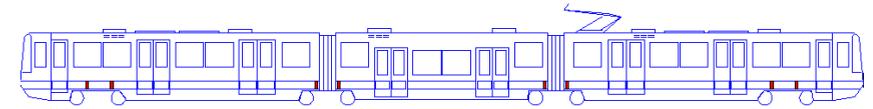


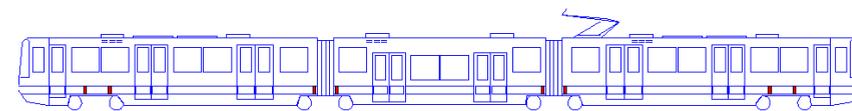


***SPECIALISTE BRUIT & VIBRATIONS
des transports collectifs***

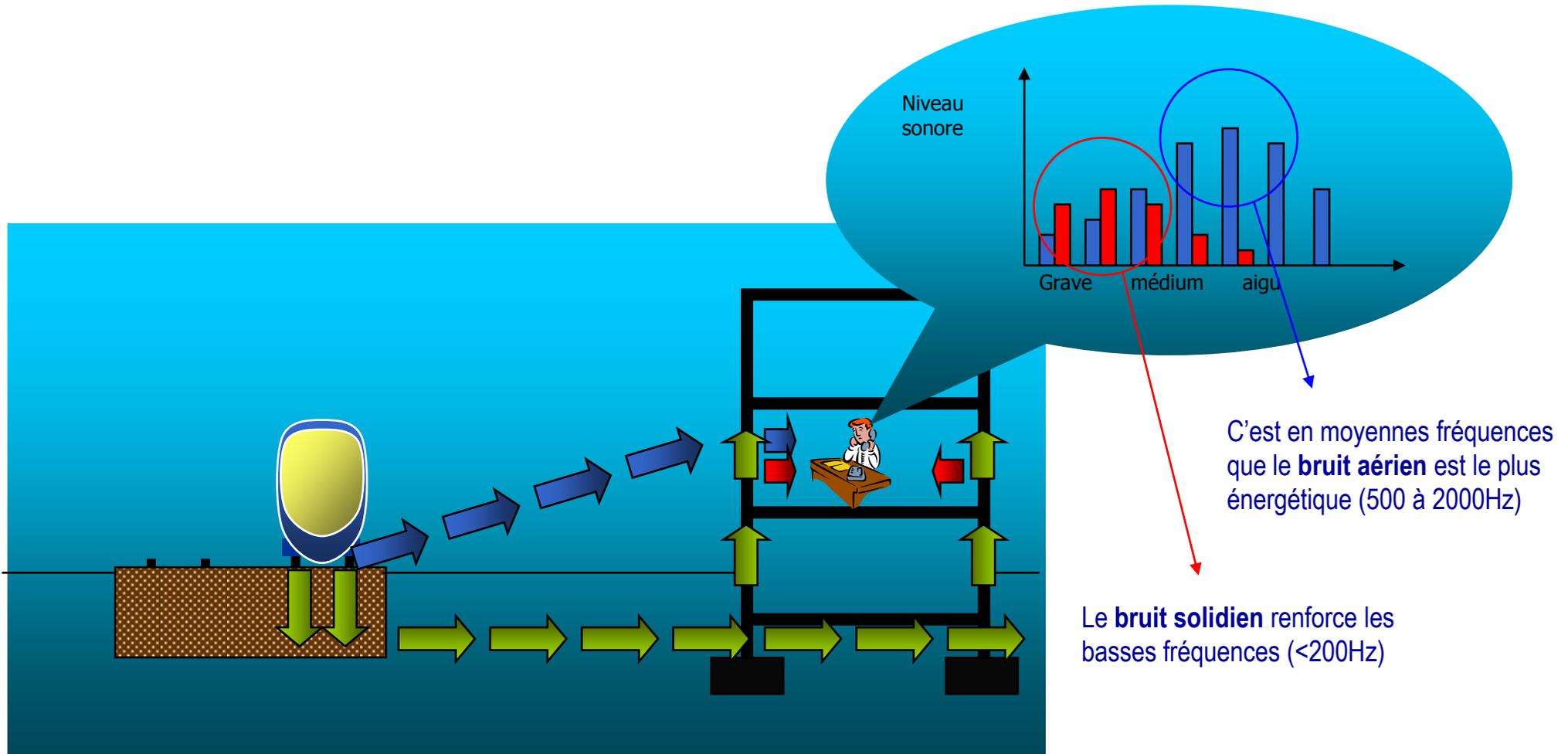
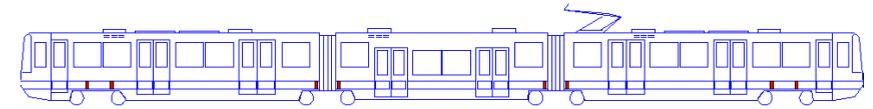




