

Synthèse sonore  
de  
bruit au passage  
de véhicules terrestres

- Objectifs
- Schéma du logiciel
- Caractéristiques des sources
- Véhicule & scénario
- Synthèse sonore
- Logiciel
- Exemple d'application

- **Quoi**

Développer un outil de simulation pour prédire le bruit au passage d'une voiture, d'un camion, d'un train, d'un tram (en champ proche)

Les sorties du logiciel doivent être :

- le niveau de pression sonore, le spectre, la signature, ...
- l'échantillon sonore du passage

- **Comment**

Les temps de calcul doivent être adaptés à une utilisation du logiciel pour des études paramétriques sur un PC standard

La définition des sources doit être en accord avec les sources de bruit existantes (réelles) sur le véhicule

- Pourquoi

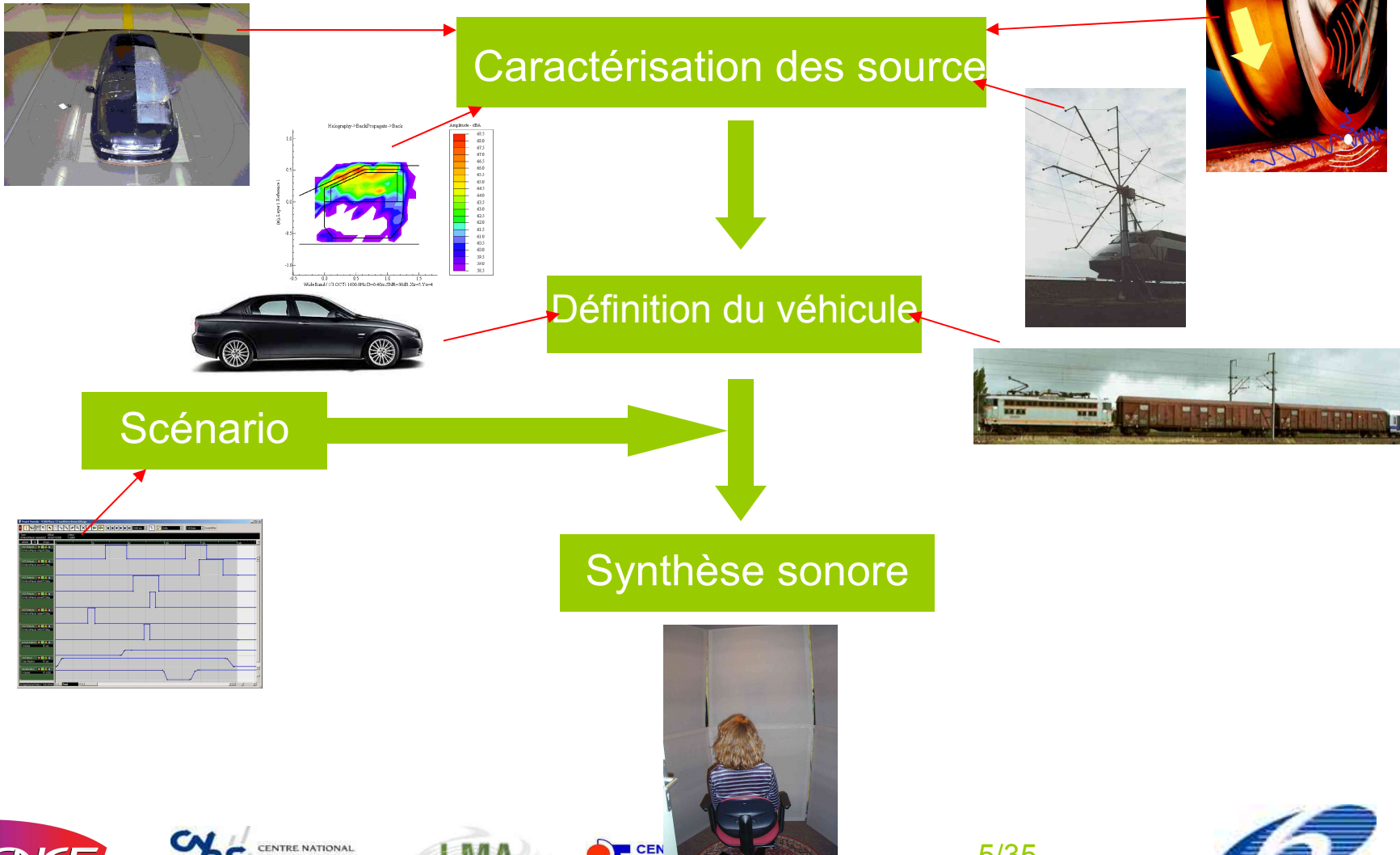
Mener des études paramétriques pour réduire le bruit du passage d'un véhicule donné

Définir la combinaison optimale de solutions de réduction du bruit à partir des réductions définies sur chacune des sources

Evaluer le désagrément induit par un passage de véhicule en conduisant des tests d'écoute en laboratoire

Fournir des "sources de bruit" pour des simulations de bruit de trafic, de calculs de propagation longue distance, ...

