, ROUGIER Christophe,
SABRE Maeva, SCHMICH Isabelle, VILLOT Michel

Université Paris-Est, Centre scientifique et technique du bâtiment,
Direction santé confort
Direction climatologie aérodynamique pollution épuration
Direction revêtements et isolation
Direction clos et couvert

12/02/2014

CENTRE SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE DU BATIMENT

SIÈGE SOCIAL > 84 AVENUE JEAN JAURÈS | CHAMPS-SUR-MARNE | 77447 MARNE-LA-VALLÉE CEDEX 2
TÉL. (33) 01 64 68 82 82 | FAX. (33) 01 60 05 70 37 | SIRET 775 688 229 000 27 | www.cstb.fr

ÉTABLISSEMENT PUBLIC À CARACTÈRE INDUSTRIEL ET COMMERCIAL | RCS MEAUX 775 688 229 | TVA FR 70 775 688 229

MARNE-LA-VALLÉE | PARIS | GRENOBLE | NANTES | SOPHIA-ANTIPOLIS

© 2014 CSTB



Ce texte est distribué sous les termes de la licence Creative Commons Attribution 3.0 non transposé **(CC BY 3.0)**

Le texte complet de la licence est disponible à l'adresse suivante :
<http://creativecommons.org/licenses/by/3.0/legalcode>

Résumé des droits et conditions de la licence :

⇒ **Vous êtes libre de :**

- partager (reproduire, distribuer et communiquer) l'œuvre ;
- remixer, adapter l'œuvre ;
- d'utiliser cette œuvre à des fins commerciales.

⇒ **Selon les conditions suivantes :**

- Attribution (paternité, crédit) : vous devez attribuer l'œuvre de la manière indiquée par l'auteur de l'œuvre ou le titulaire des droits (mais pas d'une manière qui suggérerait qu'ils vous approuvent, vous ou votre utilisation de l'œuvre).

Toute citation d'extraits, reproduction ou utilisation doit obligatoirement faire apparaître la référence de ce document sous la forme : **Defrance J. et al., Projet Environnements et ambiances : bilan 2011-2013, rapport de synthèse, CSTB, février 2014, 38 p.**

⇒ **Comprenant bien que**

- les droits suivants ne sont en aucune manière affectés par la licence :
 - Vos prérogatives issues des exceptions et limitations aux droits exclusifs ou *fair use* ;
 - Les droits moraux de l'auteur que rien dans ce contrat ne diminue ou ne restreint.
- A chaque réutilisation ou distribution de cette œuvre, vous devez faire apparaître clairement au public la licence selon laquelle elle est mise à disposition. La meilleure manière de l'indiquer est un lien vers cette page web : <http://creativecommons.org/licenses/by/3.0/deed.fr>.

Résumé

L'évaluation et l'amélioration du confort environnemental global du citoyen, que ce soit chez lui, sur son lieu de travail ou lors de ses déplacements pédestres et cyclistes dans la ville, sont devenues des enjeux cruciaux du développement durable urbain de ce début de XXI^e siècle.

Ce projet R&D *Environnements et ambiances* cherche à aller au-delà de la réglementation actuelle, voire à créer de nouvelles méthodologie d'évaluation de la qualité de l'environnement interne et externe du cadre bâti, en associant différentes compétences techniques présentes au CSTB (acoustique, vibrations, ondes électromagnétiques, lumière naturelle et éclairage, aérothermique, végétation...) afin d'évaluer et d'améliorer de façon globale le confort du citoyen, en confrontant la mesure physique, la prévision d'indicateurs dédiés et la perception des individus en terme de ressenti et de gêne.

Ce projet est organisé autour de deux tâches : 1/ *la caractérisation du confort global*, impliquant la définition du confort humain de l'urbain au bâtiment, l'amélioration de nos outils de prévision et d'évaluation, ainsi que le développement d'outils de diagnostic ; 2/ *les solutions d'amélioration du confort* déterminées en appliquant les outils et bancs de mesures dédiés.

Mots clés : qualité d'ambiance, confort, acoustique, vibrations, vent, ondes électromagnétiques, éclairage, aérothermique, végétalisation, analyse sensorielle

Abstract

Assessment and improvement of people's global environmental comfort, at home, at work or during their pedestrian and cycling travels, have become a key challenge for sustainable development of cities as the new century begins.

This R&D project called *Environments and ambiances* tries to go beyond the current regulations, even develop new approaches for indoor and outdoor environmental quality assessment. This may be achieved by combining expert knowledge at CSTB (acoustics, vibrations, electromagnetic waves, natural light and lighting, aero-thermal science, vegetating...). By comparing physical measurements, indicators predictions and people's perception (feeling and annoyance) one may capture and holistically improve the citizen's comfort.

This project is organised around two tasks: 1/ *Characterisation of global comfort*, meaning definition of human comfort in urban as well as building areas, improvement of our assessment and prediction codes, and development of diagnostic tools; 2/ *Solutions for improving comfort* by applying our dedicated software and measuring facilities.

Keywords: Ambience quality, comfort, acoustics, vibrations, wind, electromagnetic waves, lighting, aero-thermal, vegetating, sensorial analysis

Table des matières

| | |
|--|-----------|
| PRESENTATION GENERALE | 5 |
| 1. RESULTATS DE LA RECHERCHE : CONFORT GLOBAL | 9 |
| 1.1 INDICATEURS DE CONFORT | 9 |
| 1.1.1 Paramètres physio-physiologiques modifiant la perception de l'environnement..... | 9 |
| 1.1.2 Indicateurs pertinents propres à évaluer le confort | 9 |
| 1.2 AMELIORATION DES OUTILS PREVISIONNELS..... | 10 |
| 1.2.1 Développement des modèles de simulation | 10 |
| 1.2.2 Amélioration et adaptation de nos méthodes de mesure..... | 13 |
| 1.3 APPROCHES MULTICRITERES..... | 15 |
| 1.3.1 Le végétal dans le développement durable des villes | 15 |
| 1.3.2 Approche multi-sensorielle | 15 |
| 1.3.3 Performance multicritères des écrans antibruit..... | 16 |
| 2. RESULTATS DE LA RECHERCHE : SOLUTIONS D'AMELIORATION DU CONFORT ... | 17 |
| 2.1 SOLUTIONS A L'ECHELLE DU BATIMENT | 17 |
| 2.1.1 Confort visuel | 17 |
| 2.1.2 Confort vibratoire..... | 17 |
| 2.2 SOLUTIONS A L'ECHELLE DE L'URBAIN | 17 |
| 2.2.1 Confort visuel | 17 |
| 2.2.2 Végétalisation..... | 18 |
| 2.2.3 Confort acoustique | 18 |
| PERSPECTIVES | 19 |
| ANNEXE 1 : REFERENCES | 23 |
| ANNEXE 2 : PROJETS COFINANCES | 35 |
| ANNEXE 3 : THESES ASSOCIES AU PROJET R&D | 37 |

PRESENTATION GENERALE

Contexte

L'évaluation et l'amélioration du confort environnemental global du citoyen, que ce soit chez lui, sur son lieu de travail ou lors de ses déplacements pédestres et cyclistes dans la ville, sont devenues des enjeux cruciaux du développement durable urbain de ce début de XXI^e siècle. Ces exigences accrues propre à la qualité des ambiances, aussi bien à l'intérieur des bâtiments que dans les espaces extérieurs de vie, sont en adéquation avec certaines préoccupations premières du Grenelle de l'environnement :

- La crise énergétique, et le besoin pour les bâtiments de se montrer suffisamment sobres en matière de consommation énergétique, impliquant de nouvelles techniques propres à l'acoustique, aux vibrations, à l'aération, à l'éclairage... ;
- Le dérèglement climatique et la rationalisation des ressources non-renouvelables, incitant à développer (ou à redécouvrir) certaines bonnes pratiques du bâtiment - ce dernier étant très fortement impacté par le milieu proche dans lequel il est construit (bruits extérieurs, vent, éclairage public...) -, à promouvoir les modes doux de déplacement urbain : à pieds, à vélo mais aussi en tram et en train (d'où des problèmes de gêne vibratoire, entre autres exemples) et à soutenir le végétal en milieu urbain.

Ce projet R&D *Environnements et ambiances* vise à aller au-delà de la réglementation actuelle, voire à créer de nouvelles méthodologie d'évaluation de la qualité de l'environnement interne et externe du cadre bâti, en associant différentes compétences techniques présentes au CSTB (acoustique, vibrations, ondes électromagnétiques, lumière naturelle et éclairage, aérothermique...) afin d'évaluer et d'améliorer de façon globale le confort du citoyen, en confrontant la mesure physique, la prévision d'indicateurs dédiés et la perception des individus en terme de ressenti et de gêne.

Un besoin de bâtiments confortables face aux enjeux énergétiques

Concernant les vibrations environnementales (train, tram, chantiers, ...) et le bruit solidien associé, le cadre réglementaire et normatif actuel est insuffisant en France : il y a un fort besoin de descripteurs de confort, de seuils de nuisance et d'études exposition/perception, ainsi que d'outils de prévision pour les études d'impact, incluant la caractérisation des sources. Les dispositifs d'atténuation des vibrations dans les bâtiments sont des solutions dont la prévision et le contrôle de la performance sont actuellement simplistes et dont les effets sur la stabilité structurale des bâtiments, en particulier en zone sismique, sont mal connus.

Toujours dans le domaine vibro-acoustique, la problématique des basses fréquences s'avère de plus en plus importante : des propositions de modification des indices de performance acoustique intégrant les basses fréquences au niveau mondial et européen sont en discussion sur la base d'une prise en compte améliorée du confort des occupants de bâtiment. Notamment dans les bâtiments légers, les performances des composants qui sont très généralement de type double paroi sont assez faibles. Par ailleurs, dans le cadre de la nouvelle attestation acoustique obligatoire depuis 2013, la prise en compte en phase

conception de la réglementation acoustique devient une obligation, faisant de la prévision de la performance de l'ouvrage un maillon très important. Ainsi il est impératif, pour aider le secteur de la construction, de proposer des outils pour répondre à cette nouvelle demande. Si pour les bâtiments à structure lourde, les outils existent et doivent être modifiés pour prendre en compte de nouvelles configurations, la méthode de prévision de la performance des ouvrages légers est toujours en développement et en discussion au niveau européen.

Concernant cette fois le confort visuel en lumière de jour à l'intérieur des bâtiments, le choix d'une protection solaire de type toile est particulièrement difficile (contrôle des apports solaires, limitation de la luminance de l'ouverture, vue sur l'extérieur et non vue vers l'intérieur la nuit). Pour que le confort visuel des occupants du local protégé soit "optimal", tout en se plaçant dans l'optique de la réduction des consommations d'énergie pour l'éclairage artificiel, il faut à la fois limiter le risque d'éblouissement par les fenêtres et avoir un niveau d'éclairement suffisant sur le plan de travail. La recherche des combinaisons des paramètres photométriques des toiles conduisant aux meilleurs résultats a été faite dans le cadre d'une étude paramétrique dans un local type. Si le niveau d'éclairement moyen sur le plan de travail correspondant à la zone d'accès à la lumière du jour selon la réglementation thermique ou à la zone de premier rang selon la certification HQE est indépendant de la position de l'occupant, le risque d'éblouissement par les fenêtres dépend à la fois de cette position mais aussi de la direction du regard. On a donc potentiellement une valeur de risque pour chaque couple position/regard.

Une demande sociétale d'ambiances urbaines de meilleure qualité

La qualité et la gestion des ambiances urbaines est un sujet directement lié à une demande de plus en plus forte des populations. En raison de la densification du bâti et, en même temps, de l'augmentation de la population en ville, ces ambiances sont modifiées voire dégradées. Il est donc important de mettre au point des outils de diagnostic et d'établir des indicateurs qui caractériseront ces ambiances urbaines.

