



Risques et environnement

Dossier thématique n° 3

Quelles **solutions** face au **bruit** en milieu urbain ?

- 1 Introduction
 - 2 Gêne et effets du bruit sur l'homme
 - 3 Impact sonore des véhicules électriques et hybrides
 - 4 Revêtements de chaussées moins bruyants
 - 5 Limiter le bruit des infrastructures ferroviaires
 - 6 Penser le bruit à l'échelle de la ville
- Végétaliser les villes

L'Ifsttar est devenu l'Université Gustave Eiffel
au 1^{er} janvier 2020

QUELLES SOLUTIONS FACE AU BRUIT EN MILIEU URBAIN ?

Par **Judicaël Picaut**,
Directeur du Laboratoire LAE¹
Département AME²

Le bruit est une nuisance pour deux Français sur trois, en particulier en zone urbaine, en raison des bruits extérieurs à l'habitation (bruit des transports, chantiers, etc.). Concrètement, il est jugé très irritant pour 25 % de la population et peut entraîner un déménagement (20 % de la population)³. À des niveaux différents, le bruit peut également avoir des conséquences sanitaires importantes pour les habitants.

Dès 1992, les pouvoirs publics ont mis en place de nombreux dispositifs réglementaires pour lutter contre le bruit (Loi n° 92-1444)⁴. Cette loi a été renforcée en 2002 par une directive européenne⁵. En complément de la mesure des niveaux sonores, la prévision de l'impact du bruit qui sera généré par un futur aménagement (infrastructure de transport, ensemble industriel, etc.), constitue souvent l'élément clef de ces dispositifs.

Ceci nécessite toutefois la qualification et la quantification des sources sonores mises en jeu et des modes de propagation du bruit en milieu construit ainsi que de ses effets sur les riverains. Face à cet enjeu hautement sociétal, l'étude des nuisances sonores dans l'environnement,

particulièrement en milieu urbain, est un thème de recherche fortement identifié à l'Ifsttar.

Les recherches menées sur la caractérisation des sources sonores urbaines, routières ou ferroviaires, sont fondamentales. Les nouvelles générations de véhicules routiers comme les véhicules hybrides et électriques, souvent considérés comme moins bruyants, s'insèrent depuis peu dans le parc roulant.

Face à ces motorisations plus silencieuses, le bruit de roulement, généré par le contact entre le pneumatique et la chaussée, devient prépondérant. Ce phénomène émergent donne lieu à de nouvelles recherches afin de développer notamment des revêtements routiers « optimisés » pour le bruit. Dans le domaine ferroviaire, diverses sources contribuent aux bruits générés par les tramways et les trains. Parmi ceux-ci, le bruit de crissement peut atteindre des niveaux sonores importants et nécessite une réflexion appropriée.

Si l'étude de la propagation du bruit en milieu urbain a donné lieu à de nombreuses recherches ces vingt dernières années, les nouvelles pratiques d'aménagements (généralisation des zones 30 km/h, des transports en commun en site propre, développement des déplacements multi-modaux, etc.) obligent à

revoir les méthodes utilisées habituellement par les acousticiens de l'environnement.

Le développement d'outils de prévision des nuisances sonores, intégrant la temporalité des flux de trafic pour différents modes de transport, à l'échelle complète d'une agglomération, est ainsi devenu une nécessité, notamment pour l'évaluation des politiques publiques en matière de protection de l'environnement.

Un autre exemple d'aménagement concerne l'évolution des pratiques en matière de végétalisation de la ville. D'abord envisagée pour ses nombreuses vertus (confort des habitants, esthétique des bâtiments, réduction des îlots de chaleur urbains, absorption de pollution, etc.), la réintégration de la végétation en milieu urbain, sous la forme de parcs ou de façades et toitures végétalisées, peut également avoir un effet bénéfique sur les niveaux sonores.

En résumé, le renforcement de la réglementation, associé à l'évolution des véhicules de transports et des pratiques d'aménagement, nécessiteront dans l'avenir de nombreuses recherches, face à une demande sociétale, devenue de plus en plus exigeante.

1. LAE : Laboratoire d'acoustique environnementale

2. AME : Département Aménagement, mobilité et environnement

3. Source : Sondage TNS Sofres - commande MEEDDM, 2010.

4. Loi no 92-1444 du 31 décembre 1992 relative à la lutte contre le bruit.

5. Directive 2002/49/CE du Parlement européen et du Conseil, du 25 juin 2002, relative à l'évaluation et la gestion du bruit dans l'environnement.

Découvrir en vidéo



▲ Salle semi-anechoïque « Marin Mersenne » (SSA) : enceinte isolée dont les murs et le plafond sont capitonnés pour absorber l'énergie acoustique incidente.



