

6e assises du bruit – Transports terrestres et environnements sonores urbains

Estelle BONGINI | SNCF Direction Innovation et Recherche | 16/12/2010



En tant qu'opérateur ferroviaire, la SNCF doit assurer la qualification acoustique d'un train tout au long de sa vie :

En usage aujourd'hui

- En avant projet, via le cahier des charges transmis aux constructeurs

Etablir des demandes pertinentes

- Lors des rénovations lourdes (remise aux normes)

Améliorer les performances acoustiques pour mettre au norme (bruit en environnement) ou améliorer le confort (bruit en salle)

En développement aujourd'hui

- Au cours de son exploitation (opération de maintenance, mise au norme)

Vérifier/surveiller les performances acoustique et intervenir si besoin (y compris des moyens de maîtrise de l'empreinte sonore du réseau ferré)

En avant projet ou en rénovation :

Le confort acoustique n'est pas normalisé mais spécifié par l'opérateur au constructeur ferroviaire (contrairement au bruit en cabine de conduite réglementé dans le cadre du « bruit au poste de travail »).

En avant projet :

- Plan de maîtrise du bruit fourni chaque trimestre par le constructeur, pendant la conception/réalisation du matériel

Plan de maîtrise du bruit basé sur une prédiction du bruit en salle intégrant :

- la géométrie de la remorque,
- les différentes sources de bruit,
- les caractéristiques des panneaux.

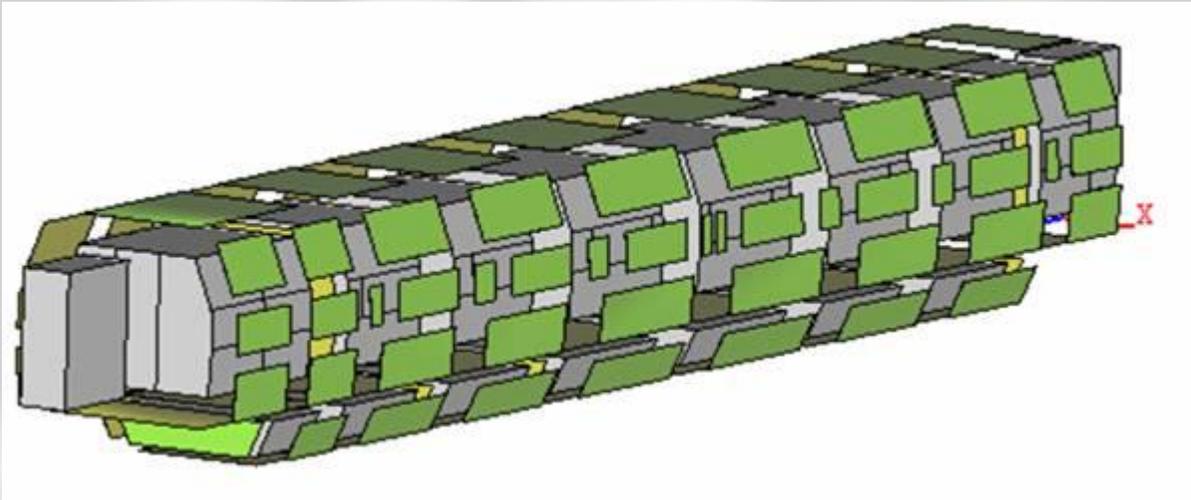
La méthode de prédiction n'est pas imposée : la méthode SEA est mise en œuvre (en avant projet / lors des rénovation / ou pour une exploitation différente du matériel ie augmentation de la vitesse de circulation)

Qualification sonore d'un train– bruit intérieur

Prédiction du bruit en salle

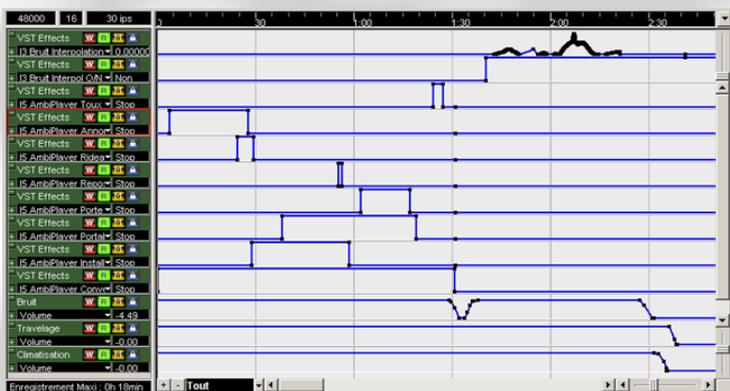
Modélisation SEA « Statistical Energy Analysis »