Un exemple évident est le rôle que peut jouer le végétal, approche déjà adoptée par nos voisins (Belgique, Espagne, Allemagne, Angleterre, Canada...) mais avec de fortes lacunes sur les aspects quantitatifs. Les réponses ne peuvent être standardisées. Aussi, pour une aide à la décision efficace, il apparaît nécessaire de mieux connaître les phénomènes physiques et les paramètres qui conditionnent le rôle du végétal en ville.

De même, la pollution sonore est actuellement l'un des principaux problèmes environnementaux, en France et dans l'ensemble des pays de l'Union européenne, deux-tiers de la population française se déclarant gênés par le bruit à leur domicile. Mais au cours de ces dernières années, alors que l'urbanisation s'accroissait, avec des contraintes de densification, et que les transports terrestres se développaient, avons-nous créé les outils logiciels adaptés à la gestion du bruit dans la ville et nécessaires à la compréhension des phénomènes physiques auprès des aménageurs et des citoyens ? Avons-nous répondu à l'attente de pouvoir davantage appréhender, quantitativement et qualitativement, le paysage sonore urbain afin de mieux le gérer, notamment pour le piéton et le cycliste, qui sont au cœur des enjeux de déplacements

doux ? En matière de lutte contre le bruit des transports, le cadre technico-réglementaire actuel date des années 1970-1990 et s'adresse principalement aux grands axes routiers et ferroviaires reliant les agglomérations. Les indicateurs de type "long terme" ainsi que les valeurs limites retenues sont peu pertinentes dans une problématique urbaine caractérisée par la densification, les ambiances de vie et le partage plurifonctionnel de l'espace public. En particulier, ce cadre vise principalement à limiter les niveaux sonores à l'intérieur des logements alors que des recherches récentes en matière d'éco-quartier démontrent que le fait de disposer d'espaces extérieurs (jardin, balcon, parc, square, trajet urbain...) relativement calmes diminue fortement les effets sanitaires négatifs du bruit. Nous vivons un moment de rupture où nous avons en notre possession le savoir et les briques d'outils permettant de créer cette nouvelle façon de concevoir et gérer un paysage sonore urbain confortable.

Objectifs du projet R&D

Les quatre principaux objectifs de ce projet sont :

- La définition du confort et le développement d'un référentiel d'indicateurs dédiés, en milieu urbain et à l'intérieur des bâtiments, en s'appuyant sur la mise en œuvre d'approches multicritères et l'approfondissement des recherches sur les déterminants du confort ;
- Le développement et l'amélioration continue des outils de prévisions de la propagation/dispersion et de l'évaluation des doses reçues par les populations, ceci pour l'ensemble des agents physiques en milieu urbain aussi bien qu'en espace clos : bruit, vibrations, éclairage, polluants, vent, température, ombrages, odeurs, ondes électromagnétiques ;
- La mise en commun opérationnelle de ces outils pour des projets d'aménagement urbain pluridisciplinaires aussi bien que pour le design et la gestion du confort global de volumes complexes, du grand hall à l'habitable, ou encore pour des problèmes spécifiques comme la détermination des solutions techniques visant à améliorer conjointement les aspects de confort thermique et de confort acoustique ;
- Le développement et l'optimisation de solutions innovantes permettant la réduction des doses et des nuisances subies, du quartier au bâtiment, ceci autant au niveau préventif que dans le cadre de remédiations.

Principaux objectifs thématiques

A l'échelle « bâtiment »

Concernant les vibrations environnementales (train, tram, chantiers...) et le bruit solidien associé, les objectifs consistent à analyser les descripteurs et les seuils de nuisance utilisés dans les autres pays, à monter un projet d'étude exposition-perception sur site avec des partenaires, à améliorer les outils de prévision incluant la caractérisation des sources, à développer des méthodes de prévision et de contrôle de la performance des dispositifs d'atténuation dans le bâtiment et à comprendre les effets de ces dispositifs sur la stabilité structurale des bâtiments, en particulier en zone sismique.

Pour la problématique des bruits basses fréquences (BF), l'objectif est d'évaluer la gêne potentielle et de déterminer la corrélation entre la gêne ressentie et les indicateurs de performance acoustique généralement utilisés, intégrant ou non les BF (tiers d'octave de 50 à 80 Hz). L'extension des méthodes de prévision de performance de l'ouvrage vers les BF doit aussi être étudiée.

Concernant la qualité de l'eau potable, son appréciation gustative et olfactive est importante dans les comportements d'acceptation par les consommateurs. L'eau potable doit respecter des critères organoleptiques et ne pas contenir de faux-goûts, que les consommateurs associent à des risques potentiels pour leur santé. L'objectif est donc d'étudier différentes méthodes permettant la mesure par l'humain - indicateurs du système nerveux et jugements sensoriels - des goûts et odeurs de l'eau.

Pour ce qui est de l'évaluation du risque d'inconfort visuel associé à un local sans avoir à prendre en compte un très grand nombre de couples position/regard, une solution consiste à avoir un couple position/regard représentatif du risque annuel. C'est la recherche de ce couple, fonction des paramètres principaux du risque d'éblouissement, qui est l'objectif principal, passant par la mise en place d'une démarche de calcul spécifique.

A l'échelle « urbaine »

Concernant le végétal en milieu urbain, les enjeux auxquels il répond sont nombreux (énergétique, hydrique, thermique...). La prise en compte de l'ensemble des interactions simultanément est cependant un exercice complexe et ambitieux. Pour cette raison, seuls deux enjeux ont fait l'objet des travaux de recherche au CSTB : les enjeux climatiques et hydrologiques, et très partiellement celui de la qualité de l'eau. Ce travail passe par différents types d'approches d'expérimentation et de modélisation. L'objectif est de mettre au point des protocoles expérimentaux et de développer les outils de simulation et les indicateurs permettant d'évaluer les performances d'ordre énergétique, hydrique, thermique, acoustique, lumineuse, ou relatives au filtre pour la qualité de l'air et de l'eau, aux surfaces végétalisées et à leurs impacts sur la qualité des ambiances urbaines.

Concernant la question de l'exposition aux ondes électromagnétiques, autre sujet d'importance dans nos villes, elle fait intervenir des acteurs aux intérêts divergents (opérateurs, associations, pouvoirs publics, ...). L'objectif principal est donc de pouvoir caractériser l'« ambiance » électromagnétique dans les environnements urbains, et ce de manière objective et reconnue.

Dans le domaine de l'acoustique environnementale, le principal objectif portera sur le développement des principes d'une méthodologie logicielle d'aide à l'aménagement durable du paysage sonore urbain à l'attention de l'aménageur, ceci en lien avec des acteurs de terrain, et en intégrant des indicateurs dédiés. Cette action nécessite en outre, la mise au point d'une méthodologie simplifiée de construction de scénarios de simulation dynamique de trafic par le Licit (laboratoire Ifsttar-ENTPE) et l'intégration d'un module d'auralisation de scénarios urbains. La finalité est que ces innovations, propres à la représentation quantitative et qualitative de l'espace sonore urbain, soient développées via un prototype issu de Mithra-SIG.

1. RESULTATS DE LA RECHERCHE : CONFORT GLOBAL

1.1 INDICATEURS DE CONFORT

1.1.1 PARAMÈTRES PHYSIO-PHYSIOLOGIQUES MODIFIANT LA PERCEPTION DE L'ENVIRONNEMENT

Dans le domaine de la perception sensorielle dans les bâtiments, les travaux de recherche sur le goût et l'odeur de l'eau ont d'abord porté sur la recherche d'une corrélation potentielle entre des mesures physiologiques et gustatives, auprès de quatre sujets sélectionnés. Des méthodes physiologiques non-invasives ont ainsi pu être testées, telles que la mesure des réponses électrodermales (RED), les variations de la fréquence cardiaque (HRV), la microcirculation cutanée (BF) (Fig. 1) ou encore des signaux électroencéphalographiques (EEG), enregistrés en temps réel lors de la dégustation. Des paramètres de durées, d'amplitudes, d'énergie spectrale ont été extraits selon le type de données et ont été normalisés pour les rendre comparables. Des analyses en composantes principales (ACP) individuelles et globales ont été réalisées afin de visualiser la discrimination des produits en fonction des différents types de variables. Afin de visualiser l'effet des différents groupes de variables sur la discrimination des produits, une analyse factorielle multiple hiérarchique (AFMH) a été envisagée.

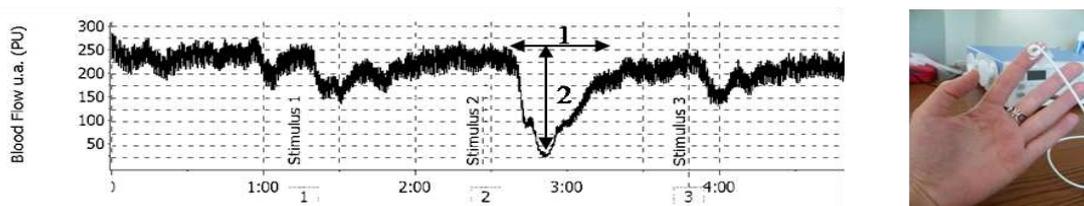


Fig. 1. Mesure de la microcirculation cutanée liée à un test sur 3 stimulations gustatives

Concernant la perception de l'espace sonore, des recherches ont porté sur différents aspects de la restitution acoustique (auralisation) du bruit d'impact et de son intégration dans le logiciel Acoubat du CSTB, ainsi que sur l'effet de la diffraction sur la qualité acoustique des bureaux ouverts.

En espaces extérieurs, la perception visuelle de l'environnement urbain par les personnes âgées et par celles présentant un déficit visuel a été abordée et les aspects liés à l'insécurité et à l'idée que l'on s'en fait selon l'éclairage urbain en place ont été évoqués. Ce thème a été complété par une veille et un retour d'expérience sur les opérations d'extinction de l'éclairage public la nuit, plusieurs solutions s'offrant aux élus municipaux pour atteindre leurs objectifs énergétiques.

1.1.2 INDICATEURS PERTINENTS PROPRES À ÉVALUER LE CONFORT

Pour les espaces internes, l'analyse des principaux descripteurs de nuisance existant à l'étranger relatifs aux vibrations environnementales (principalement trafic ferroviaire et chantiers de construction/démolition) et concernant les vibrations (perception corporelle) et le bruit solide (perception auditive) a conduit à l'identification de 4 descripteurs principaux : le niveau maximum (plutôt relié aux perturbations des activités et sommeil) et le niveau équivalent

(davantage relié à la gêne à long terme) pour les vibrations et pour le bruit solarien.

Dans le domaine des basses fréquences acoustiques, les tests perceptifs menés en laboratoire n'ont pas permis de valider la pertinence des nouveaux indices européens proposés.

Parallèlement, l'effort a été soutenu dans le domaine des ondes électromagnétiques et de l'exposition associée des populations à l'intérieur des bâtiments dans les villes. Cet aspect du confort interne est important car il correspond à l'usage réel et à la demande du public. La méthode de calcul ayant été confrontée, avec succès, à des calculs de référence et à des mesures publiques de couvertures, les résultats obtenus sont progressivement intégrés au logiciel Mithra-REM (version 1.6) développé par le CSTB.

Pour le domaine du confort visuel, un indicateur représentatif du risque d'éblouissement annuel dans tout le local a été développé en parallèle avec celui mené dans le cadre du projet *Elodie 2.0*. Ce travail a consisté à mettre en place une procédure de calcul destinée à déterminer un couple position/regard représentatif de ce que l'on obtient sur toute l'année en moyenne dans tout le local. Le principe est d'effectuer en parallèle deux séries de calcul : une série aux points d'une grille de points pour lesquels on considère plusieurs directions de regard et une autre série, en un point spécifique et pour un grand nombre de directions de regard. Au final on regarde quelle direction de regard pour la position de référence conduit au "même" nombre d'instant à risque que celui obtenu à partir de l'analyse des résultats aux points de la grille. Dans cette phase préliminaire, les valeurs seuils de l'indice d'éblouissement et du pourcentage de couples position/regard au-delà de ce seuil n'ont pas été fixées ; les résultats sont présentés, pour une configuration de local et d'ouverture, en fonction de ces valeurs seuils.