Contenus textes
réutilisables

Photo et vidéos : Ifsttar et Télénantes

1 COMPRENDRE LA GÊNE ET LES EFFETS DU BRUIT

Par Patricia Champelovier,
Département AME¹, Laboratoire LTE²

Plus de la moitié de la population mondiale réside dans les villes où le bruit s'est imposé comme une nuisance générant des effets sur notre santé et plus généralement notre bien-être. Mieux connaître ces effets, c'est tout d'abord évaluer la gêne due au bruit des riverains d'infrastructures de transport, puis comprendre, prédire et anticiper les réactions de la population face à un changement dans son environnement sonore, et enfin, aider aux choix de solutions répondant à des objectifs de durabilité et de qualité de vie.

La perception du bruit, au-delà d'une simple réponse à un niveau de bruit

Le bruit est considéré comme une nuisance ; c'est « une émanation sonore non désirée »³. Cette définition comporte deux composantes : une physique – ce qu'entend l'oreille, une psychologique – ce que ressent l'individu. Pour le psychologue, étudier la perception c'est s'interroger sur la façon dont les individus interprètent

les informations issues de l'environnement. Cette interprétation dépend de nos représentations, nos connaissances, nos expériences antérieures, nos attentes, nos motivations. Ce que nous percevons n'est donc pas uniquement le « reflet » du monde physique⁴.

Les effets du bruit : de la gêne à la santé

Le bruit est source de stress pour l'individu. Des expositions durables peuvent augmenter

le risque d'effets chroniques sur la santé (notamment cardio-vasculaires) et générer une consommation accrue de certains médicaments. Les effets du bruit sur la qualité de vie des individus sont multiples : interférences avec la parole, qualité du sommeil, altération des performances. Ils peuvent également conduire à des modifications des comportements au domicile (fermeture des fenêtres, usage des pièces et des espaces extérieurs, insonorisation, déménagement, etc.).

La gêne due au bruit est définie comme une sensation subjective. Liée aux caractéristiques du bruit, elle est aussi modulée par des facteurs individuels (fonction du logement, sensibilité au bruit, expérience au bruit, être usagés ou non des moyens de transports) dépendant du type d'habitat ou sociaux-culturels (image de la source, attentes vis-à-vis des pouvoirs publics).

Cette gêne est évaluée à l'aide de questionnaires (échelles de gêne verbale⁵ ou numérique). Les réponses sont confrontées aux indices acoustiques d'exposition au bruit, mesurés au domicile des personnes interrogées.

Depuis de nombreuses années, l'Ifsttar mène ainsi des enquêtes *in situ* pour évaluer la gêne due au bruit des transports (trafic routier, trains, avions⁶). Le LTE s'implique actuellement dans la problématique de l'exposition à plusieurs sources de bruit. L'objectif est de mieux comprendre les mécanismes de perception et de gêne engendrés dans ces situations sonores complexes, de plus en plus fréquentes, notamment en milieu urbain. En complément, des expérimentations en laboratoire⁷ sont initiées permettant de simuler des situations environnementales, existantes ou non, et de recueillir leur évaluation par des sujets.

Les résultats de ces recherches ont permis de mieux considérer la gêne due au bruit lors de la construction de nouvelles infrastructures et de contribuer à l'élaboration de réglementations visant la protection des riverains.

1. AME : Département Aménagement, mobilité et environnement

2. LTE : Laboratoire Transports et Environnement

3. Moser, G. (2009) Psychologie environnementale, éditions De Boeck, 298 p.

4. Bonnet, C., Ghiglione, R., Richard, JF. (1989), Traité de psychologie cognitive, Tome 1 : Perception, action, langage, éditions Dunod, 266 p.

5. Afnor – Norme ISO/TS 15666/2003 : Évaluation de la gêne causée par le bruit au moyen d'enquêtes sociales et d'enquêtes socio-acoustiques.

6. Le LTE est actuellement impliqué dans le projet <http://debats-avions.ifsttar.fr/> (recherche épidémiologique pilotée par l'UMRESTTE Département TS2, qui porte sur les liens entre exposition au bruit des avions et santé).

7. Les expérimentations se déroulent au LSEE (Laboratoire de Simulation et d'Évaluation de l'Environnement), équipement scientifique du LTE.



Contenus textes
réutilisables

Illustrations : Ifsttar



Plan du LSEE



▲ Laboratoire de
Simulation et d'Évaluation
de l'Environnement

2 ÉVALUER L'IMPACT SONORE DES VÉHICULES ÉLECTRIQUES ET HYBRIDES

Par Marie-Agnès Pallas,
Département AME¹, Laboratoire LAE²

Parmi les véhicules respectueux de l'environnement, les véhicules électriques et hybrides³ occupent une place centrale. Outre leurs contributions moindres à la pollution atmosphérique, ces véhicules sont également reconnus pour le faible bruit qu'ils génèrent dans des conditions de circulation urbaines. Ils peuvent ainsi contribuer à réduire les nuisances sonores en ville.