- Sous structuration d'un salle en systèmes élémentaires énergétiques (panneaux) : la puissance injectée dans un sous-système est égale à la puissance dissipée dans ce sous-système augmentée de la puissance échangée avec les autres sous-systèmes.
- Evaluation des puissances acoustiques de chaque source de bruit (roulement et bruit aérodynamique de la zone bogie), des voies de transfert et des facteurs de perte (interne, externe et par couplage)



Pression sonore pouvant ainsi estimée en chaque point de la salle, en fonction des différentes sources de bruit

Outil de synthèse sonore ODAS



Objectif : recréer le bruit en salle pour mener des tests perceptifs

Prise en compte du bruit propre au fonctionnement du train mais aussi des bruits annexes tels que le bruit d'ouverture/fermeture de porte, bruit des autres passagers

Bruit pouvant être des résultats de simulation ou des enregistrements

Confort acoustique à bord des trains, prise en compte du **ressenti des voyageurs** :

Les indicateurs de confort acoustique sont définis par l'opérateur : aujourd'hui, la SNCF a fait évoluer son critère de spécification (LPA,eq,T) pour mieux prendre en compte le ressenti du voyageur (sonie Zwicker).

Des travaux ont permis de mieux appréhender les paramètres de confort acoustique des voyageurs :

- Thèse de **Myriam MZALI** : *Perception de l'ambiance sonore et évaluation du confort acoustique dans les trains*

L'inconfort acoustique à bord des trains est souvent liée à l'activité des autres voyageurs.

- Thèse de **Françoise DUBOIS** dans le cadre du GDR bruit des transports :

Détection de bruits émergents dans des habitacles de véhicules : mesure et modélisation

Suite aux travaux de recherche conduits ces dernières années, la spécification du bruit en salle voyageur (« bruit de fond », quand le train roule) évolue depuis une spécification en niveau sonore vers une spécification en sonie, mieux adaptée au ressenti du voyageur.

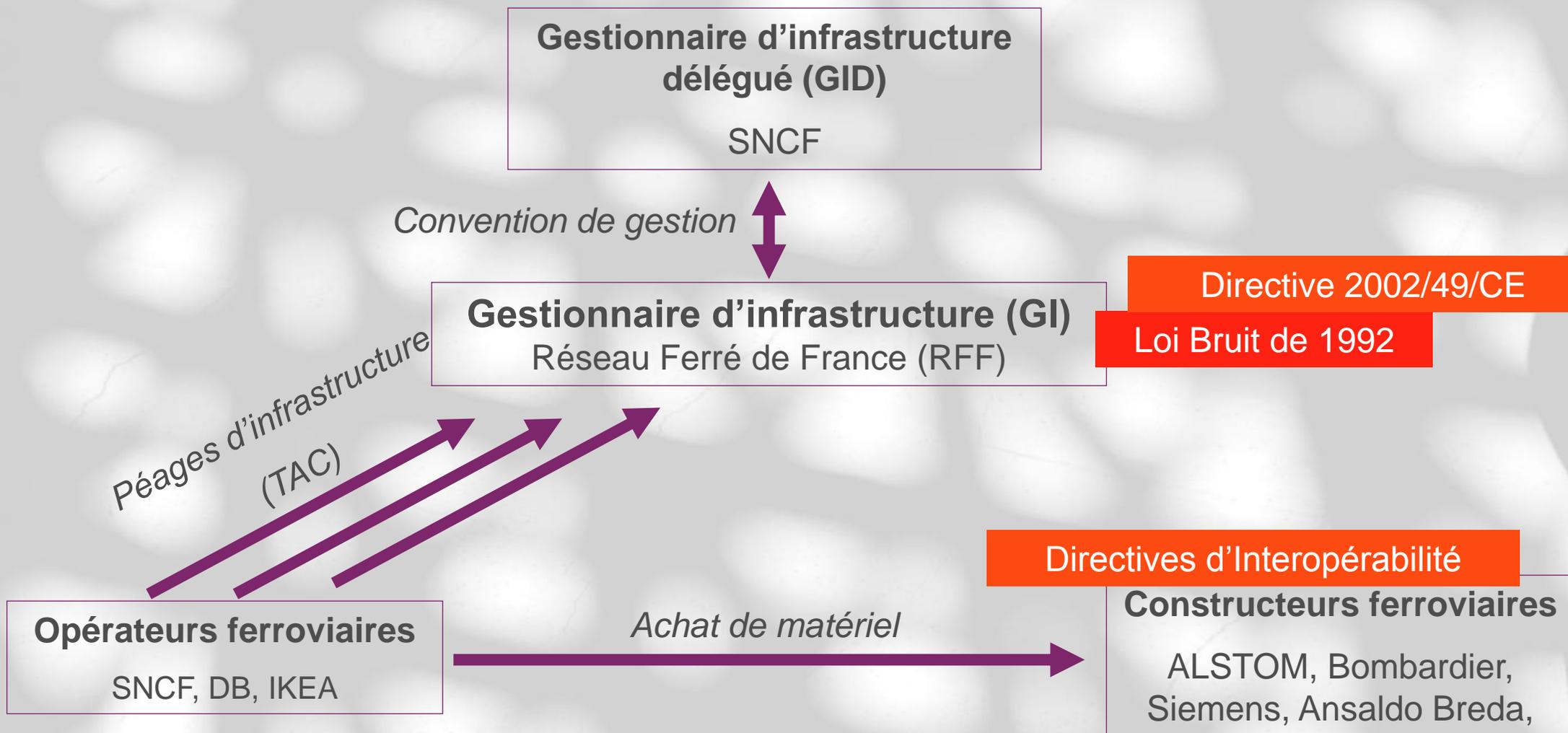
Design sonore :