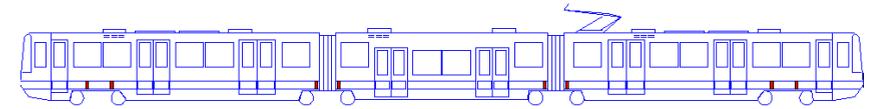
- 1. problématique générale***
- 2. origine des vibrations***
- 3. type de pose de rails***
- 4. traitement anti-vibratile des voies en pose continue***
- 5. traitement anti-vibratile des voies sur appuis***
- 6. calcul des caractéristiques d'atténuation vibratoire***
- 7. conclusion***



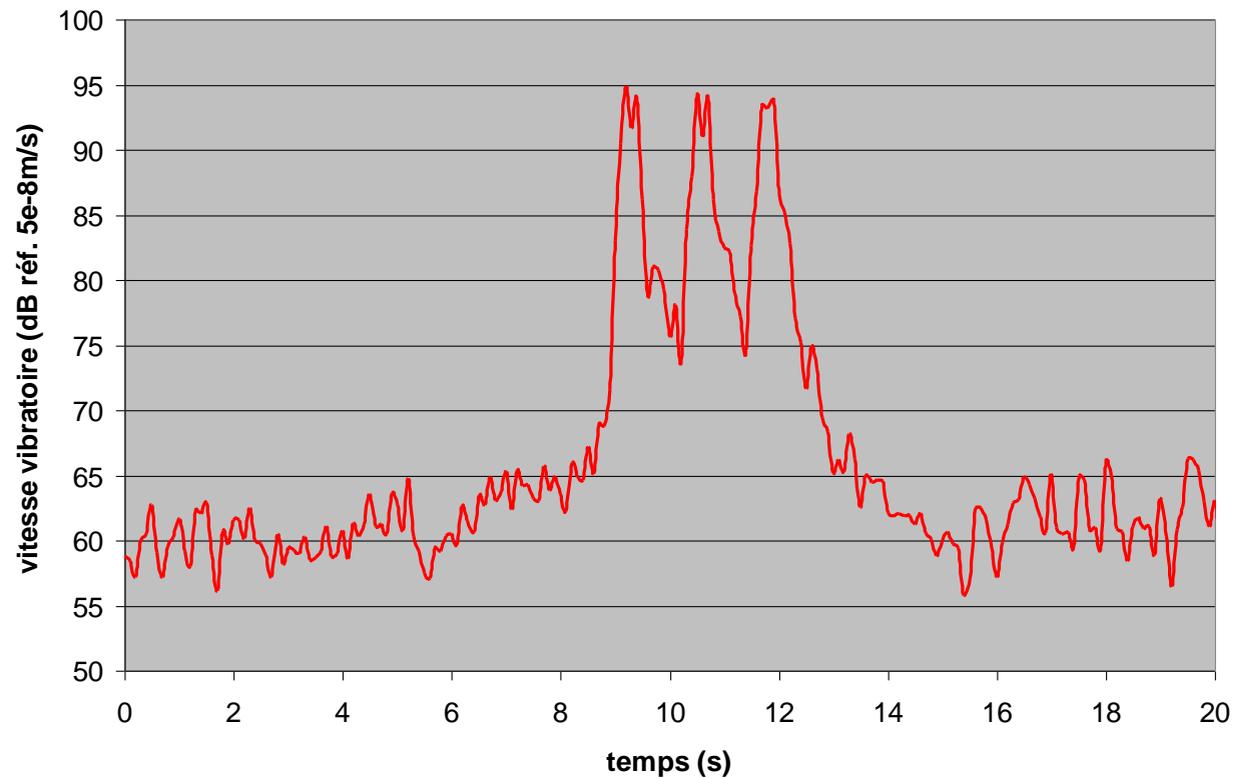
Si le revêtement de la voie tramway fait partie de la requalification de l'espace urbain, le traitement anti-vibratile de la plateforme est également un élément primordial car c'est lui qui conditionne le niveau de vibrations injecté dans le sol et, par conséquent, le niveau de vibrations chez les riverains eux-mêmes.