Les différentes sources de bruit sur un véhicule léger

Le bruit au passage d'un véhicule est constitué de deux composantes principales : le bruit dû au groupe motopropulseur et le bruit de roulement, ce dernier étant lié au contact des pneumatiques roulant sur la chaussée. Le bruit de contact pneumatique-chaussée, peu important aux basses vitesses, devient prépondérant aux vitesses plus élevées.

Dans le cas d'un véhicule à motorisation classique, essence ou diesel, le bruit lié au groupe motopropulseur prédomine à faible vitesse et contribue donc aux nuisances sonores en ville. Pour un véhicule à propulsion électrique (véhicule électrique, ou hybride en mode tout électrique), le bruit dû à la motorisation est faible, et le bruit de roulement est donc la composante sonore principale sur une large gamme de vitesses. À l'arrêt, ces véhicules présentent l'avantage d'être presque silencieux. Il faut

toutefois remarquer que les efforts entrepris par les constructeurs permettent de proposer certains véhicules à motorisation conventionnelle offrant aussi des niveaux d'émission sonore très faibles. L'étude du bruit émis par les véhicules électriques et hybrides fait donc l'objet de nombreuses études, au LAE en particulier, dans le cadre du projet FOREVER⁴.

Les véhicules lourds sont aussi concernés

Les constructeurs de véhicules lourds développent également des modèles équipés de motorisation électrique ou hybride, comme des camions pour les livraisons ou la collecte des ordures ménagères. Le LAE a par exemple participé à l'évaluation acoustique d'un camion hybride développé dans le cadre du projet GEODE⁵. Concernant les transports en commun, les villes s'intéressent de plus en plus aux bus hybrides ou tout électriques, les constructeurs développant de nouvelles technologies pour accroître l'autonomie électrique des véhicules. Le LAE a ainsi été partenaire du projet ELiSup⁶ consacré au développement de bus hybride ou électrique à recharge rapide. Ces projets mettent

en avant le bénéfice apporté par le mode tout électrique, alors que le comportement acoustique en mode hybride dépend très fortement des choix technologiques liés à l'hybridation.

Quel impact à l'échelle du trafic ?

Si la réduction de bruit peut être très significative pour un véhicule circulant en mode électrique, l'impact à l'échelle du trafic ne pourra être sensible que si la proportion de véhicules peu bruyants est importante. Ceci est dû à l'arithmétique particulière liée aux niveaux de bruit, exprimés en décibels. Imaginons pour exemple un trafic urbain formé pour moitié de véhicules légers classiques, l'autre moitié étant constituée de véhicules électriques présentant une réduction de 10 dB(A). Par rapport à un trafic classique, le bruit total ne diminuera alors globalement que de quelques décibels. Cette réduction sera à peine perceptible.

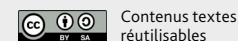
Diminuer le bruit ou rajouter du bruit ?

Le problème du risque des véhicules silencieux pour les autres usagers de la route est soulevé, en raison de leur faible bruit qui les rendrait difficilement détectables à basse vitesse par les piétons et les cyclistes. Certains pays conseillent ou imposent l'utilisation de signaux d'alerte à faible vitesse pour rendre ces véhicules plus audibles. Concilier sécurité des usagers et réduction du bruit des riverains constitue donc un nouvel enjeu pour les recherches sur le bruit en milieu urbain.

1. AME : Département Aménagement, mobilité et environnement
2. LAE : Laboratoire d'acoustique environnementale
3. Un véhicule hybride est équipé à la fois d'un moteur thermique et d'un moteur électrique, la propulsion étant assurée par l'un et/ou l'autre des moteurs suivant le type d'hybridation et le contexte (vitesse, accélération, état de charge des batteries, etc.).
4. Projet FOREVER : <http://forever.fehrl.org/>
5. Projet GEODE (GEstion Optimisée De l'Energie) financé par le FUI et la Région Rhône-Alpes, piloté par Renault Trucks.
6. Projet ELiSup (Bus Électrique à recharge rapide batteries Lithium et supercapacités) financé par l'ADEME, piloté par Iveco Bus.

Pour aller plus loin

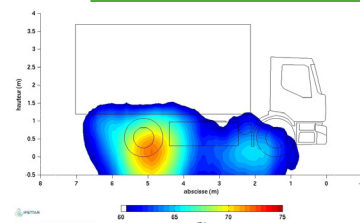
M.-A. Pallas, R. Chatagnon, J. Lelong, *Évaluation du comportement et des performances acoustiques d'un camion hybride en conditions urbaines*. *Acoustique et Technique*, 69, 16-22, 2012.
M.-A. Pallas, R. Chatagnon, J. Lelong, *Noise emission and noise sources of a hybrid bus*. *Proceedings of Internoise 2013*. Innsbruck, Austria, 2013.
M. A. Pallas, R. Chatagnon, *Véhicules électriques et hybrides : enjeux acoustiques*. *Acoustique et Technique*, 78, pp. 43-51, 2015.