- Dans les trains : optimisation de la fonction de l'espace en s'appuyant sur la modalité acoustique, notamment dans des espaces différenciés (Corail TEOZ)

- Dans les gares : travaux de thèse de **Julien TARDIEU** : *de l'ambiance à l'information sonore dans un espace public, méthodologie et réalisation appliquées aux gares*

Qualification sonore d'un train– bruit en environnement

Les acteurs du bruit ferroviaire en environnement :



Qualification sonore d'un train– bruit en environnement

Pour des **matériels neufs** ou rénovés, le bruit en environnement est soumis aux limites des **STI** (Spécifications Techniques d'Interopérabilité) et aux demandes spécifiques de l'opérateur ferroviaire

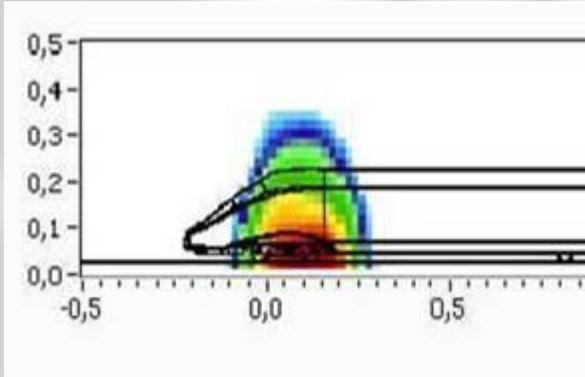
Tendance : vers une certification acoustique virtuelle, ie on souhaite remplacer certaines mesures par des simulations.

*Vers le **maintien des performances acoustiques***

Au cours de l'exploitation du matériel, il faut s'assurer que ses performances acoustiques ne se dégradent pas...voire s'améliorent lors d'opérations spécifiques de maintenance acoustique sur les trains comme sur la voie

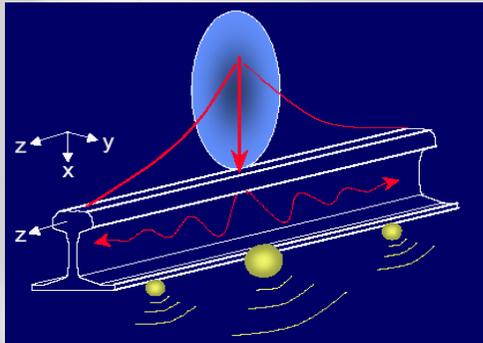
Qualification sonore d'un train- bruit en environnement Caractérisation des sources de bruit

Par mesure (sur sites ou en laboratoire)

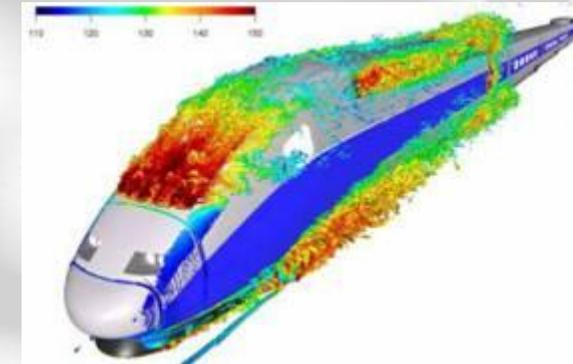
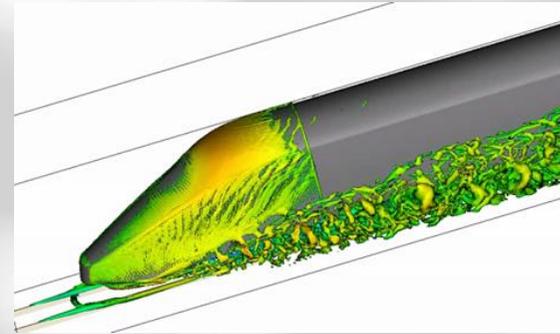