Concernant les espaces extérieurs, un point sur les critères et les seuils usuellement utilisés dans le domaine du confort au vent et la définition d'un nouveau type de capteur ont été réalisés afin de répondre aux besoins des acteurs des projets de construction ou d'aménagement.

1.2 AMELIORATION DES OUTILS PREVISIONNELS

1.2.1 DÉVELOPPEMENT DES MODÈLES DE SIMULATION

Dans le domaine de l'acoustique du bâtiment, un nombre conséquent d'améliorations des modèles prévisionnels a été mené en cohérence avec les travaux du CEN/TC126, avec de futures normes à la clef : extension des tabulations de l'indice d'affaiblissement vibratoire de jonction, utilisation des isolements vibratoires mesurés de jonctions de parois (développements du logiciel Acoubat), performance d'ouvrages et d'éléments légers ainsi que bruits d'équipement.

Concernant la prévision des vibrations environnementales, des modèles empiriques statistiques existants de transfert vibratoire sol/bâtiment ont été identifiés, analysés et enrichis sur leurs points faibles (données sol et fondations de bâtiment) à l'aide du modèle déterministe du CSTB Mefissto 2D $\frac{1}{2}$, le développement de Mefissto 3D ayant débuté (recherches sur les singularités, la

non-continuité des contraintes et les temps de simulation). Le calcul des descripteurs de nuisance a été incorporé au modèle statistique qui a pu ainsi être utilisé dans le projet européen Rivas (Fig. 2). Une étude de sensibilité de ces descripteurs à différentes situations (sol, bâtiment, type de train et trafic) a été effectuée. Notons des difficultés dans la prévision des vibrations dans les bâtiments avec les modèles du commerce.

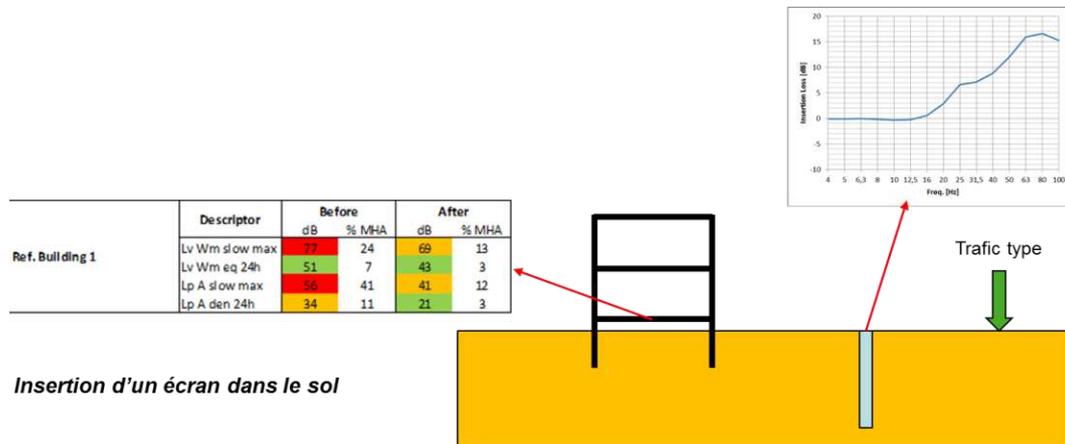


Fig. 2. Vibrations environnementales : calcul de l'effet d'un écran dans le sol via 4 descripteurs

Pour ce qui est des basses fréquences, des premiers travaux ont été menés pour évaluer la pertinence de la méthode de prévision européenne de la performance de l'ouvrage. Des mesures intégrant les basses fréquences en condition *in situ* ont été effectuées en prenant en compte la nouvelle méthode de mesure incluant des mesures complémentaires dans les coins (PR ISO 16283-1). Si la performance des éléments composant l'ouvrage est connue, alors il semble que la méthode normalisée européenne puisse s'appliquer directement ; des écarts sont effectivement observés entre prévision et mesure mais ils ne sont pas plus importants pour les tiers d'octave de 50 à 80 Hz que pour le tiers d'octave 100 et 125 Hz. Ainsi le logiciel Acoubat pourrait être étendu pour évaluer la performance acoustique dès 50 Hz si la base de données est complétée pour les tiers d'octave aujourd'hui manquants.

La méthode de prévision en cours de mise au point, au niveau européen, pour les bâtiments légers à ossature bois, utilise comme donnée d'entrée l'isolement vibratoire des jonctions. La caractérisation sur site de ces jonctions n'est pas simple et demande du temps. Des mesures sur des maquettes en laboratoire sont relativement coûteuses. De plus, la multiplicité des jonctions a conduit à évaluer l'utilisation d'une approche de modélisation par élément fini. Ce type de modèle permet facilement d'étudier l'effet du type et du nombre de parements, du type de solives, de l'orientation des solives, du type d'excitation, etc. Pour un certain nombre de jonctions, les résultats prenant en compte des variations paramétriques permettent de définir un domaine dans le lequel toutes les simulations se situent. Ces résultats doivent permettre de compléter les isollements vibratoires pour les différentes classes de jonctions pour les systèmes à ossature bois nécessaires à la prévision de la performance de l'ouvrage. Les problématiques des vibrations associées à la marche ont aussi été abordées en proposant des indices de performance et en identifiant les modèles simplifiés de prévision existants.

Concernant les jonctions, des travaux sur les jonctions hétérogènes (cas d'un rez-de-chaussée en béton et d'un étage en structure plus légère de type brique, béton cellulaire, parpaings creux, etc.) ont permis de proposer une extension des tabulations de l'indice d'affaiblissement vibratoire de jonction donné dans la norme NF EN 12354. Cette proposition sera discutée au niveau européen dans le cadre de la mise à jour de la norme EN 12354. Aujourd'hui, cette proposition a déjà été intégrée au logiciel de calcul de la performance d'ouvrage Acoubat. De plus, une méthode pour la prise en compte d'isolement vibratoire de jonction mesuré dans des outils de prévision (comme Acoubat) a été proposée ; elle est basée sur un lissage de spectre permettant de réduire les incertitudes de mesure.

Concernant les espaces extérieurs de la ville, et particulièrement l'acoustique urbaine, un modèle de référence basé sur une résolution rapide du problème théorique (algorithme multipolaire rapide appliqué aux éléments de frontière : Fast-BEM) a été développé et doit permettre de valider les évolutions de la norme française NMPB-2008 pour l'urbain. La Fast-BEM a été appliquée au cas d'un petit quartier de quelques bâtiments permettant de tester la robustesse de la méthode multipolaire rapide (Fig. 3). À 100 Hertz, le gain en temps de calcul est de l'ordre de 30. Ainsi, même si cette méthode permet de bien traiter des problèmes disposant d'un très grand nombre d'élément (plusieurs centaines de millier sur un PC classique), la limitation semble bien se trouver du côté théorique et engendre une taille maximale du problème à traiter.

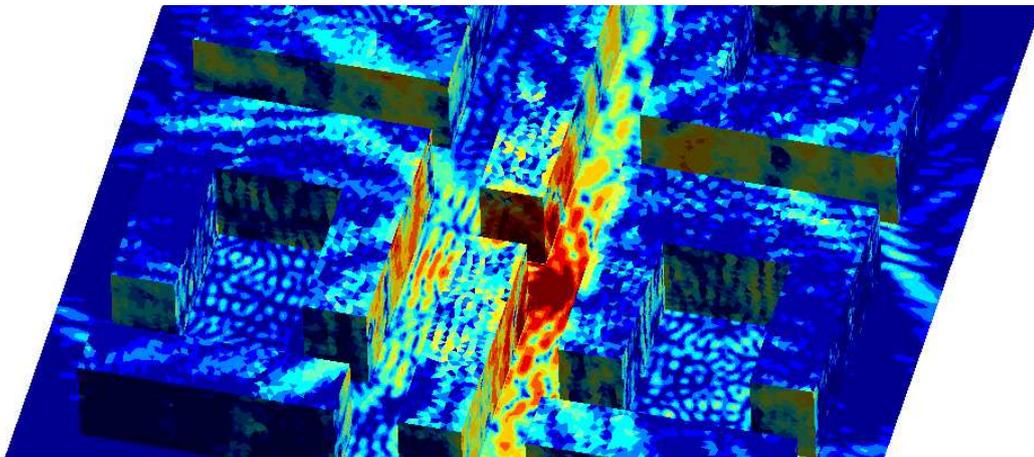


Fig. 3. Prévision du niveau de pression acoustique en urbain par une méthode Fast-BEM

Pour ce qui est de la végétalisation des bâtiments, trois aspects ont été étudiés par le CSTB : thermique/énergétique, hydrique et qualitatif. Pour l'aspect thermique/énergétique, les travaux ont démontré que pour les toitures, seul le dernier étage était bénéficiaire, que l'apport de chaleur se faisait aussi et surtout par les façades et que les conditions hydriques du complexe substrat-plante devaient être optimales. Une formulation a été développée prenant en compte les toitures végétalisées dans la réglementation thermique 2012 (RT 2012). Concernant l'aspect hydrique, des simulations des performances hydriques des toitures ont été menées à l'aide du logiciel dédié Hydrus 3D. Les résultats indiquent que l'hypothèse de double porosité est celle qui explique le mieux les résultats expérimentaux. Le coefficient de rétention d'eau est supérieur à 72 % pour des fortes pluies et des différences entre espèces peuvent aller jusqu'à

11 %, avec la même constatation pour l'évapotranspiration. Enfin, pour les aspects de qualité de l'eau, les premiers résultats d'analyse montrent un fort taux de présence de certains métaux et des études complémentaires seront nécessaires.

Dans le domaine des ondes électromagnétiques, le projet a cherché à prendre en compte les bâtiments atypiques comme les arches et les tunnels ou les formes de toits complexes. Pour cela, il a fallu hybrider localement nos méthodes de propagation en 2,5D (adaptées à un environnement urbain classique) avec des méthodes en vraie 3D, utilisées pour les environnements intérieurs. Là encore, cette évolution est en phase avec les besoins, dans la mesure où la précision des modèles de données urbaines s'affine. Globalement, le travail mené a cherché à faire évoluer les méthodes de calcul utilisées de la simulation vers l'ingénierie.

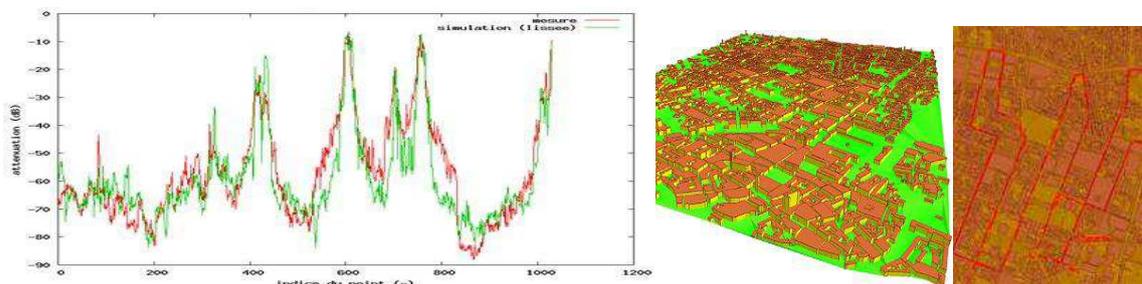


Fig. 4. Ondes électromagnétiques : validation calculs/mesures (gauche) pour un parcours modélisé sous Mithra-REM (droite)

Les résultats ont donc été confrontés à différentes données de mesures publiques (Fig. 4), et les méthodes adaptées pour qu'elles soient fiables, stables et en adéquation avec le type de données disponibles. L'ensemble de ces recherches a été exploité pour l'étude du comité opérationnel du Grenelle des ondes sur l'état des lieux des niveaux de champs sur des villes pilotes.