Illustrations : Ifsttar



▼ Localisation des sources de bruit sur un camion hybride (projet GEODE).



▲ L'échelle des couleurs représente les niveaux de puissance acoustique, du rouge (niveau élevé) vers le bleu (niveau faible).



◀ Projet GEODE – Mesure de l'émission acoustique d'un véhicule dans le plan vertical

3 DÉVELOPPER DES REVÊTEMENTS DE CHAUSSEE MOINS BRUYANTS

Par Michel Bérengier,
Département AME¹, Laboratoire LAE²

Ces dernières années, un ensemble de documents a été publié en France et plus largement en Europe, afin d'établir une stratégie de réduction du bruit du transport routier d'au moins 30 % à terme. Dans ce contexte, plusieurs villes européennes sont intéressées par l'utilisation de surfaces de chaussée moins bruyantes afin de répondre aux exigences de la Directive européenne 2002/49/CE.



▲ Mesure en continu du bruit de roulement.

La réduction du bruit à la source reste encore la meilleure approche pour réduire les nuisances sonores ressenties par les riverains. Sachant qu'une partie importante de l'émission sonore est due au bruit de roulement (même en milieu urbain), deux solutions se présentent : réduire la part liée au pneumatique et réduire celle liée au revêtement de chaussée. À l'Ifsttar, nous concentrons nos efforts de recherche sur ce dernier point.

Des enrobés drainants « classiques » aux bétons bitumineux

Des revêtements poreux de type Béton Bitumineux Drainants (BBDr 0/10 et 0/6) ont été testés dans le passé en milieu urbain. Même si le gain acoustique était substantiel lors de leur

mise en œuvre, les phénomènes de colmatage réduisaient considérablement ce bénéfice après quelques années de service. Ces problèmes étaient principalement liés à la faible vitesse des véhicules, ce qui ne pouvait assurer l'auto-entretien de la couche poreuse. Pour l'espace urbain, il devenait ainsi urgent de conduire de nouvelles recherches sur d'autres types de structures de chaussée à faible bruit, de la sorte sont nés les Bétons Bitumineux à couche Très Mince à faible granularité (BBTM).

Les grandes entreprises françaises de construction routière ont amplifié leurs recherches sur ces nouveaux revêtements en travaillant plus spécifiquement sur la granularité et la composition du liant. Des BBTM de granularité 0/6, voire 0/4 ont ainsi été expérimentés sur sites réels. Ces revêtements présentent des caractéristiques intéressantes en termes de bruit de roulement au passage d'un véhicule (mesuré suivant la norme ISO 11819-1). Pour exemple, un BBTM 0/4 présente un gain voisin de 9 dB(A) par rapport au Béton Bitumineux Semi-Grenu (BSG 0/10) de référence. Ce gain est à mettre en regard de ceux obtenus avec des BBDr 0/10 (3 dB(A)) et des BBDr 0/6 (6 dB(A)). Toutefois, ces gains demandent à être contrôlés sur le long terme en intégrant notamment le vieillissement de l'enrobé.

Une nouvelle génération de revêtements optimisés pour le bruit

Parallèlement, des recherches ont été conduites pour concevoir des couches de roulement denses (non poreuses) permettant d'obtenir des gains acoustiques au moins comparables à ceux de structures poreuses « classiques ». Ces recherches sont en particulier conduites au sein du programme de coopération franco-allemande DEUFRAKO soutenu par l'ADEME. Une texture théorique optimale a été identifiée dans le cadre du projet P2RN (Prévision et propagation du bruit de roulement) terminé en 2009. La réalisation des procédés industriels, ainsi que les divers tests de comparaison, font l'objet du projet ODSurf (modélisation et réalisation d'une couche de roulement de chaussée optimisée, dense et peu bruyante) qui se conclut fin 2015.

1. AME : Département Aménagement, mobilité et environnement
2. LAE : Laboratoire d'acoustique environnementale

▼ Sonoroute, un système embarqué de mesure en continu du bruit de roulement.



Contenus textes
réutilisables

Photos : Ifsttar



4 LIMITER LE BRUIT DES INFRASTRUCTURES FERROVIAIRES

Par **Olivier Chiello**,
Département AME¹, Laboratoire LAE²

Habiter à proximité d'une ligne de chemin de fer, de tramway ou de métro peut s'avérer éprouvant pour nos oreilles. Pour atténuer le bruit au passage des trains, il est possible d'installer des écrans acoustiques le long des voies ou d'accroître l'isolement de façade des bâtiments concernés. Néanmoins, le moyen le plus direct et souvent le plus efficace est d'agir à la source. Comment s'y prendre ?