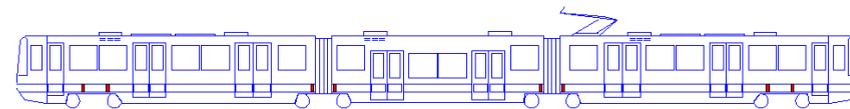
Le bruit chez les riverains est la superposition des bruits aérien et solide.
Ils sont perçus simultanément et ne peuvent être aisément mesurés séparément.



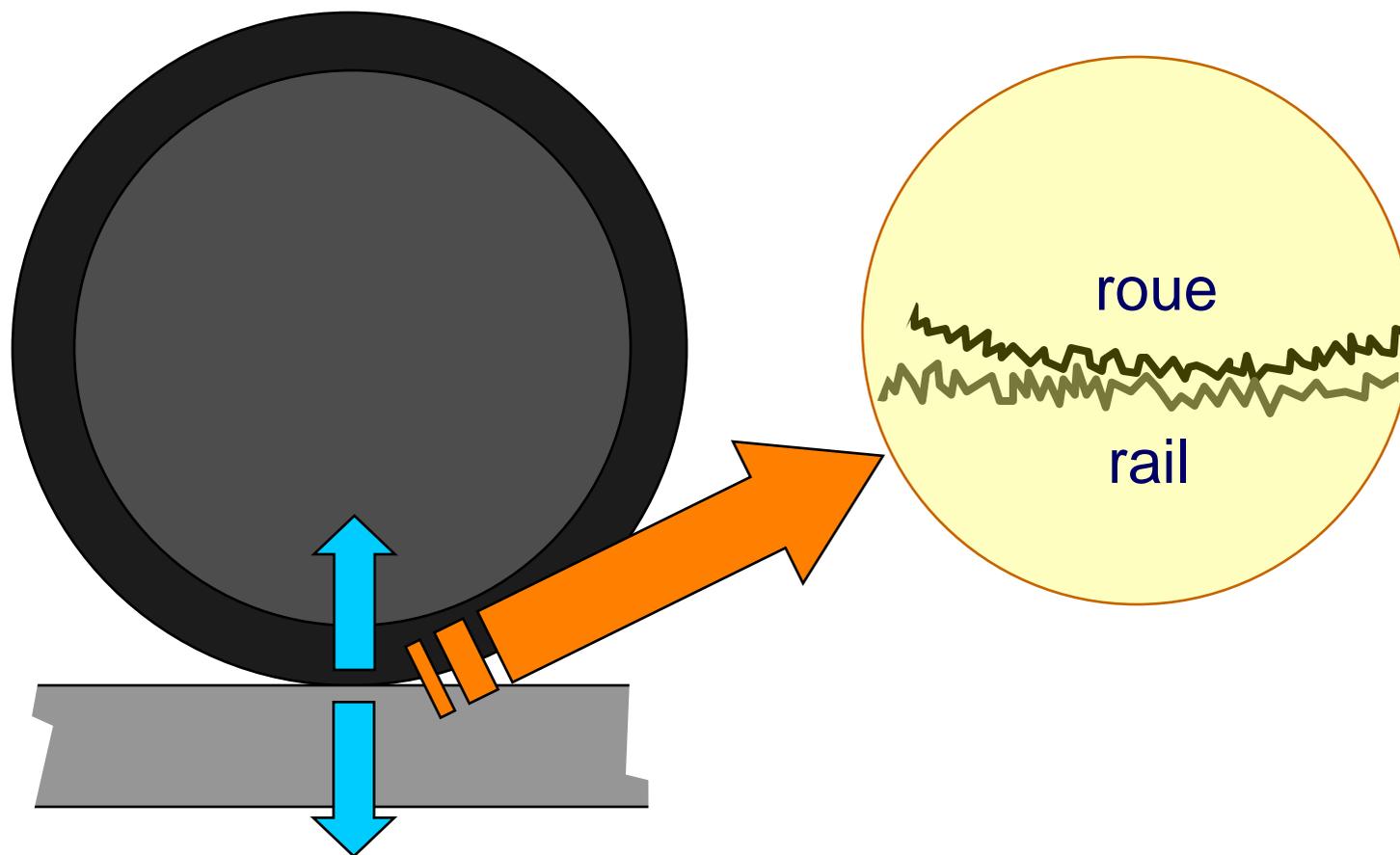
En référence à la norme ISO 2631-2 (1989), le seuil de perception des vibrations, exprimé en vitesse efficace par tiers d'octave, pour ce qui concerne la direction verticale, est de **0.1 mm/s**, soit **66 dBv**.