Thèse de Florent Le COURTOIS : *Caractérisation des sources de bruit du matériel roulant et de l'infrastructure par antennerie*

Par simulations numériques



Modèle TWINS : approche fréquentielle, résolution de systèmes couplés MKC et EF



Soit par couplage du champ aérodynamique (CFD) et du champ acoustique (CAA)

Soit par LBM ou Lattice-Boltzman Method Résolution de l'algorithme Gaz sur Réseau pour la prédiction des écoulements de fluide

Qualification sonore d'un train – bruit en environnement

Caractérisation du bruit au passage

Combinaison de l'ensemble des sources de bruit élémentaires pour calculer le bruit d'un train au passage : **VAMPPASS**, outil de simulation d'un bruit au passage

VAMPPASS - AGC

Project User About

Parameters

Parameter	Value
Distance	7.5
Height	1.2
L0	108.723
P0	2e-005
c	340
Ground Reflection	None

Scenario

Speed (km/h) vs Time (s) graph showing a speed profile from 30 km/h at 0s to 50 km/h at 10s, then decreasing to 30 km/h at 20s.

Sources

Already Defined Sources	Type
Air conditioning high speed	independent of speed
BroadbandCte100dB	independent of speed
Cooling 660 rpm	independent of speed
CVS low speed	independent of speed
Exhaust 950 rpm	independent of speed
M.V.M.T. 1480 rpm	independent of speed
Powerpack noisy 950rpm 25pc	independent of speed
Rolling noise 30kh rail damper	independent of speed
Sinus500	independent of speed

Vehicle

X position	Y position	Source
4.05	0.1	Rolling noise 30kh rail dam.
4.87	4	M.V.M.T. 1480 rpm
6.35	0.1	Rolling noise 30kh rail dam.
7.85	0.3	Powerpack noisy 950rpm ..
10.1	4	Cooling 660 rpm
12.8	4	Exhaust 950 rpm
15.3	4	Air conditioning high speed
18	4	CVS low speed

Computation

Run: Run Mono, Run Bformat, Run Source Ranking

Results: Deal with outputs

Logos: SNCF, OAS, LMA, silence

Results

Spectral analysis

Signature graph showing Level (dB) vs Time (s) and Position (m). A vertical green line indicates the cursor position at 13s, 26.1m.

3rd octave analysis

Graph showing Level (dB) vs Center freq. of band (Hz) on a logarithmic scale.

Cursor position

Signature: Time: 13 s, Level: 69.8 dB(A)

3rd octave bands: Band: 16 Hz, Level: 45.1 dB

Indicators

L_{AeqTp} = 71 dB(A)
 SEL = 74.1 dB(A)
 TEL = 68.7 dB(A)
 L_{Amax} = 72.5 dB(A)
 L_{dBA} = 65.3 dB(A)
 L_{dB} = 78.1 dB

Manage data

Export pressure, Export signature, Export indicators, Export sound sample, Export current 3rd oct., Export 3rd oct. on Tp

3rd octave analysis

Length: 250 ms

Play sound: Play, Stop

Logos: SNCF, OAS, LMA, silence

Calcul des indicateurs classiques (niveaux globaux pondérés, signatures) et échantillons sonores permettant de mener des tests psycho-acoustiques pour estimer la combinaison de solutions de réduction du bruit la plus pertinente en terme de ressenti

Maitriser les sources de bruit Surveiller les performances acoustiques

Mesure des contributions du réseau (voie) et des véhicules au bruit de roulement
(source majoritaire pour une grande gamme de vitesse)

Contribution de la voie :

Thèse de Pierre-Emile CHARTRAIN, dans le cadre du GDR VISIBLE : *développement d'un outil de surveillance embarqué des performances acoustiques de la voie*

Objectif : du bruit sous caisse, calculer les irrégularités de surface du rail et le comportement vibro-acoustique de la voie (rail + traverse + ballast : tous interagissent dans l'émission acoustique de la voie)



Contribution des roues :

Thèse de Virginie DELAVAUD : *développement d'un modèle d'interaction roue/voie dans le domaine temporel*

Objectif : caractériser les irrégularités de la surface de roulement des roues au passage. Le comportement vibro-acoustique des roues est généralement maîtrisé (modèle numérique robuste)