Identifier les sources de bruit

Aux basses vitesses, c'est plutôt le bruit dû aux organes de traction (moteurs, auxiliaires, ventilateurs) qui prédomine. Le bruit de roulement lié au contact des roues sur les rails devient prépondérant aux vitesses supérieures. Dans le cas des trains à grande vitesse, le bruit aérodynamique apparaît au-delà de 300 km/h. D'autres sources interviennent dans des situations particulières, comme les bruits de crissement dans les courbes de faible rayon ou les bruits de freinage à l'arrivée en gare. À proximité des rames, les niveaux peuvent alors dépasser les 100 dB(A) ! Enfin, les vibrations transmises par le sol, les ponts ou les tunnels, peuvent devenir problématiques dans certains cas, notamment en milieu urbain.

Pour localiser et caractériser les sources, on utilise souvent des antennes microphoniques.

Concernant le ferroviaire, une part importante du bruit est due aux rails qui peuvent vibrer sur plusieurs dizaines de mètres. Or les techniques d'antennerie classiques ne sont pas adaptées à ce type de sources étendues. Des recherches menées au LAE ont ainsi débouché sur la proposition de méthodes alternatives pour mieux identifier leur contribution³.

Comprendre les mécanismes de génération du bruit

Le bruit de roulement a fait l'objet d'une recherche considérable depuis une vingtaine d'années. On sait aujourd'hui que ce bruit est dû à la mise en vibration conjointe des roues et de la voie par les irrégularités des surfaces de contact. En comparaison, la compréhension des autres mécanismes reste limitée.

Par exemple, éclaircir l'origine des bruits de crissement constitue un vrai défi. Dans le programme de recherche AcouFren⁴, le LAE a conduit des recherches avec cet objectif en partenariat avec le Laboratoire de Tribologie et de Dynamique des Systèmes de l'École Centrale de Lyon⁵. Grâce à une stratégie combinant modélisation et expérimentation, les travaux ont abouti à des avancées significatives qui montrent que le bruit de crissement a pour origine un phénomène complexe d'instabilité vibratoire des structures en contact frottant.

Concevoir et tester des solutions

Concernant le bruit de roulement, les solutions sont aujourd'hui bien connues : le maintien d'un bon état de surface roue/rail d'abord (utilisation de semelles de freins en matériaux composites), l'atténuation des vibrations ensuite (absorbeurs dynamiques sur les rails). Aujourd'hui, l'enjeu consiste à optimiser ces solutions en prenant en compte les autres contraintes.

Pour les autres sources, les recherches de moyens de réduction sont encore souvent empiriques. Le développement de solutions optimisées va donc de pair avec une meilleure compréhension des mécanismes de génération. Pour le crissement au freinage par exemple, un volet du projet AcouFren a été consacré au développement et au test de garnitures de freins moins bruyantes. Un logiciel a été développé pour tester l'effet des paramètres mécaniques des garnitures sur le bruit émis⁶.



▲ Localisation et caractérisation des sources de bruits au passage d'un tramway par antenne microphonique.

Animation

Modèle numérique d'un système de frein à disque ferroviaire développé dans le cadre du projet AcouFren. Lorsque le disque tourne, le frottement des garnitures sur le disque est instable et l'ensemble de la structure se met à vibrer à des fréquences souvent très aiguës. Du bruit est alors généré, en particulier par le disque qui agit comme un haut-parleur.

1. AME : Département Aménagement, mobilité et environnement

2. LAE : Laboratoire d'acoustique environnementale

3. Baldrik Faure, Caractérisation du rayonnement acoustique d'un rail à l'aide d'un réseau de microphones, thèse de doctorat de l'Université de Grenoble, 2011.

4. « AcouFren », Outils d'aide à la spécification et à la conception de freins à disques ferroviaires optimisés vis-à-vis du crissement, programme de recherche 2010-2014, financé par l'ADEME et piloté par la SNCF.

5. Andréa Loyer, Étude numérique et expérimentale du crissement des systèmes de freinage ferroviaires, thèse de doctorat de l'École Centrale de Lyon, 2012.

6. Chiello *et al.*, Squeal noise generated by railway disc brakes: experiments and stability computations on large industrial models, Proceedings of the 21st International Congress on Acoustics, Montréal, 2013.



Contenus textes
réutilisables

Photo et illustration : Ifsttar

Article mis à jour en septembre 2017

5 PENSER LE BRUIT À L'ÉCHELLE DE LA VILLE

Par Joël Lelong,
Département AME¹, Laboratoire LAE²

La Directive européenne 2002/49/CE sur l'évaluation et la gestion du bruit dans l'environnement insiste, d'une part, sur la nécessité d'informer les riverains sur les risques et les effets du bruit dans l'environnement et, d'autre part, sur l'adoption de plans d'action en matière de prévention et de réduction du bruit. Elle impose notamment aux grandes agglomérations de produire des cartes de bruit. À l'échelon national, cette obligation de prendre en compte le bruit – notamment d'origine routier – incombe aux agglomérations devant mettre en œuvre un Plan de Déplacement Urbain (PDU) dans le cadre de la Loi d'Orientation des Transports Intérieurs (LOTI).