1.2.2 AMÉLIORATION ET ADAPTATION DE NOS MÉTHODES DE MESURE

De nouvelles méthodes de caractérisation des matériaux poreux ont été mises au point au laboratoire européen d'acoustique du bâtiment du CSTB (Labe). Ces caractéristiques sont utilisées dans les outils prévisionnels permettant une optimisation des produits en accompagnement des clients industriels. Par ailleurs, le développement de méthodes de mesure *in situ* de la dispersion acoustique et de la diffusivité globale d'un volume fermé a été entrepris.

Pour ce qui est du bruit d'équipement, une source de référence utilisable sur des parois verticales et horizontales a été développée et réalisée. Elle a été utilisée pour comparer le bruit structural émis sur différents types de paroi support (lourde et légère).

Pour ce qui est des basses fréquences, et plus particulièrement de la corrélation entre la gêne ressentie par des occupants et les indicateurs de performance acoustique généralement utilisés intégrant ou non les basses fréquences (tiers d'octave de 50 à 80 Hz), des tests d'écoute ont été mis en œuvre (Fig. 5). Si la musique rock (riche en basses fréquences) a été évaluée comme la source la plus gênante, les indicateurs de performance actuel (n'intégrant pas les basses fréquences) semblent en moyenne pour toutes les sources sonores et toutes les

parois considérées les mieux corrélés à la gêne exprimée. D'autres études européennes vont dans le même sens ; cependant les études prenant en compte les tiers d'octave dès 20 Hz montrent que les basses fréquences sont importantes pour évaluer le confort ou la gêne. Ainsi les travaux sur ce sujet devront se poursuivre et intégrer la problématique des bruits d'impact.



Fig. 5. Basses fréquences : salle de tests d'écoute pour l'évaluation de la gêne

L'étude du confort au vent et de la sécurité des piétons est une problématique importante pour la viabilité d'un projet d'aménagement urbain ou la réalisation d'un bâtiment de grande taille qui aurait pour impact la modification des conditions de vent dans les espaces à proximité de ce nouveau projet. Les travaux de recherche ont permis de construire un corpus de connaissance autour de la métrologie des écoulements, des moyens de traitement de la mesure et des indicateurs de confort au vent.

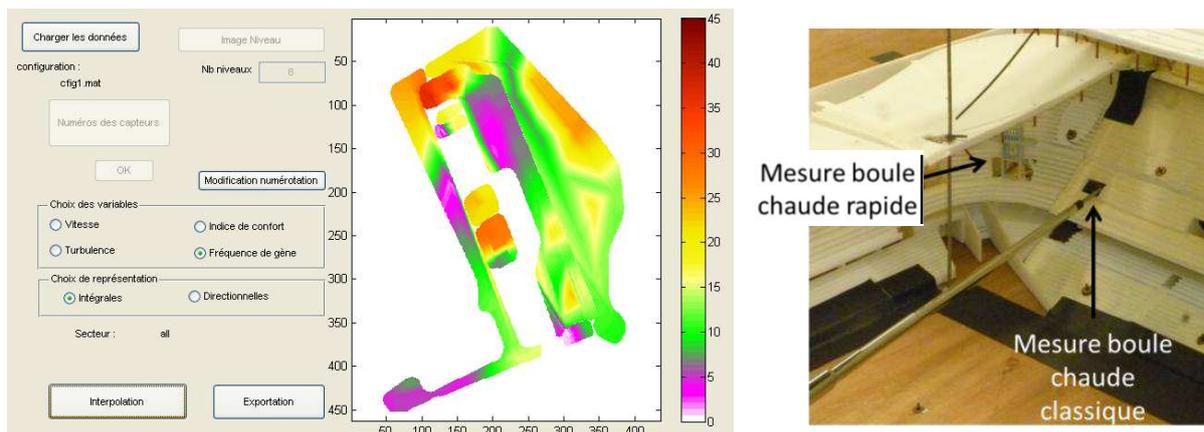


Fig. 6. Confort au vent : logiciel d'analyse (cas du stade) et métrologie type boule chaude rapide

Un logiciel d'analyse du confort au vent, dédié aux essais en soufflerie à couche limite atmosphérique, a été développé. Une métrologie (boule chaude rapide) plus en accord avec la nature 3D des écoulements a été développée et mise en œuvre (Fig. 6). À terme, ce type de mesure remplacera les sondes de mesure pariétale Irwin (sonde utilisée par la concurrence).

1.3 APPROCHES MULTICRITERES

1.3.1 LE VÉGÉTAL DANS LE DÉVELOPPEMENT DURABLE DES VILLES

Travailler sur le rôle du végétal sur les ambiances urbaines demande un minimum de multidisciplinarité. Ce domaine a été abordé selon deux approches complémentaires, théorique et expérimentale (Fig. 7). Ainsi, pour l'amélioration du confort urbain, ont été développées (VegDud, CETV) des compétences dans la réalisation de bancs expérimentaux végétalisés et d'outils de simulation de performances afin, notamment, de proposer une formulation pour la RT 2012 prenant en compte simultanément leurs aspects thermique et énergétique, et afin de mettre en évidence l'optimisation de la gestion des eaux pluviales lors d'événement pluvieux extrêmes.



Fig. 7. Bancs expérimentaux végétalisés (projet VegDud)

1.3.2 APPROCHE MULTI-SENSORIELLE

Un projet portant sur le *management des dépenses énergétiques pour l'obtention du bien être* en collaboration avec l'IBP-Fraunhofer et avec l'implication technique de Valeo, s'est traduit par une application concrète d'une approche multi-sensorielle acoustique-thermique (Fig. 8). Cette approche s'appuie à la fois sur de mesures de l'activité du système nerveux autonome (SNA), de la thermorégulation (thermographie du visage) et sur l'étude comportementale (interaction homme-environnement).

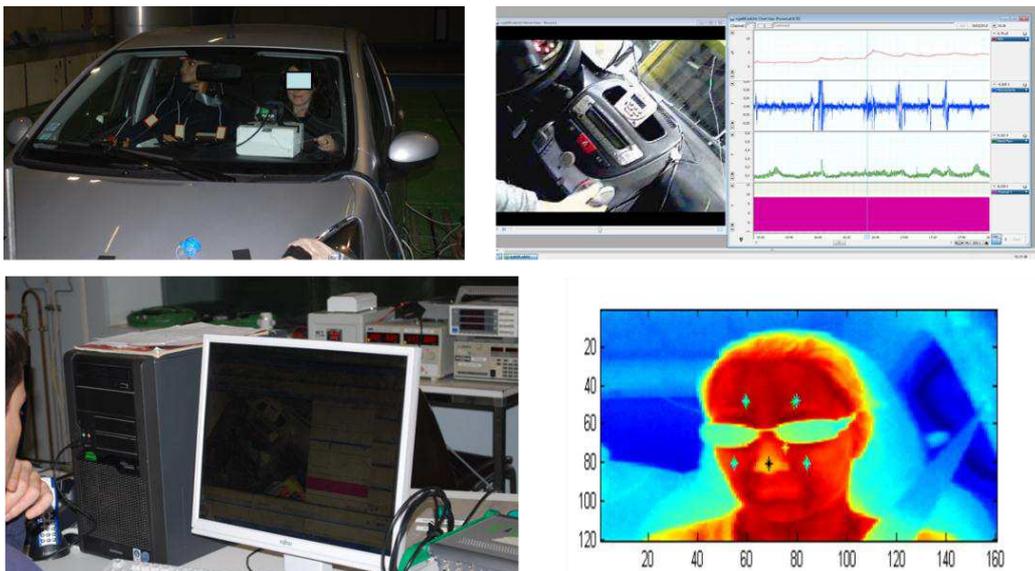


Fig. 8. Approche multi-sensorielle acoustique-thermique : équipement et logiciels

Cette expérimentation a permis d'identifier et de décrypter les comportements en présence des différentes sources de gênes (thermique et acoustique) pour l'obtention du bien être dans un contexte où l'énergie disponible pour le chauffage est équivalente à celle d'un véhicule électrique. La convergence étudiée correspond à une situation de trajet standard de 30 mn. Sur un panel présentant des caractéristiques identiques du point de vue du confort thermique (âge, poids, taille, sexe, ethnie, historique thermique...), des relations d'ordre entre les sources de gênes ont été observées (gestion séquentielle de la gêne). La consommation énergétique peut varier de plusieurs dizaines de pourcent en fonction des groupes de comportement (application des travaux de thèse d'Armelle Bigouret).

1.3.3 PERFORMANCE MULTICRITÈRES DES ÉCRANS ANTIBRUIT

Pour le cadre urbain, le projet européen QuiesstT a permis de développer une méthodologie originale d'évaluation multicritères de la performance d'un écran antibruit routier, en prenant en compte simultanément les aspects acoustiques, économiques et environnementaux, ceci par le biais d'indicateurs agrégés dédiés (respectivement Acou, Cost et Env) et pour différentes familles de protection anti-bruit et plusieurs matériaux manufacturés. L'indicateur agrégé de performance Acou est déterminé à partir du calcul des pertes acoustiques par réflexion et diffraction. L'indicateur Cost est évalué à partir des coûts de construction, de maintenance et de démolition. L'indicateur Env, quant à lui, est calculé à partir de quatre indicateurs environnementaux obtenus par une analyse de cycle de vie. Toutes ces performances sont exprimées en référence à un écran droit en béton. Cette méthodologie multicritères, couplée à un algorithme d'optimisation permettant de faire évoluer la géométrie et la composition de l'écran (Fig. 9), a permis de montrer que, selon les contraintes de départ, on obtient une large variété de solution antibruit optimisées.

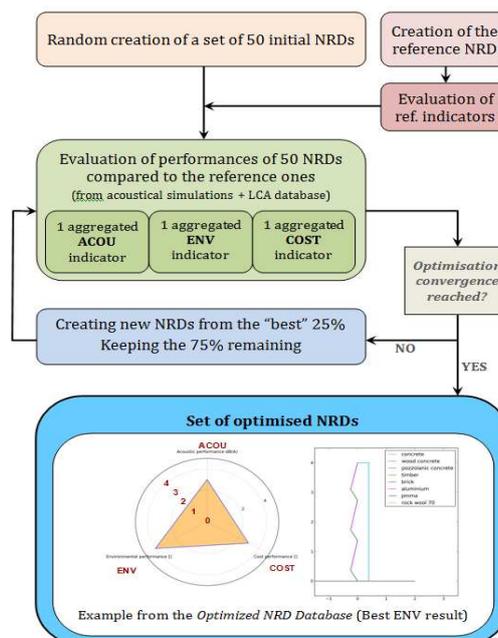


Fig. 9. Ecrans routiers : principe général de la méthodologie d'optimisation multicritères

2. RESULTATS DE LA RECHERCHE : SOLUTIONS D'AMELIORATION DU CONFORT

2.1 SOLUTIONS A L'ECHELLE DU BATIMENT

2.1.1 CONFORT VISUEL

Pour déterminer les meilleures combinaisons des paramètres photométriques d'une toile (coefficient d'ouverture, transmission lumineuse et réflexion lumineuse) en termes d'ambiances lumineuses intérieures (niveau d'éclairage et risque d'éblouissement) une étude paramétrique a été menée sur un local type, de type bureau individuel, équipé d'une seule ouverture. Pour trois couples position/regard et trois niveaux d'occultation par la toile (50 %, 75 % et 100 %), il a été déterminé, sur une année complète au pas de temps de 30 minutes des données Satel-Light, la valeur de l'éclairage moyen sur la zone d'accès à la lumière du jour et le pourcentage de temps pendant lequel, pour chacun des couples position/regard, le sujet se trouvait en situation d'inconfort visuel selon les trois indicateurs d'éblouissement retenus. Les conclusions de cette étude sont les suivantes : 1/une protection totale du vitrage est toujours plus efficace du point de vue éblouissement mais elle conduit à des niveaux d'éclairage toujours inférieur à ce que l'on cherche à atteindre ; 2/ pour optimiser ces deux aspects du confort visuel, une protection partielle semble un bon compromis : les situations avec risque d'éblouissement ou avec faible niveau d'éclairage sont alors assez peu nombreuses ; 3/ en protection partielle, des situations avec éblouissement plus important avec toile que sans toile sont possibles, surtout quand le coefficient d'ouverture et la transmission globale sont faibles.