# Schéma du logiciel



# Caractéristiques des sources

- Paramètres

- position de la source sur le véhicule (x,y)
- niveau de pression sonore (à 1m, dB)
- spectre en bandes fines ou tiers d'octave + raies émergentes
- directivités (décomposées sur une base d'harmoniques sphériques)
- évolution des sources en fonction du scénario (vitesse du véhicule)

- Définition des paramètres

- Mesures à poste fixe / au banc
- Mesures au passage (avec séparation des contributions)
- Mesures sur maquette
- Modélisation des sources

- Mesures au passage

Exemple : sources de bruit d'un train AGC

- 72 microphones localisés à 6m du train
- Techniques de formation de voies et de "suppression de l'effet Doppler"
- Intégration spatiale autour de la localisation de la source

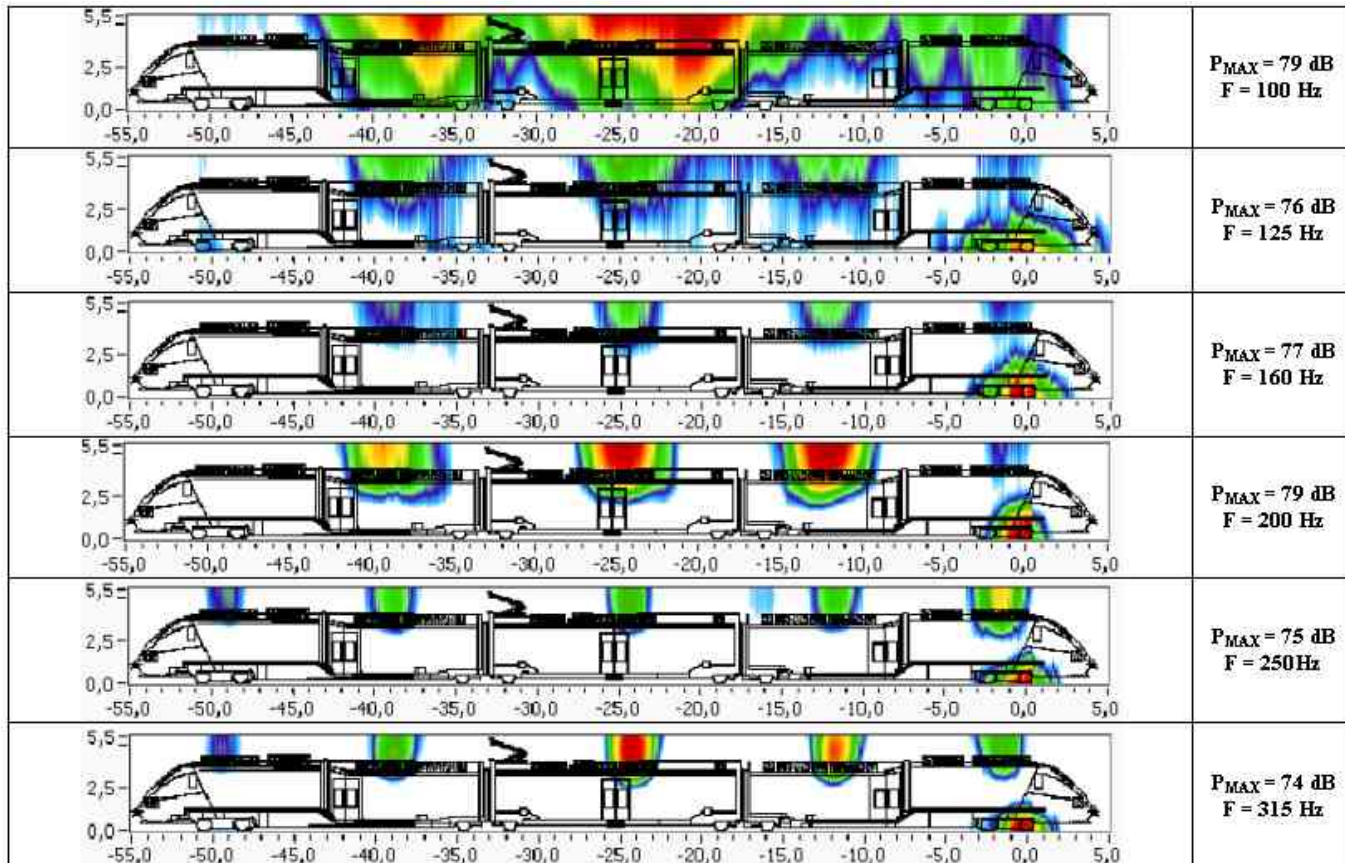


>> position, sound pressure level, spectrum



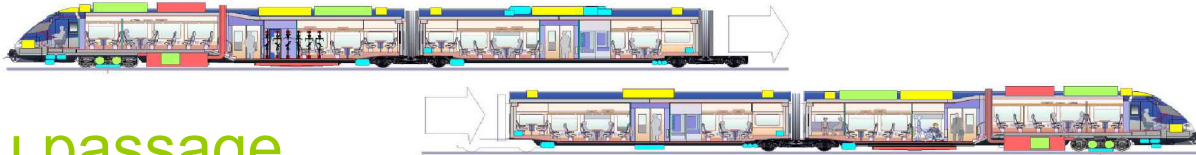
- Mesures au passage

- Exemple : cartographie du bruit d'un train AGC





- Définition d'une voiture / camion / train / tram
  - Le véhicule est défini par la position des sources (en 2 dimensions)



## Scénario du passage

- Evolution de la vitesse du véhicule en fonction du temps

## Evolution des sources pendant le passage

- Evolution des caractéristiques des sources en fonction :
  - du temps
  - de la vitesse du véhicule
  - par palier (en fonction de la vitesse du véhicule)
  - lois d'évolution (bruit de roulement et aérodynamique)

- **Calcul du signal temporel**

- Le spectre de chaque source est décomposé en bruit large bande (niveau donné en 1/3 d'octave) et raies émergentes
- La sonie spécifique est utilisée pour sélectionner les raies émergentes qui seront entendues

## Raies émergentes

- Synthèse directe (additive) du signal temporel (phases aléatoires mais conservées sur toute la durée du signal)

## Bruit large bande

- Définition des sources (et de leur évolution) dans un plan temps-fréquence