Du calcul du bruit à l'approche intégrée sous systèmes d'information géographique (SIG)

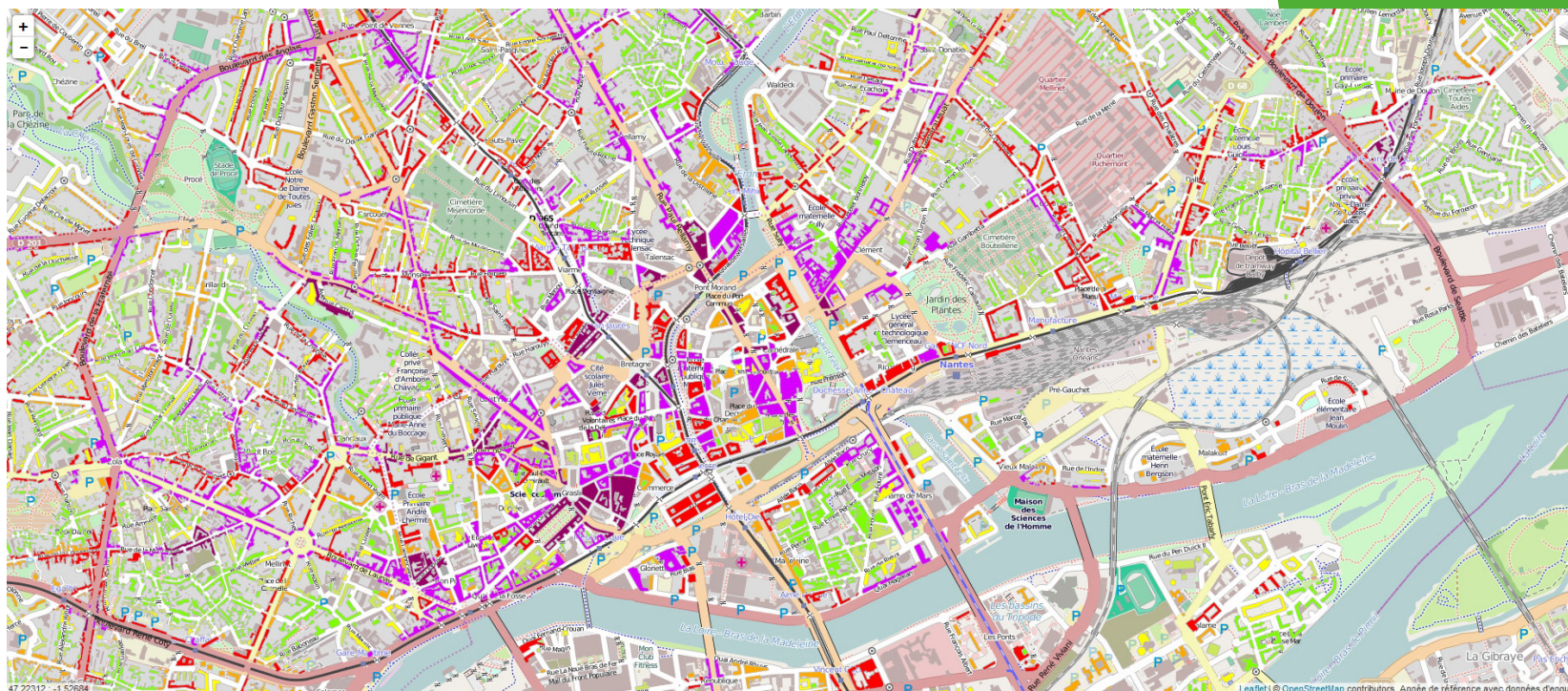
Des méthodes standardisées sont proposées pour répondre à ces obligations légales, notamment par la production et la diffusion de cartes de bruit des grandes agglomérations. Ces cartes reposent sur des modèles simplifiés de propagation acoustique dans l'environnement urbain, et utilisent des modèles de sources sonores, notamment routières faisant intervenir les conditions moyennes de trafic.

Cependant, des études récentes montrent que le bruit n'est qu'une composante parmi d'autres pour évaluer la gêne ressentie : les ambiances lumineuses, olfactives, aérauliques contribuent également à la caractérisation d'un lieu. Aujourd'hui, le croisement de données de différentes natures, physiques (thermiques, acoustiques, lumineuses, etc.) ou d'ordre « sociétal » (démographie, économie de l'immobilier, etc.), est donc devenu une nécessité pour appréhender l'environnement urbain. Ainsi, des travaux récents, notamment au sein de l'IRSTV (Institut de Recherche en Sciences et Techniques de la Ville) en collaboration avec l'Ifsttar, visent

à développer des approches intégrées multi-physiques au sein de SIG, afin de proposer des méthodes de calcul, de représentation et des moyens de diffusion de l'information auprès de différents acteurs (scientifiques, collectivités, habitants).