2.1.2 CONFORT VIBRATOIRE

Les méthodes de prévision et de contrôle sur site des performances des dispositifs d'atténuation vibratoire dans les bâtiments (plots élastomères et boîtes à ressort) ont été définies et leur faisabilité démontrée à l'aide du modèle numérique Mefissto, au sein du projet Diavibat. Un état de l'art sur l'effet de ces dispositifs sur la stabilité structurale des bâtiments, en particulier en zone sismique, est en cours de rédaction.

2.2 SOLUTIONS A L'ECHELLE DE L'URBAIN

2.2.1 CONFORT VISUEL

Dans un contexte économique délicat où les aspects écologiques (faune, vision du ciel nocturne) et de développement durable sont à prendre en compte, un état de l'art a été réalisé sur les solutions d'amélioration possibles et réalistes. Par ailleurs, sur la base de réalisations menées en France, une analyse des retours d'expérience a été effectuée. Les solutions techniques existent et les recommandations associées doivent permettre de garantir un niveau de confort compatible avec les exigences de sécurité. Les leviers d'actions sont nombreux, aussi bien sur les matériels d'éclairage que sur les organes de commande et de régulation. Ces solutions ne sont acceptées par la population que si une évaluation des besoins est faite en amont. Les spécificités liées au mode de vie

sociale d'un quartier ou d'une ville doivent nécessairement être pris en compte, faute de quoi les solutions mises en place ne sont ni admises ni comprises.

2.2.2 VÉGÉTALISATION

Pour ce qui est du végétal en milieu urbain, afin de pouvoir proposer des solutions d'amélioration du confort tant à l'échelle du bâtiment qu'à celle du quartier, et face à des demandes de plus en plus nombreuses des pouvoirs publics et des professionnels, ce projet a été l'occasion d'acquérir des compétences permettant de mieux répondre aux demandes d'avis techniques mais aussi utiles pour l'amélioration de règles d'urbanisme (EcoQuartier, POS, PLU,...).

2.2.3 CONFORT ACOUSTIQUE

Des solutions innovantes de lutte contre le bruit des transports terrestres en milieu urbain, basées sur l'utilisation de moyens naturels (substrat végétaux et terre végétalisables, bois, gabions...), ont été étudiées dans la thèse de Faouzi Koussa (2009-2012) ainsi que dans le cadre du projet européen Hosanna (Fig. 10) coordonné par Chalmers University. Un certain nombre de solutions prometteuses, notamment certaines de faible hauteur (1 m maximum), sont présentées dans un *handbook* qui sera publié en 2014.

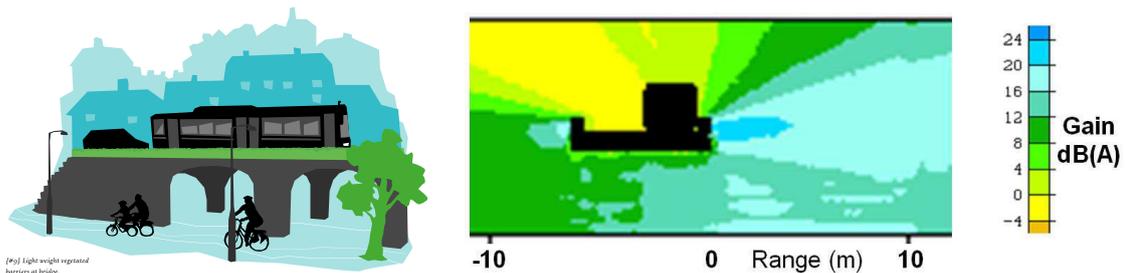


Fig. 10. Illustration de l'écran bas végétalisé en bord de pont (gauche) et gain acoustique (droite)

Ces résultats théoriques ont été confortés lors ceux de la thèse d'Alexandre Jolibois (2010-2013) sur la réduction du bruit de tramway par des protections urbaines innovantes. Une expérimentation fructueuse a été menée le long du tramway de Grenoble : il s'agissait d'évaluer *in situ* la performance acoustique d'un écran bas, prototype de 1 m de hauteur et 20 m de longueur, en bois et laine minérale (Fig. 11). Pour le tramway le plus proche, la perte acoustique par insertion mesurée est de l'ordre de 12 dB(A), valeur très élevée, ce qui présage d'un avenir prometteur pour de telles solutions urbaines.

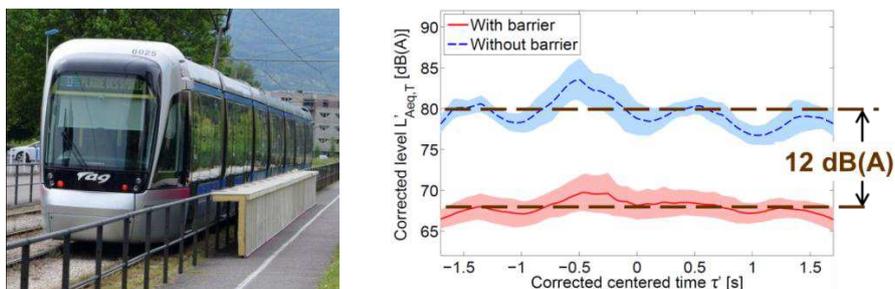


Fig. 11. Ecran urbain : vue de l'expérimentation avec dispositif et performance moyenne mesurée

PERSPECTIVES

Le projet *Environnements et ambiances* a mobilisé, au travers des diverses équipes du CSTB impliquées, des compétences multidisciplinaires qui se sont déployées autour d'une préoccupation centrale : l'être humain et son bien-être. Les citoyens sont en demande d'amélioration de leur qualité de vie : qualité des ambiances (acoustique, visuelle, pollution, aéraulique, thermique, vibrations...) mais aussi qualité des services que peuvent apporter les espaces bâtis. Ces espaces de vie devront être en capacité d'adapter et d'offrir des services à toutes les strates de la population et, entre autres, aux personnes âgées et à celles ayant un handicap, c'est-à-dire devant faire face, à différents degrés, à la perte de certaines acuités, à la réduction de leur mobilité ou de leurs possibilités d'interaction comportementale avec leur environnement. Dans ce contexte, le CSTB doit être un acteur encore plus présent sur les besoins sociétaux de demain.

Confort interne du bâtiment

Dans le cadre de la nouvelle attestation acoustique obligatoire depuis 2013, la prise en compte en phase de conception de la réglementation acoustique devient une obligation, faisant de la prévision de la performance de l'ouvrage un maillon très important. Pour les structures légères à ossature bois, un travail de synthèse reste à réaliser pour finaliser la méthodologie de calcul en coordination avec le groupe européen de normalisation. Concernant les aspects de confort des occupants dans leur logement, il faut désormais se pencher en détail sur les aspects de bruit d'impact (au niveau des prévisions pour les planchers légers, au niveau de tests d'écoute et des indices globaux de performance). Lors des rénovations thermiques de l'enveloppe, les problèmes de confort liés à l'émergence des bruits intérieurs (n'étant plus masqué par les bruits extérieurs) sont exacerbés ; il faut donc s'occuper de cette problématique en proposant des bouquets de solution cohérents. Pour une amélioration globale de la qualité de la vie quotidienne, tant pour les bâtiments neufs que pour la rénovation, les outils doivent être optimisés et de nouveaux outils restent à développer pour répondre à des contraintes multicritères. Il convient aussi de s'interroger sur la problématique des bruits d'équipement : si dans les bâtiments à structure lourde (béton) des méthodes de prévision existent, elles restent encore à finaliser pour les bâtiments à structure légère et à tester par rapport à des mesures sur site. Les mesures sur site dans le bâtiment fini, rendues obligatoire dans le cadre de la nouvelle attestation acoustique, risquent fortement de démontrer des non-conformités car les bruits d'équipement sont aujourd'hui peu vérifiés. Ainsi un travail important sur cette problématique est à prendre en compte dans les années à venir. Par ailleurs, des travaux combinant à la fois le ressenti vis-à-vis de la gêne/confort acoustique avec une analyse sensorielle, à l'instar de ce qui a été mené pour le goût et l'odeur de l'eau pourraient contribuer à une façon différente et complémentaire de définir l'inconfort. Parallèlement, le projet Anses Mepas (2013-2014) permettra de développer une méthode de prévision de l'ambiance sonore dans les bureaux ouverts.

Pour l'aspect vibrations environnementales, le logiciel de calcul sol/structures Mefisto 3D devra être opérationnel, et l'outil simplifié sol/structures semi-

empirique normalisé et commercialisé. Il en est de même pour l'outil de prévision des performances des dispositifs d'atténuation vibratoires dans les bâtiments. Par ailleurs, une base de données « sources de chantiers » pour l'outil de prévision simplifié semi-empirique sera développée. Ce travail s'inscrit dans l'établissement d'une réglementation sur les vibrations en France.

Dans le cadre de l'évaluation du confort visuel, le travail effectué sur les caractéristiques photométriques des protections solaires de type « toile » a mis en évidence l'impact de ces caractéristiques sur le confort visuel global (niveau d'éclairage et risque d'éblouissement) mais aussi l'intérêt de l'occultation partielle par la toile pour l'optimisation de ce confort. Pour valider cette analyse il est indispensable de considérer d'autres conditions de local et de surface vitrée mais il faut également élargir le nombre de couples position/regard. Puisque ce nombre de couples position/regard n'est pas facilement fixable et pour limiter les temps de calcul, il a été entrepris un travail de recherche d'un couple position/regard représentatif du local sur toute l'année. Ce travail, dont la procédure de calcul a été mise au point et testée uniquement dans quelques configurations de local et de vitrages, doit être poursuivi dans le cadre d'une étude paramétrique complète afin de relier, dans n'importe quelle configuration local/ouverture, le risque d'éblouissement global dans le local à celui en un point et une direction uniques. Cette étude devrait permettre de définir la position et la direction de regard en fonction des paramètres principaux (orientation de la façade vitrée, indice de vitrage). A terme, l'objectif est d'intégrer cette caractérisation du risque d'éblouissement global dans les différents outils logiciels du CSTB (Elodie entre autres) pour lesquels on recherche des calculs rapides.

Concernant la végétalisation des bâtiments, une des conclusions est que l'économie d'énergie réalisée grâce à ces toitures dépend de plusieurs paramètres dont le climat (en termes de rayonnement, température et pluviométrie), l'emplacement de la toiture par rapport aux autres bâtiments, et la constitution de la toiture (espèces végétales et substrat). Les recherches ont toujours portées sur l'apport pour les bâtiments neufs et très peu d'études ont essayé de voir quel serait l'apport lors de la réhabilitation des bâtiments, qui demanderait un grand projet d'envergure. Les aspects thermique et hydrique étant particulièrement liés lorsqu'il s'agit de comprendre l'impact du végétal, les modèles de couplage doivent être développés et améliorés. Il reste à étudier les autres enjeux comme l'énergétique, la qualité de l'air, la qualité de l'eau ou encore la biodiversité, et étendre davantage ces approche à l'échelle urbaine.