- Réalisation du plan temps-fréquence des phases correspondant
- **Une seule et unique transformation de Fourier inverse**

- VAMPPASS

The screenshot shows the VAMPPASS - AGC software interface. It is divided into several sections:

- Recepteur (Receiver):** A table of parameters for the receiver, including Distance (7.5), Height (1.2), LO (108.723), PO (2e-005), c (340), and Ground Reflection (None). Buttons for Set, Default, Load, and Save are present.
- Scenario:** A graph showing Speed (km/h) vs Time (s). The speed starts at 30 km/h, increases to 50 km/h at 10s, stays at 50 km/h until 15s, and then decreases back to 30 km/h at 20s. Buttons for Set, Load, and Save are present.
- Sources:** A table of already defined sources with columns for Name, Type, and buttons for Add, Edit, Delete, and Load.
- Vehicle:** A table of vehicle parameters with columns for X position, Y position, and Source. Buttons for Edit Vehicle, Load, and Save are present.
- Calcul (Calculation):** A section with buttons for Run Mono, Run Bformat, Run Source Ranking, and Deal with outputs.

Logos for SNCF, CxS, LMA, and silence are visible at the bottom of the interface.

Résultats

- Objectif principal

Pouvoir prédire la meilleure combinaison de solutions pour réduire le bruit au passage d'un AGC, en conditions d'opération à 30 et 80km/h.

- Données

- Les caractéristiques des sources de bruit d'un train existant sont disponibles (grâce à des mesures)
- Des passages d'un train existant ont été enregistrés (pour validation)
- La réduction du bruit induite par chaque solution est estimée en laboratoire, par simulation, sur maquettes, ...

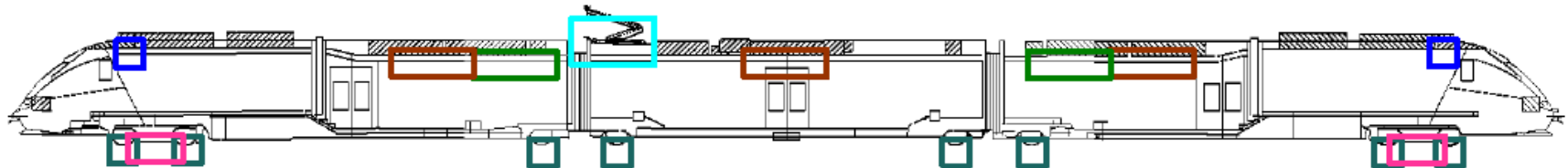
# Exemple d'application

- Train AGC

- Train autorail Bombardier diesel / électrique
- 3 voitures passagers
- 4 bogies, 2 compartiments moteur diesel, 2 systèmes de refroidissement, 2 échappements, 5 unités HVAC,

...