D'une modélisation statique à une description dynamique du bruit en milieu urbain

S'agissant du bruit de circulation en ville, et bien que répondant à la réglementation en vigueur, les outils actuellement disponibles, basés sur une description statique du trafic, trouvent toutefois leurs limites lorsqu'il y a nécessité d'accéder à une information plus fine (quantification des émergences du bruit, prise en compte de la dynamique du bruit de trafic). Et de même, lorsqu'il s'agit de qualifier l'impact de certains types d'aménagements (modification de carrefours ou de typologie de voirie, mise en place de sites propres réservés à la circulation des transports en commun, etc.).



▲ Niveau d'exposition au bruit (niveau sonore corrélé à la densité de population) par bâtiment, pour la Ville de Nantes pour l'année 2008. Carte réalisée par l'Ifsttar au sein du logiciel SIG OrbisGIS, publié sur le service Webcarto de l'IRSTV (www.orbisgis.org).



Contenus textes
réutilisables

Illustrations : Ifsttar

Ce constat nous a conduit à imaginer une approche spécifique basée sur une modélisation dynamique de l'écoulement du trafic. Développée au Laboratoire d'Ingénierie Circulation Transport (LICIT ENTPE/Ifsttar), elle permet d'évaluer les fluctuations du trafic, liées à des variations de débit, à des restrictions ou des élargissements de capacité (dépendant des

caractéristiques de la voirie), ou à la présence de feux tricolores. Ce type de modèle permet également de simuler l'écoulement du trafic à l'intérieur des carrefours complexes, ou encore le comportement de véhicules propres au milieu urbain, tels les autobus, dont les caractéristiques cinématiques sont différentes de celles des véhicules légers.

Animation

Cartographie dynamique du bruit
sur le Cours Lafayette à Lyon.

Les travaux menés au LAE portent d'une part sur la caractérisation des émissions acoustiques des véhicules en situation d'usage réel (prise en compte des caractéristiques cinématiques transitoires, estimation du comportement de conduite), et d'autre part, sur la propagation acoustique en milieu complexe tel que le milieu urbain. Ils ont conduit au développement d'un modèle global permettant d'estimer les niveaux de bruit en façade de bâtiment à une échelle temporelle très fine, de l'ordre de la seconde.

Validé expérimentalement sur une section de voirie urbaine lyonnaise, cet outil est actuellement en phase de développement à l'échelle d'un quartier. Il intègre de nouvelles fonctionnalités comme l'insertion de lignes de tramway, avec la prise en compte de la micro-régulation de trafic associée et les émissions acoustiques de ce moyen de transport.

“ **Ce travail, mené en collaboration étroite avec d'autres équipes du RST-Réseau Scientifique et Technique (dont le CSTB), offrira à terme aux collectivités un outil robuste d'évaluation environnementale des stratégies de régulation du trafic ou des plans de circulation dans l'agglomération.** ”

1. AME : Département Aménagement, mobilité et environnement

2. LAE : Laboratoire d'acoustique environnementale



Contenus textes
réutilisables

Illustrations : Ifsttar

6 VÉGÉTALISER LES VILLES POUR LUTTER CONTRE LES NUISANCES SONORES

Par Benoît Gauvreau et Gwenaél Guillaume,
Département AME¹, Laboratoire LAE²

De la réduction des îlots de chaleur aux effets de la végétalisation sur le bruit

Avec l'extension du milieu urbain, l'augmentation des surfaces artificielles au détriment des surfaces naturelles a souvent des conséquences sur la qualité environnementale : îlot de chaleur urbain, pollution atmosphérique, bruit, etc. Lorsqu'elle est techniquement faisable, la végétalisation des toits et des façades peut être considérée comme une solution au développement durable des villes.

D'un point de vue purement acoustique, les effets de la végétation sur les ambiances sonores urbaines peuvent être considérés à l'échelle locale de la rue, à celle globale de la ville, en passant par celle du quartier. Pour chacune de ces échelles spatiales, ces effets peuvent être scindés en deux « familles » : les effets directs (liés aux propriétés absorbantes des infrastructures végétales, en particulier le substrat) et les effets indirects (liés aux modifications de la circulation

de l'air, des gradients de température provoqués par de telles infrastructures, qui influent indirectement sur la propagation du son). Ces effets ont été quantifiés dans des études antérieures, de manière essentiellement théorique ou numérique, pour un nombre limité de configurations et d'échelles spatiales (certaines études présentent une validation expérimentale sur maquette et des mesures *in situ*).