Confort dans l'environnement urbain

Concernant le végétal, il est important que les simulations soient validées à échelle réelle mais aussi que les paramètres d'entrée des simulations soient conformes à ceux donnés dans les diverses règles d'urbanisme. Un effort important doit être porté sur les aspects de simulation et de modélisation à différentes échelles (quartier, ville), ainsi que sur l'évolution des performances au cours du temps, en intégrant les changements climatiques et une modification des conditions extrêmes en milieu urbain. Une partie des réponses sera apportée par le projet Ademe Terraces (2013-2015), en collaboration avec le Cerema. Les aspects socio-économico-techniques des fonctions environnementales (air, eau, biodiversité, énergie, îlot de chaleur...) des toitures-terrasses végétalisées (TTV)

seront à traiter à l'avenir en développant des collaborations (CNRM, LHEEA, Ifsttar, ...) entre les différentes 'sciences' et aussi via les appels à projet de recherche comme celui de l'ANR sur la thématique "Sociétés & changements environnementaux" (SOCENV).

Pour le domaine du confort au vent des espaces extérieurs (place, zones piétonnes, enceinte sportive...), un outil prévisionnel théorique simple d'utilisation sera développé à partir de la base de données experte du CSTB et permettra de fournir une estimation du confort pour les cadres bâtis existants ou pour aider la maîtrise d'ouvrage et les aménageurs à tester préalablement plusieurs scénarios d'aménagement urbain.

L'amélioration de la qualité du paysage sonore urbain est un des défis que doit relever la ville durable de demain. Il s'agira de travailler sur l'adéquation de la technologie existante de la maquette sonore avec les besoins et les attentes des opérationnels afin d'orienter pertinemment le développement d'outils adaptés finalisés. Cette action, portée notamment par le projet Ademe UrbaSon (2014-2017), se fera en cohérence avec le développement de Mithra-City et donnera lieu à la construction d'une base de données complète de « sons urbains » (séquences sonores spatialisées). Cette approche globale pourrait en outre être appliquée à la gestion durable de grandes zones portuaires pour le volet impact acoustique. Un projet européen du programme MED pourrait être monté en ce sens dans le cadre d'un partenariat avec l'université de Gênes.

Concernant le développement de systèmes antibruit adaptés à l'urbain, notamment les écrans bas (ou écrans urbains), les industriels sont en attente d'une méthodologie de mesure de performance acoustique de tels dispositifs innovants. Un groupe de travail piloté par le Cerema, et réunissant industriels, bureaux d'études et chercheurs, a récemment vu le jour. Dans ce cadre, le CSTB participerait à l'élaboration de cette méthodologie en mettant en œuvre son expertise acquise sur le sujet depuis 10 ans.

Approche globale

Le projet européen Holisteec (2013-2017) va permettre le développement d'outils de prévision multicritères des performances d'éléments de bâtiment et des performances d'ouvrage, ainsi que l'identification d'indicateurs de qualité des ambiances intérieures.

Dans le domaine des ondes électromagnétiques, les enjeux porteront sur une approche globale et notamment sur le fait d'arriver à concilier des objectifs parfois divergents (augmenter les services, limiter l'exposition). Des solutions d'amélioration du confort de l'utilisateur, exploitant les méthodes déjà développées, sont à envisager.

En acoustique urbaine, le projet Ademe Citédyne (2011-2014) verra la finalisation du développement d'un outil complet permettant de prendre en compte différents types d'aménagements urbains et d'en évaluer l'impact sur les qualités sonores et atmosphériques des lieux de vie. Parallèlement, le CSTB continuera à travailler sur l'amélioration et l'adaptation de ses codes prévisionnels basés sur la méthode des rayons (Banga), des faisceaux (Icare) et des éléments finis (Micado, Fast-BEM), notamment pour obtenir des solutions de références propres à des problèmes d'ingénierie complexes. Ceci passera par le

développement complet d'une méthode hybride « BEM-Rayons » de prévision du bruit en milieu urbain, avec validations numérique et expérimentale.

Dans le cadre des approches multi-sensorielles, des investigations devront être menées, avec de futurs partenaires scientifiques (Irc cyn, Lirgec), sur les aspects acoustiques et vibratoires pour définir les limites des référentiels existants vis-à-vis des attentes des usagers d'aujourd'hui. Parallèlement, la poursuite du développement des actions de recherche sur l'analyse sensorielle du goût et odeur de l'eau doit être un objectif important. Un élargissement du domaine d'application de la stratégie d'approche neuro-sensorielle doit être envisagé dans une démarche transversale au CSTB (qualité de l'air, odeur ...). De même, il est nécessaire de poursuivre le développement d'une stratégie d'analyse multi-sensorielle (thermique, acoustique et visuelle) du management des dépenses énergétiques pour l'obtention du bien-être, notamment pour le cas du véhicule électrique comme mode de déplacement doux urbain

ANNEXE 1 : REFERENCES

ARTICLES PUBLIÉS DANS UNE REVUE À COMITÉ DE LECTURE

Publications 2011

Naturalité urbaine : l'impact du végétal sur la perception sonore dans les espaces publics

MARRY S., DELABARRE M.

VertigO-la revue électronique en sciences de l'environnement, 11/1, mai 2011, 27 p.

Modeling the influence of structural modifications on the response of a building to railway vibration

VILLOT M., ROPARS P., JEAN P., BONGINI E., POISSON F.

Noise control engineering journal, 59/6, December 2011, p. 641-651 [doi:10.3397/1.3633330]

A homogenised vibratory model for predicting the acoustic properties of hollow brick walls

JACQUS G., BERGER S., GIBIAT V., JEAN P., VILLOT M., CIUKAJ S.

Journal of Sound and Vibration, 330/14, July 2011, p. 3400-3409 [doi:10.1016/j.jsv.2011.02.015]

Numerical method for predicting the sound reduction index of a double panel including an active control system and porous material

SITEL A., GUIGOU-CARTER C., JEAN P.

Acta Acustica united with Acustica, 97/4, July-August 2011, p. 569-578 [doi:10.3813/AAA.918437]

Scattering-matrix formulation for both measurement and prediction of acoustical performances of hybrid cells and their active and passive elements

SITEL A., GALLAND M.A.

Acta acustica united with acustica, 97/4, July-August 2011, p. 579-589 [doi:10.3813/AAA.918438]

In situ measurement methods for characterising sound diffusion

SCHMICH I., BROUSSE N.

Building acoustics, 18/1-2, March 2011, p. 17-36 [doi:10.1260/1351-010X.18.1-2.17]

The Harmonoise sound propagation model

SALOMONS E., VAN MAERCKE D., DEFRANCE J., DE ROO F.

Acta acustica united with acustica, 97/1, January-February 2011, p. 62-74 [doi:10.3813/AAA.918387]

La précarité énergétique, retour sur la genèse d'une préoccupation

DEVALIERE I.

Métropolitiques.eu, juin 2011, 3 p.

La précarité énergétique : avoir froid ou dépenser trop pour se chauffer

DEVALIERE I., BRIANT P., ARNAULT S.

Insee Première, 1351, mai 2011, 4 p.

Publications 2012

Scattering by a cylinder covered with an arbitrary distribution of impedance and application to the optimization of a tramway noise abatement system

JOLIBOIS A., DUHAMEL D., SPARROW V.W., DEFRANCE J., JEAN P.
Journal of Sound and Vibration, 331/25, December 2012, p. 5597–5622
[doi:10.1016/j.jsv.2012.07.002]

Experimental and numerical identification of lamb waves in hollow brick walls

JACQUS G., JEAN P., BERGER S., GIBIAT V., VILLOT M., CIUKAJ S.
Acta acustica united with acustica, 98/6, November-December 2012, p. 928-935
[doi:10.3813/AAA.918576]

The prediction of flanking sound transmission below the critical frequency

DAVY J.L., MAHN J.P., GUIGOU-CARTER C., VILLOT M.
Journal of the Acoustical Society of America, 132/4, October 2012, p. 2359-2370
[doi:10.1121/1.4746945]

Urban ambient outdoor and indoor noise exposure at home: a population-based study on schoolchildren

PUJOL S., BERTHILLIER M., DEFRANCE J., LARDIES J., PETIT R., HOUOT H., LEVAIN J.P., MASSELOT C., MAUNY F.
Applied Acoustics, 73/8, August 2012, p. 741-750 [doi:10.1016/j.apacoust.2012.02.007]

An empirical model for the equivalent translational compliance of steel studs

DAVY J.L., GUIGOU-CARTER C., VILLOT M.
Journal of the Acoustical Society of America, 131/6, June 2012, p. 4615-4624
[doi:10.1121/1.4714354]

Variations des représentations et perceptions d'espaces publics sonores ordinaires selon les formes urbaines

MARRY S., ARANTES L.
Cybergeo, revue européenne de géographie, janvier 2012, 24 p. [doi:10.4000/cybergeo.25044]

Diminution du bruit des transports terrestres par des cristaux soniques de faible hauteur

KOUSSA F., DEFRANCE J., JEAN P., BLANC-BENON P.
Acoustique et techniques, 69, Congrès Acoustics 2012, partie 2, 2012, p. 4-9

Conception d'un mini-écran antibruit végétalisé dans le cadre du projet européen HOSANNA

VINCENT B., DEFRANCE J., MANDON A.
Echo bruit, 136, septembre 2012, p. 55-57

Publications 2013

Analysis of the perception and representation of sonic public spaces through on site survey, acoustic indicators and in-depth interviews

MARRY S., DEFRANCE J.

Applied Acoustics, In press, available online February 2012, 2012, 11 p.
[doi:10.1016/j.apacoust.2012.01.005]

Analysis of the perception and representation of sonic public spaces through on site survey, acoustic indicators and in-depth interviews

MARRY S., DEFRANCE J.

Applied Acoustics, 74/2, February 2013, p. 282-292 [doi:10.1016/j.apacoust.2012.01.005]

Acoustic performance of gabions noise barriers: numerical and experimental approaches

KOUSSA F., DEFRANCE J., JEAN P., BLANC-BENON P.

Applied Acoustics, 74/1, 2013, p. 189-197 [doi:10.1016/j.apacoust.2012.07.009]

Acoustical efficiency of a sonic crystal assisted noise barrier

KOUSSA F., DEFRANCE J., JEAN P., BLANC-BENON P.

Acta acustica united with acustica, 99/3, May-June 2013, p. 399-409 [doi:10.3813/AAA.918621]

Du règlement des impayés d'énergie aux services locaux d'intervention pour la maîtrise d'énergie, (r)évolutions des modes de traitement de la précarité énergétique

DEVALIERE I.

Urbia, les cahiers du développement urbain durable, 15, février 2013, p. 61-71

Le mur antibruit se fait tout petit

VINCENT B., DEFRANCE J., ROHR R.

Environnement Magazine, n°1722, novembre 2013, p.76

An exploratory spatial analysis to assess the relationship between deprivation, noise and infant mortality: an ecological study

KIHAL W., PADILLA C., LALLOUE B., ROUGIER C., DEFRANCE J., ZMIROU-NAVIER D., DEGUEN S

Environmental Health 12:109 (2013)

Generalization of the geometric description of a light beam in radiometry and photometry

SIMONOT L., BOULENGUEZ P.

Journal of the Optical Society of America A (JOSA A), 30-avr, April 2013, p. 589-595

COMMUNICATIONS

Actes 2011

European round robin test for sound insulation: measurements of lightweight partition

DEMANET C., DE ROZAS M.J., CHENE J.B., FORET R.

