

L'acoustique et le transport ferroviaire

Pierre-Etienne Gautier

SNCF

Direction de l'Innovation de la Recherche

45, rue de Londres

75379 Paris CEDEX

E-mail : Pierre-Etienne.Gautier@sncf.fr

L'

acoustique est une préoccupation très présente dans le transport ferroviaire, notamment au niveau de la réduction du bruit en environnement et du confort des passagers. Ainsi, la connaissance des sources de bruits des matériels et de l'infrastructure, ainsi que leur réduction est une des principales préoccupations des acteurs dans ce domaine.

Compris et modélisé depuis 1990, le bruit de roulement reste la source principale, même aux grandes vitesses commerciales actuelles. Des solutions de réduction à la source (contrôle de la rugosité des surfaces, absorbeurs dynamiques sur les rails et les roues) ont été développées grâce à la compréhension des mécanismes excitateurs et des parts rayonnées par la roue et le rail. Elles sont progressivement mises en œuvre de manière opérationnelle.

L'exploitation commerciale des trains à grande vitesse a aussi permis d'appréhender la contribution du bruit aérodynamique. Les approches expérimentales, maquettes en soufflerie et antennerie acoustique, ont commencé dans les années 1995 à 2000. En parallèle, les méthodes de calcul de type LES ont été évaluées mais ne sont aujourd'hui toujours pas industrielles pour le calcul de véhicules « longs » (200 m). Plus récemment, des méthodes avancées en aérodynamique (Lattice-Boltzman) en liaison avec le secteur automobile se sont avérées prometteuses. Elles permettent de traiter des véhicules longs et fournissent des prédictions du bruit d'origine aérodynamique pertinentes. Par ailleurs, les méthodes d'investigation comme l'antenne acoustique au passage de trains réels et en soufflerie ont largement progressé pour fournir aujourd'hui les contributions des différentes sources au bruit au passage. Des solutions potentielles ont été évaluées, par calcul et en soufflerie, et sont susceptibles d'être mises en œuvre pour les futures générations de matériels grande vitesse.



Les autres sources de bruit sont traitées par les constructeurs ferroviaires. Le bruit des systèmes de refroidissement moteur a, par exemple, récemment fait l'objet d'importantes réductions (-6 dB (A) sur le bruit au passage d'un automoteur Diesel). La capitalisation des progrès réalisés dans l'automobile sur le bruit des moteurs thermiques et les récents développements d'encapsulation et de traitements locaux, conduisent à des potentiels de réduction importants.

En ce qui concerne les phénomènes intermittents, si certains points singuliers comme le passage des trains sur des ponts métalliques ont été traités, le crissement des freins à disque, le crissement en courbe et le bruit au passage des appareils de voie restent des problématiques d'actualité ou apparaissent dans des conditions particulières.

Le traitement du bruit sur appareils de voie fait intervenir de nouveaux modèles temporels en cours de développement. Cependant, la problématique des freins à disque ferroviaire est différente de celle du routier et de l'aérien et, si les mécanismes ont été compris et modélisés, les solutions sont à concevoir avec un compromis réduction bruit/performance et tenue mécanique en service.

Par ailleurs, les vibrations dans le sol et le bruit «solidien» rayonné à l'intérieur des structures des habitations sont aussi des sujets ouverts. De nombreux modèles ont été développés mais insuffisamment validés, Il apparaît donc encore nécessaire de coopérer entre la Recherche et les industriels. Les solutions connues sont souvent coûteuses et

d'efficacité limitée. Enfin, le crissement en courbe a lui aussi fait l'objet de modélisations qui n'ont pas encore été validées de manière satisfaisante et des solutions opérationnelles robustes restent à établir.

Un point important pour générer la réduction du bruit sur des sources complexes, comprenant parfois plusieurs dizaines de sources, réside dans la modélisation du bruit global d'un véhicule, à partir de la modélisation physique du bruit de sources élémentaires.

Des progrès ont été réalisés récemment dans ce domaine. Les derniers développements permettent non seulement le calcul du niveau acoustique au passage, mais la synthèse sonore du bruit, ce qui ouvre le champ à des études perceptives et permet de sélectionner, les sources sur lesquelles travailler en priorité pour un résultat optimal du point de vue de la perception.

En termes de propagation et de protections acoustiques comme les écrans, les problèmes sont voisins, à la caractéristique des sources près, des problèmes rencontrés dans le secteur routier. La question des effets météo à longue distance est un point ouvert et il est nécessaire de trouver des méthodes fiables et efficaces sur le plan industriel pour calculer le bruit en environnement.

Les écrans antibruit, du fait des réflexions caisse/écrans et des sources localisées en partie haute, posent des questions spécifiques au domaine ferroviaire. Il est aussi de plus en plus question d'intégrer des écrans dans le paysage ou le milieu urbain (écrans bas...). Des progrès récents dans la compréhension des mécanismes de diffraction permettent de proposer des solutions innovantes et mieux adaptées à certaines situations particulières.

Du point de vue de la perception du bruit et de l'écart de perception vis-à-vis des bruits des autres modes, il est nécessaire, pour bien mettre en perspective les spécificités de la gêne liée au bruit ferroviaire, d'étudier les bruits des transports ferroviaire, routier et aérien simultanément. Les recherches sont actuellement concentrées sur les perturbations du sommeil et des activités par les bruits des transports.

En termes de confort à bord des véhicules, la connaissance des sources est aussi indispensable pour alimenter les modèles de prévision de l'ambiance sonore. Après différentes tentatives plus ou moins fructueuses d'utiliser des modèles complexes (éléments finis, équations intégrales), on assiste à un retour à des méthodes plus simples basées sur la SEA, les tirs de rayons... La psychoacoustique, traitée en parallèle de la problématique vibroacoustique, vise à faire évoluer les indicateurs de confort à bord des trains. La sonie, par exemple, sera prochainement intégrée dans les spécifications des futurs matériels roulants.

Ainsi, le secteur ferroviaire est un domaine d'application de compétences diverses en acoustique : connaissance des sources, modèles physiques, perception. L'application de plus en plus fine et quantifiée des résultats concrets obtenus ces dernières années en matière de réduction des sources, de connaissance des effets de gêne des riverains et de confort des voyageurs permet l'ouverture de nouveaux champs de recherche. ■