Ces recherches nécessitent donc des travaux complémentaires afin d'évaluer – numériquement et expérimentalement – l'influence de la végétation et de la météorologie sur les ambiances sonores urbaines, de l'échelle de la rue à celle du quartier. La prise en compte de ces nouveaux degrés de complexité dans les modèles développés à l'Ifsttar nécessite un travail de développement pour en étendre le domaine d'application.

Ces travaux du LAE sont notamment réalisés dans le cadre du projet ANR « VegDUD » (2010-2014) piloté par l'IRSTV, où le rôle du

végétal dans le développement urbain durable est appréhendé par une approche mêlant les enjeux liés à la climatologie, l'hydrologie, la maîtrise de l'énergie et les ambiances. Ils permettent de quantifier l'influence de ces pratiques alternatives pour les espaces collectifs et privés sur l'ambiance acoustique, notamment à travers des indicateurs physiques classiques tels que les niveaux sonores et les temps de réverbération.

De la réduction du bruit urbain à la qualification environnementale des quartiers

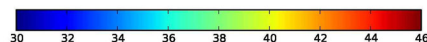
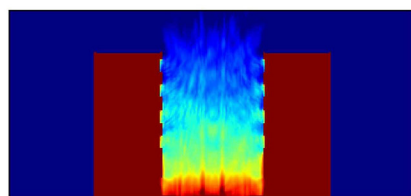
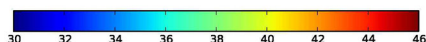
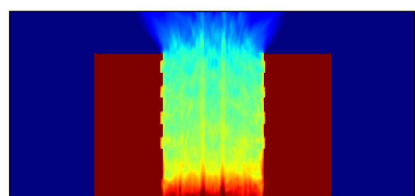
Au-delà de la seule influence du végétal sur les ambiances urbaines, le projet ANR « EUREQUA » (2012-2016) se propose d'objectiver et d'apprécier la qualité environnementale d'un quartier à travers l'identification de critères et d'observables pertinents. Ceux-ci sont liés d'une part à la caractérisation de l'environnement physique (climatique, acoustique, qualité de l'air), et d'autre part à l'évaluation du cadre de vie par les habitants et les usagers.

Ces deux projets transdisciplinaires mettent en synergie de nombreuses compétences (urbanistes, sociologues, psychologues, physiciens, numériciens, etc.) et différents domaines de recherche (météorologie, hydrologie, acoustique, confort climatique, pollution, etc.). En collaboration avec différents organismes (Météo-France, École Centrale de Nantes, CERE, LAVUE, CERMA, IRSTV, LISST, LPED, etc.), il s'agit d'évaluer à terme l'impact de divers scénarii d'aménagements urbains (végétalisation du tissu urbain, requalification d'un quartier, modification du réseau de trafic routier, etc.). Ceci s'inscrit dans une démarche globale et systémique considérant les pratiques des usagers (résidents ou passants), comme l'approche sensible et sociale de leur relation à l'environnement (enquêtes, parcours commentés, etc.).

1. AME : Département Aménagement, mobilité et environnement

2. LAE : Laboratoire d'acoustique environnementale

▼ Cartographies des niveaux de pression sonore dans une rue, SANS (à gauche) et AVEC (à droite) façades végétalisées - Projet VegDUD (2010-2014).
Les niveaux de bruit sont représentés en couleur, du rouge (plus bruyant) au bleu (moins bruyant).



Projet VegDUD (2010-2014) - Mesure *in situ* des propriétés acoustiques d'une façade végétalisée.



Contenus textes
réutilisables

Illustrations : Ifsttar

Simplifions nous la SCIENCE

Qu'apporte la science à notre société ?

Découvrez les contributions des scientifiques
dans nos dossiers thématiques.



<https://reflexscience.univ-gustave-eiffel.fr>



Dans une logique d'ouverture à la société, nous avons choisi d'apposer à certains de nos textes la « Licence Creative Attribution - Partage dans les Mêmes Conditions 3.0 non transposé » (CC BY-SA 3.0) afin qu'ils puissent être partagés librement et réutilisés selon certaines conditions.

Service Diffusion des savoirs et ouverture à la société
Vice-Présidence Recherche
25, avenue François Mitterrand,
Cité des mobilités, F-69675 Bron Cedex
reflexscience@univ-eiffel.fr

Retrouvez tous nos contenus
multimédias sur



<https://reflexscience.univ-gustave-eiffel.fr>

L'Ifsttar est devenu l'Université Gustave Eiffel
au 1^{er} janvier 2020



Contact :

Service diffusion des savoirs et ouverture à la société (DSOS)
Campus de Lyon
25, avenue François Mitterrand
Case24
F-69675 Bron Cedex • FRANCE

email : reflexscience@univ-eiffel.fr