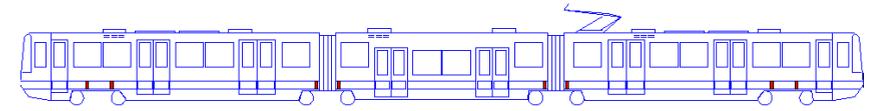


Niveaux vibratoires mesurés sur le rail, au passage d'une rame

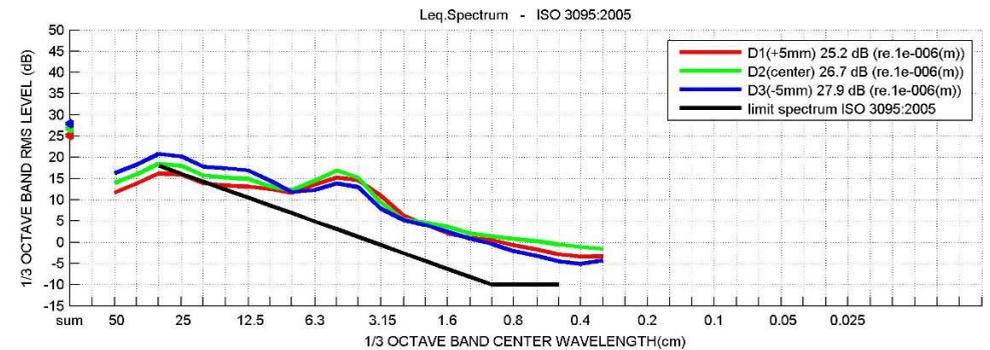
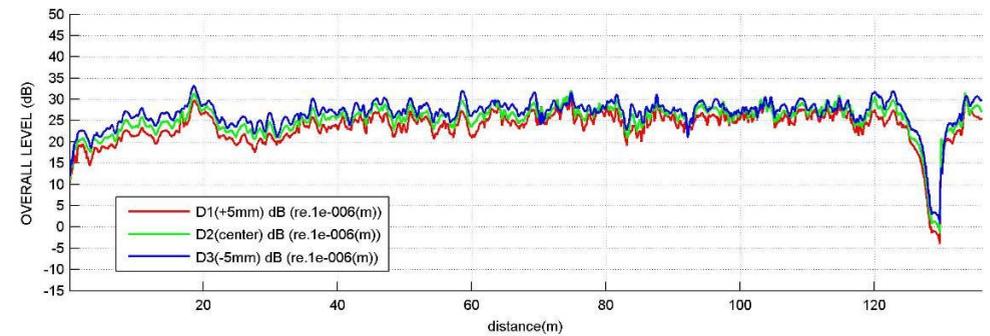


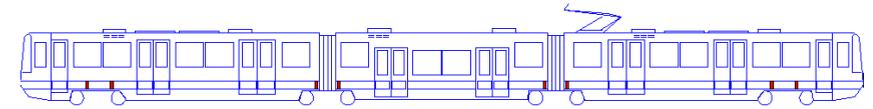
Les vibrations sont générées par le contact roue/rail et, plus particulièrement, par leur rugosité.