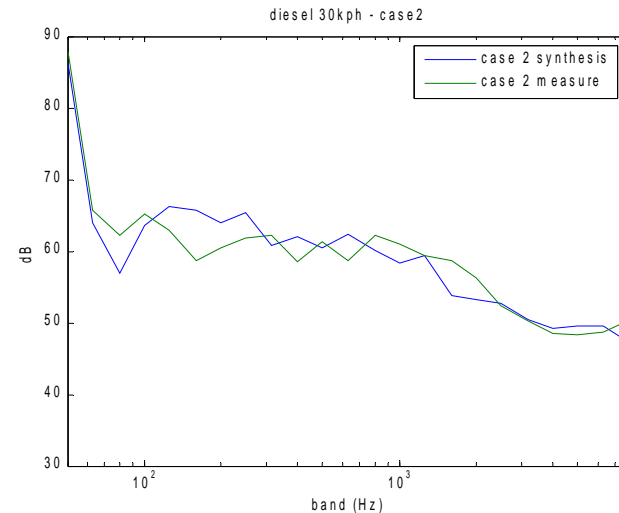
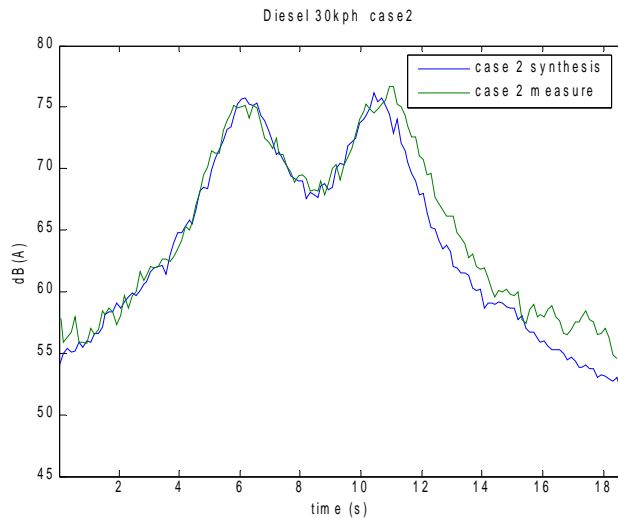
=> 21 sources de bruit



- Pantograph
- CVS
- HVAC
- Traction motor fan
- Traction motor
- Wheels

- Train existant

- Véhicule, scénario, et sources de bruit sont définis dans VAMPPASS
- Signature et spectres en 1/3 d'octave sont comparés aux mesures du passage à 30 et 80 km/h en mode Diesel et électrique



Case 1 – Diesel 30kph	Simulation	Measurement
Global level (dB)	86.4	86.7
A-weighting global level (dB(A))	65.3	67.6

- Resultats

CONFIGURATIONS	LeqTp(A) (dB(A))
30km/h mode diesel	
cas standard	68,7
cas bruyant (powerpack régulier)	69,8
optimisation échappement	68,6
optimisation cooling	67,5
optimisation bruit de roulement	
absorbeurs sur voie	68,4
absorbeurs sur voie et sur roue	68
optimisation globale	67
80km/h mode diesel	
cas standard	76,2
cas bruyant (powerpack régulier)	77,1
optimisation échappement	76,4
optimisation cooling	74,9
optimisation bruit de roulement	
absorbeurs sur voie	75,2
absorbeurs sur voie et sur roue	74,7
optimisation globale	72,9
30km/h mode électrique	
cas standard	61,9
optimisation bruit de roulement	
absorbeurs sur voie	58,2
absorbeurs sur voie et sur roue	57,3
80km/h mode électrique	
cas standard	72,2
optimisation bruit de roulement	
absorbeurs sur voie	68,9
absorbeurs sur voie et sur roue	67,4



- VAMPPASS

- Un logiciel de synthèse sonore a été développé et doté d'une interface rendant son utilisation facile
- Le logiciel a été validé (en terme d'indicateurs acoustiques classiques), une validation perceptive a été réalisée afin de justifier de son utilisation pour des tests d'écoute
- Des méthodes de mesure dédiées à la caractérisation des sources de bruit sont proposées
- Le logiciel a été déposé auprès de l'APP (conjointement SNCF-CNRS)

Et si on écoutait un train passer ?