Internoise 2011, 40th International congress and exposition on Noise control engineering, September 4-7, 2011, Osaka, JPN

Case-study evaluation of a low and vegetated noise barrier in an urban public space

RÅDSTEN-EKMAN M., VINCENT B., ANSELME C., MANDON A., ROHR R., DEFRANCE J., VAN MAERCKE D., BOTTELDOOREN D., NILSSON ME.

Internoise 2011, 40th International congress and exposition on Noise control engineering, September 4-7, 2011, Osaka, JPN

QUIESST: mid-term progress report

CLAIRBOIS J-P., DE ROO F., GARAI M., CONTER M., DEFRANCE J., OLTEAN-DUMBRAVA C., FUSCO I.

Internoise 2011, 40th International congress and exposition on Noise control engineering, September 4-7, 2011, Osaka, JPN

Uncertainties on the foundation mobilities and their impact on the power injected into a building

ROPARS P., BONNET G., JEAN P.

Eurodyn 2011, 8th International Conference on Structural Dynamics, July 4-6, 2011, Leuven, BEL, 7 p.

Modeling a building response to railway vibration using a source-receiver approach

VILLOT M., ROPARS P., JEAN P.

Eurodyn 2011, 8th International Conference on Structural Dynamics, July 4-6, 2011, Leuven, BEL, 5 p.

Vibration due to construction: a case study

TAILLEFER N., VILLOT M., JEAN P., NGUYEN H.H.

Eurodyn 2011, 8th International Conference on Structural Dynamics, July 4-6, 2011, Leuven, BEL, 6 p.

A comparison of the reduction of transmitted impact noise by floor coverings measured using ISO 140-8 and ISO/CD 16251-1

FORET R., CHENE J.B., GUIGOU-CARTER C.

Forum Acusticum 2011, June 16 – July 1, 2011, Aalborg, DNK, 6 p.

Acoustic performance of a standard French building with respect to different European countries regulations

GUIGOU-CARTER C., VILLOT M., ELIAS P.

Forum Acusticum 2011, June 16 -bJuly 1, 2011, Aalborg, DNK, 6 p.

Development of an innovative window for retrofitted building

GUIGOU-CARTER C., OLIVE F., PERRAUDEAU M., SICURELLA F., WETTA R.

Forum Acusticum 2011, June 16 – July 1, 2011, Aalborg, DNK, 6 p.

Efficiency of gabion noise barriers: theoretical approach and scale model measurements

KOUSSA F., DEFRANCE J., JEAN P., BLANC-BENON P.

Forum Acusticum 2011, June 16 - July 1, 2011, Aalborg, DNK, 6 p.

Numerical simulation of the sound reflection effects of noise barriers in near and far field

LUTGENDORF D., DE ROO F., VAN DER EERDEN F., JEAN P., ECOTIERE D., DUTILLEUX G.

Forum Acusticum 2011, June 16 – July 1, 2011, Aalborg, DNK, 6 p.

The modeling of sound propagation in thickets by means of a periodic BEM approach

JEAN P.

Forum Acusticum 2011, June 16 – July 1, 2011, Aalborg, DNK, 6 p.

Des cartes mentales aux cartes mentales sonores : vers une cartographie sensible de l'environnement sonore urbain

MARRY S.

Proceedings of the 25th International cartographic conference, July 3-8, 2011, Paris, FRA, 19 p.
[ISBN 978-1-907075-05-6]

Modèle expérimental d'évaluation d'espaces publics par les citoyens à travers la perception spatiale et sonore

MARRY S.

RIDAD - Rencontres interdisciplinaires doctorales sur l'aménagement durable, 23-mars-11, Vaulx-en-Velin, FRA, 12 p.

Les terminologies employées par les citoyens lors de l'évaluation de places publiques urbaines

MARRY S.

L'Aventure des mots de la ville à travers le temps, les langues, les sociétés, Colloque des doctorants de l'ED 454 Sciences de l'Homme, du Politique et du Territoire de l'UMPF, 20 janvier 2011, Grenoble, FRA, 15 p.

Pedestrian wind comfort: application of four different measurement techniques

FAURE X., DE OLIVEIRA F., AGUINAGA S., COURTINE S., DELPECH P.

ICWE13, 13th International conference on wind engineering, July 10-15, 2011, Amsterdam, NLD, 8 p.

Principles of the Harmonoise outdoor sound propagation model

DEFRANCE J., SALOMONS E., VAN MAERCKE D., DE ROO F.

14th Long Range Sound propagation Symposium, 17-18 March 2011, Annapolis, USA

Stochastic wave propagation of high-amplitude waves over urban environments

LEISSING T, SOIZE C, JEAN P, DEFRANCE J

14th Long Range Sound propagation Symposium, 17-18 March 2011, Annapolis, USA

Characterization of thermal sensation clusters with physiological indicators in various ambient temperatures during rest

BIGOURET A., DE OLIVEIRA F., GEHIN C.

Proc. XIV International Conference on Environmental Ergonomics ICEE, 2011, Nafplio, Greece

Végétaliser les toitures et terrasses

SABRE M., BULTEAU G.

Pour la Science, mai 2011, n°403

FluxSAP 2010 experimental campaign over an heterogeneous urban zone, part 1 – heat and vapor flux assessment

MESTAYER P. et al.

HARMO 14th, International Conference on Harmonisation within Atmospheric Dispersion Modelling for Regulatory Purposes, 2-6 October 2011, Kos Island, Greece

Actes 2012

Holistic optimization of noise barriers from acoustical and non-acoustical parameters

DEFRANCE J., LEISSING T., GRANNEC F., JEAN P., LUTGENDORF D., HEINKELE C., CLAIRBOIS J.P.

Internoise 2012, 41st International congress and exposition on Noise control engineering, August 19-22, 2012, New York, USA, 12 p.

Application of admittance optimization to the design of a low-height tramway noise barrier

JOLIBOIS A., DUHAMEL D., SPARROW V.W., DEFRANCE J., JEAN P.

Internoise 2012, 41st International congress and exposition on Noise control engineering, August 19-22, 2012, New York, USA, 12 p.

QUIESST: third-term progress report

CLAIRBOIS J.P., DE ROO F., GARAI M., CONTER M., DEFRANCE J., OLTEAN-DUMBRAVA C., FUSCO I.

Internoise 2012, 41st International congress and exposition on Noise control engineering, August 19-22, 2012, New York, USA, 10 p.

Scattering of a cylinder covered with an arbitrary distribution of admittance and application to the design of a tramway noise abatement system

JOLIBOIS A., DUHAMEL D., SPARROW V.W., DEFRANCE J., JEAN P.

Acoustics 2012, 23-27 avril 2012, Nantes, FRA, p. 4055-4060

Holistic optimisation of noise reducing devices

LEISSING T., GRANNEC F., DEFRANCE J., JEAN P., LUTGENDORF D., HEINKELE C., CLAIRBOIS J.P.

Acoustics 2012, 23-27 avril 2012, Nantes, FRA, 6 p.

Transport noise reduction by low height sonic crystal noise barriers

KOUSSA F., DEFRANCE J., JEAN P., BLANC-BENON P.

Acoustics 2012, 23-27 avril 2012, Nantes, FRA, 5 p.

Acoustical performance of complex-shaped earth berms

DEFRANCE J., LALLEMENT S., JEAN P., KOUSSA F.

Acoustics 2012, 23-27 avril 2012, Nantes, FRA, 6 p.

Optimization of noise reducing device intrinsic performances

LEISSING T., DEFRANCE J., JEAN P., GUIGOU-CARTER C., CLAIRBOIS J.P.

Acoustics 2012 Hong Kong, May 13-18, 2012, Hong Kong, CHN, Journal of the Acoustical Society of America, 131/4, 2012, p. 3264-3264 [doi:10.1121/1.4708197]

Diminution du bruit des transports terrestres par des cristaux soniques de faible hauteur

KOUSSA F., DEFRANCE J., JEAN P., BLANC-BENON P.

Acoustique et Technique 69, 4-9 (2012)

Conception d'un mini-écran antibruit végétalisé dans le cadre du projet européen HOSANNA

VINCENT B., DEFRANCE J., MANDON A.

Echo Bruit 136, 55-57 (2012)

Road traffic noise reduction by vegetated low noise barriers in urban streets

VAN RENTERGHEM T., BOTTELDOOREN D., HORNIKX M., JEAN P., DEFRANCE J., SMYRNOVA Y., KANG J.

Euronoise 2012, June 10-13, 2012, Prague, CZE, p. 944-948 [ISBN 978-80-01-05013-2]

Optimization of low height sonic crystal noise barriers for tramway noise reduction

KOUSSA F., DEFRANCE J., JEAN P., BLANC-BENON P.

Euronoise 2012, June 10-13, 2012, Prague, CZE, 6 p. [ISBN 978-80-01-05013-2]

Predicting room-acoustic criteria changes due to the use of an electroacoustic enhancement system

ROUCH J., SCHMICH I., GALLAND M.A.

Euronoise 2012, June 10-13, 2012, Prague, CZE, 6 p. [ISBN 978-80-01-05013-2]

Prediction and measurements for lightweight buildings and low frequencies

GUIGOU-CARTER C., VILLOT M.

Euronoise 2012, June 10-13, 2012, Prague, CZE, 6 p. [ISBN 978-80-01-05013-2]

Characterization of metallic studs used in gypsum board single frame walls

GUIGOU-CARTER C., BAILHACHE S., FORET R., IGELEKE A.

Euronoise 2012, June 10-13, 2012, Prague, CZE, 6 p. [ISBN 978-80-01-05013-2]

Acoustic enhancement in the Aylesbury theatre with the CARMEN® electroacoustic system

SCHMICH I., ROUGIER C., BUTCHER H., DEVALLEZ D.

Acoustics 2012 Hong Kong, May 13-18, 2012, Hong Kong, CHN, Journal of the Acoustical Society of America, 131/4, 2012, 6 p. [doi:10.1121/1.4708105]

Elements for an acoustic classification of dwellings and apartment buildings in France

GUIGOU-CARTER C., WETTA R., FORET R., CHENE J.B.

Acoustics 2012, 23-27 avril 2012, Nantes, FRA, 6 p.

Characterization of metallic studs used in gypsum board single frame walls

GUIGOU-CARTER C., FORET R., IGELEKE A., BAILHACHE S.

Acoustics 2012, 23-27 avril 2012, Nantes, FRA, 6 p.

Efficiency of an acoustic table screen between two work stations in open plan offices

SCHMICH I., ROUGIER C., JEAN P., CHEVRET P.

Acoustics 2012, 23-27 avril 2012, Nantes, FRA, 6 p.

Impact of floor drain on floating floor acoustic performance

CHENE J.B., KERDUDOU P.

Acoustics 2012, 23-27 avril 2012, Nantes, FRA, 6 p.

Modelling of reverberation enhancement systems

ROUCH J., SCHMICH I., GALLAND M.A.

Acoustics 2012, 23-27 avril 2012, Nantes, FRA, 6 p.

Prediction of structure-borne noise generated by a water evacuation duct in heavyweight and lightweight frame constructions

BAILHACHE S., VILLOT M.

Acoustics 2012, 23-27 avril 2012, Nantes, FRA, 6 p.

Comparison of structure-borne sound power injected to heavyweight and lightweight constructions

BAILHACHE S., VILLOT M.

ICSV19, 19th International congress on Sound and vibration, July 8-12, 2012, Vilnius, LTU, 8 p.

Publications 2013 Prediction of structure borne noise in heavyweight and lightweight constructions

VILLOT M., BAILHACHE S.

ICSV19, 19th International congress on Sound and vibration, July 8-12, 2012, Vilnius, LTU, 8 p.

An hybrid beam and particle tracing with time dependant radiosity for accurate impulse response of rooms prediction

NOE N., ROUGIER C., ROUCH J., SCHMICH I.

Acoustics 2012, 23-27 avril 2012, Nantes, FRA, p. 1411-1416

Efficiency of an acoustic table screen between two work stations in open plan offices

SCHMICH I., ROUGIER C., JEAN P., CHEVRET P.

DAGA 2012, 38th German annual conference on acoustics, March 12-22, 2012, Darmstadt, DEU, 2 p.

Green roofs impact on building cooling load

BESBES K., ZOUGHAIB A., BOUCHIE R., FARKH S.

IHPBC –International High Performance Building Conference, 16th-19th July, 2012, Purdue, USA

Actual evapotranspiration measurement from experimental green roofs

YILMAZ D., SABRE M., TETARD Y.

Proceedings of the ICUC8 – 8th International Conference on Urban Climates, 6th-10th August, 2012, UCD, Dublin, Ireland

Actes 2013

The efficiency of berms against traffic noise: Hosanna project

JEAN P., DEFRANCE J., KOUSSA F.

Internoise 2013, 42nd International congress and exposition on Noise control engineering, September 15-18, 2013, Innsbruck, AUT, 9 p.

Acoustical performance of innovative vegetated barriers

DEFRANCE J., JEAN P.

Internoise 2013, 42nd International congress and exposition on Noise control engineering, September 15-18, 2013, Innsbruck, AUT, 10 p.

Sensitivity-based shape optimization of a rigid tramway low-height noise barrier

JOLIBOIS A., DUHAMEL D., SPARROW V.W., DEFRANCE J., JEAN P.

Internoise 2013, 42nd International congress and exposition on Noise control engineering, September 15-18, 2013, Innsbruck, AUT, 10 p.

Reference software libraries for NMPB 2008

DI MARTINO M., DUTILLEUX G., VAN MAERCKE D., DEFRANCE J.

Internoise 2013, 42nd International congress and exposition on Noise control engineering, September 15-18, 2013, Innsbruck, AUT, 6 p.

Modeling lightweight junctions

GUIGOU-CARTER C., COGUENANFF C., BAILHACHE S., VILLOT M.

Internoise 2013, 42nd International congress and exposition on Noise control engineering, September 15-18, 2013, Innsbruck, AUT, 10 p.

Acoustic performance optimization under parameter and model uncertainties of a wood based floor

COGUENANFF C., DESCELIERS C., GUIGOU-CARTER C., JEAN P.

Internoise 2013, 42nd International congress and exposition on Noise control engineering, September 15-18, 2013, Innsbruck, AUT, 9 p.

Fast multipole boundary element method applied to acoustic propagation in urban area

VUYLSTEKE X., LEISSING T., JEAN P., SEMBLAT J.F.

Internoise 2013, 42nd International congress and exposition on Noise control engineering, September 15-18, 2013, Innsbruck, AUT, 10 p.

Experimental validation of approximated expressions for structure-borne sound power

BAILHACHE S., VILLOT M.

Internoise 2013, 42nd International congress and exposition on Noise control engineering, September 15-18, 2013, Innsbruck, AUT, 10 p.

Elements for an acoustic classification of buildings in France

BAILHACHE S., GUIGOU-CARTER C., ROUGIER C., SCHMICH I.

Internoise 2013, 42nd International congress and exposition on Noise control engineering, September 15-18, 2013, Innsbruck, AUT, 10 p.

Acoustic performance indices and low frequencies: a French study

GUIGOU-CARTER C., BAILHACHE S., VILLENAVE M., MAILLET A.

Internoise 2013, 42nd International congress and exposition on Noise control engineering, September 15-18, 2013, Innsbruck, AUT, 7 p.

Sound absorption optimization of thin ceiling panels at low frequencies

BLINET T., JACQUS G., GUIGOU-CARTER C., JEAN P., CHENE J.B.

Internoise 2013, 42nd International congress and exposition on Noise control engineering, September 15-18, 2013, Innsbruck, AUT, 9 p.

Cost-benefit analyses of tree belts for noise reduction including aesthetic and amenity values

KLAEBOE R., VEISTEN K., MOSSLEMI M., VAN RENTERGHEM T., VAN MAERCKE D., LEISSING T.

Internoise 2013, 42nd International congress and exposition on Noise control engineering, September 15-18, 2013, Innsbruck, AUT, 10 p.

Cost-benefit analysis of tree belt configurations

KLAEBOE R., VEISTEN K., VAN RENTERGHEM T., VAN MAERCKE D., LEISSING T., BENKREIRA H.

Internoise 2013, 42nd International congress and exposition on Noise control engineering, September 15-18, 2013, Innsbruck, AUT, 10 p.

Objective quality, intensity and hedonic dimensions prediction using sensory analysis and physiological measurements

HAESE G., HUMEAU Ph., DE OLIVEIRA F., LE CALLET P., LE CLOIREC P.

10th Pangborn Sensory Science Symposium Rio de Janeiro, Brazil, 11-15 August 2013

Objectivation of sensory measurements of off-flavours in water using central and autonomic nervous systems responses

HAESE G., HUMEAU Ph., DE OLIVEIRA F., LE CALLET P., LE CLOIREC P.

10th International Water Association (IWA) Symposium on Off-Flavours in the Aquatic Environment, Tainan, Taiwan, October 27th – November 1st, 2013

Modélisation des incertitudes sur les vibrations d'origine ferroviaire transmises aux bâtiments

ROPARS P., DESCELIERS C., BONNET G., JEAN P.

CFM 2013, 21e Congrès français de mécanique, 26-30 août 2013, Bordeaux, FRA, 6 p.

How absorptive can a diffuser be to accurately measure random incidence scattering coefficients?

SCHMICH I., MALGRANGE M., ROUGIER C.

ICA 2013, 21st International congress on acoustics, June 2-7, 2013, Montréal, CAN
Proceedings of Meetings on Acoustics (POMA), 19,2013, 8 p. [doi:10.1121/1.4798985]

Prediction and measurement of the random-incidence scattering coefficient of periodic reflective rectangular diffuser profiles

SCHMICH I., EMBRECHTS P., MULLER-TRAPET M., ROUGIER C., MALGRANGE M., VORLANDER M.

ICA 2013, 21st International congress on acoustics, June 2-7, 2013, Montréal, CAN
Proceedings of Meetings on Acoustics (POMA), 19, 2013, 9 p. [doi:10.1121/1.4799141]

Under-balcony acoustics improvement with simple electro-acoustic means: a theoretical development and numerical simulations

ROUCH J., GALLAND M.A., SCHMICH I.

ISRA 2013, International symposium on Room acoustics, June 9-11, 2013, Toronto, CAN, 15 p.

Blue-light hazard of LEDs: comparison of the photobiological risk groups of fifteen lamps assessed using the uniform spectrum assumption and a new hyperspectral imaging method

BOULENGUEZ P., CARRE S., PERRAUDEAU M., MARTINSONS C.

Proceedings of CIE Centenary Conference, Towards a new century of light, April 12-19, 2013, Paris, FRA, 2013, p. 111-118

Influence of current and voltage harmonic distortion on the power measurement of led lamps and luminaires

MARTINSONS C., ZONG Y., MILLER C., OHNO Y., OLIVE F., PICARD N.

Proceedings of CIE Centenary Conference, Towards a new century of light, April 12-19, 2013, Paris, FRA, 2013, p. 290-299

Vegetative (green) roofs in urban areas for the improvement of the outdoor and indoor comfort

SABRE M., BOUCHIE R., ZOUGHAIB A.

WBC13, CIB World building congress, Construction and society, May 5-9, 2013, Brisbane, AUS, 13 p.

ANNEXE 2 : PROJETS COFINANCES

Un certain nombre de projets cofinancés ont participé à la réalisation du projet R&D *Environnements et Ambiances* :

Il s'agit de projets européens du 7^e PCRD :

- **RIVAS** : Railway Induced Vibration Abatement Solutions (www.rivas-project.eu),
- **HOSANNA** : HOlistic and Sustainable Abatement of Noise by optimized combinations of Natural and Artificial means (www.greener-cities.eu),
- **QUIESST** : QUIetening the Environment for a Sustainable Surface Transport (www.quiesst.eu),

ainsi que des projets nationaux :

- **CITEDYNE** (ADEME) : Cité et Transports : Evaluation DYNAmique des Emissions,
- **ACOUBOIS** (CODIFAB/DHUP/ADEME+industriels = financé à 100%) : Respect des exigences acoustiques dans les bâtiments d'habitation à ossature bois,
- **DIAVISBAT** (ADEME) : Dispositifs d'atténuation vibratoire dans les bâtiments (plots élastomères et boîtes à ressort),
- **Acoustique des constructions légères** (DHUP financé à 100%),
- **VEG-DUD** (ANR) : Rôle du végétal dans le développement urbain durable,
- **TVGEP** (RGCU) : Conception des toitures végétalisées pour la gestion des eaux pluviales urbaines,
- **TERRACES** (ADEME) : Toitures vEgetales pour RafRaichir les Ambiances Climatiques urbaines.

Enfin, le projet **PLUME** est une coprogrammation au sein du RST (IFSTTAR-CEREMA-CSTB) concernant les recherches sur l'Acoustique Environnementale et Urbaine.

ANNEXE 3 : THESES ASSOCIES AU PROJET R&D

Corentin COGUENANFF, *Prédiction des performances acoustiques des éléments légers à ossatures bois – Problème inverse statistique en vibroacoustique*. Labo associé : LMSME (Laboratoire de modélisation et simulation multi-échelle) - Université Paris Est Marne-La-Vallée (2011-2014)

Mame DIARRA BOUSSO LO, *Etude paramétrique et analyse conjointe mesure / modélisation pour la définition d'indicateurs de l'exposition aux champs électromagnétiques radiofréquences*. Labo associé : XLIM/SIC Poitiers (2011-2014)

Gwénaëlle HAESE, *Mise au point d'une méthode de prédiction de la perception sensorielle lors des tests de dégustation par l'utilisation d'indicateurs du système nerveux*. Labo associé : ENSCR, écoles doctorale de Science de la Matière (2011-2014)

Gary JACQUS, *Etude des caractéristiques acoustiques des matériaux alvéolaires utilisés pour la construction de parois dans le bâtiment*, Labo associé : Université de Toulouse (2008-2011)

Alexandre JOLIBOIS, *A study on the acoustic performance of tramway low height noise barriers: gradient-based numerical optimization and experimental approaches*. Laboratoires associés : Laboratoire Navier, Ecole des Ponts ParisTech, Université Paris-Est et Graduate Program in Acoustics, The Pennsylvania State University (2010-2013)

Faouzi KOUSSA, *Evaluation de la performance acoustique des protections antibruit innovantes utilisant des moyens naturels : application aux transports terrestres*. Labo associé : LMFA de l'Ecole Centrale de Lyon (2009-2012)

Solène MARRY, *L'espace public sonore ordinaire : les paramètres de la perception sonore dans les espaces publics - contribution à une connaissance de l'ambiance sonore*, Labo associé : Université de Grenoble (2008-2011)

Pierre ROPARS, *Modélisation des vibrations d'origine ferroviaire transmises aux bâtiments par le sol* Labo associé : Université Paris Est (2008-2011)

Xavier VUYLSTEKE, *Méthode multipolaire rapide appliquée aux éléments de frontière pour la propagation acoustique en zone urbaine*. Labo associé : IFSTTAR (2011-2014)

SIEGE SOCIAL

84, AVENUE JEAN JAURÈS | CHAMPS-SUR-MARNE | 77447 MARNE-LA-VALLÉE CEDEX 2
TÉL. (33) 01 64 68 82 82 | FAX (33) 01 60 05 70 37 | www.cstb.fr

CSTB
le futur en construction

CENTRE SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE DU BATIMENT | MARNE-LA-VALLÉE | PARIS | GRENOBLE | NANTES | SOPHIA-ANTIPOLIS