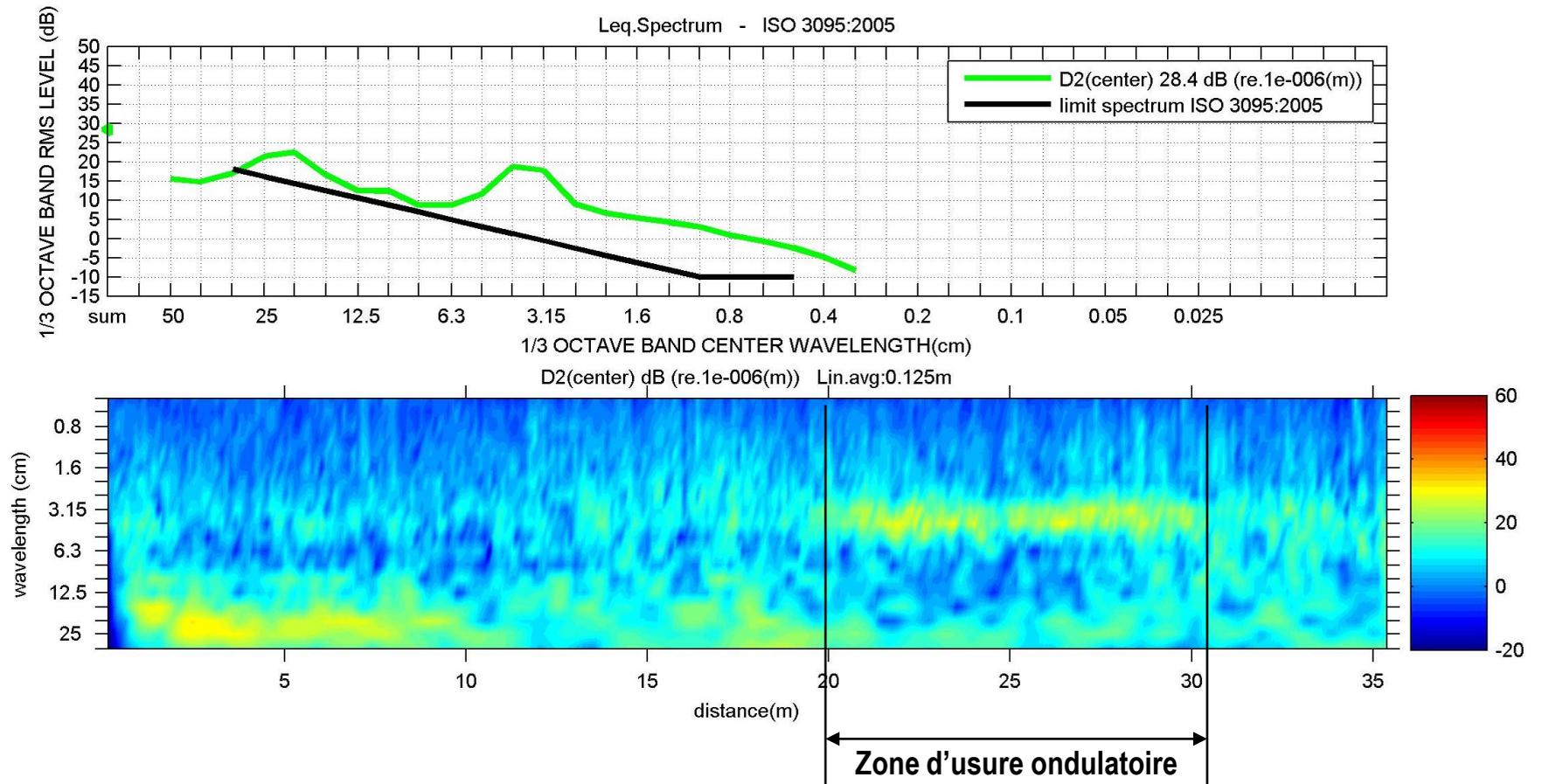


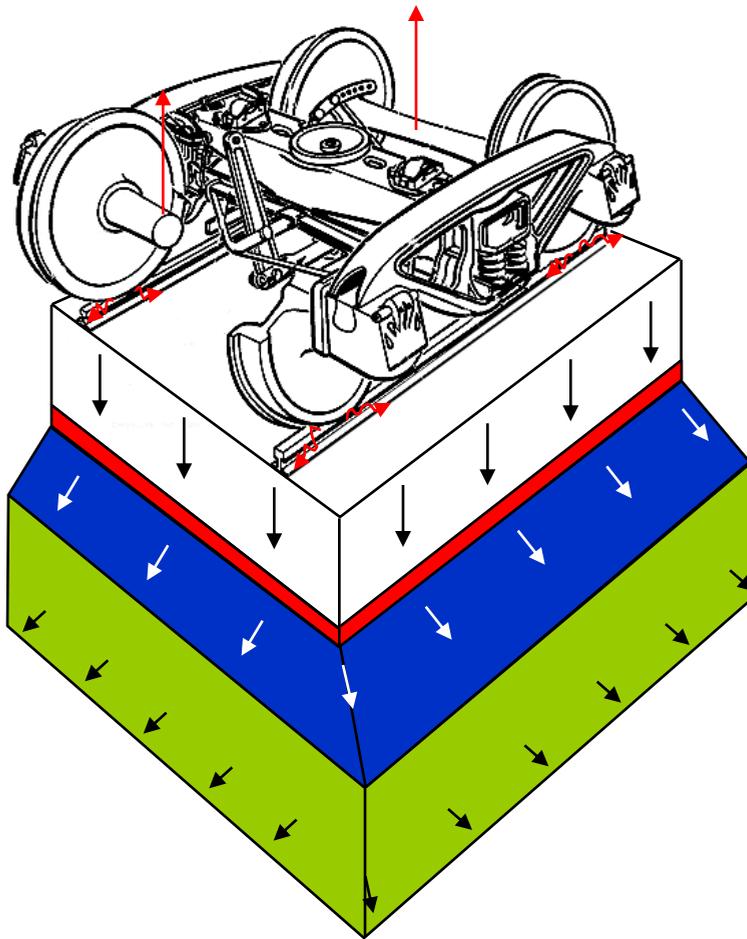
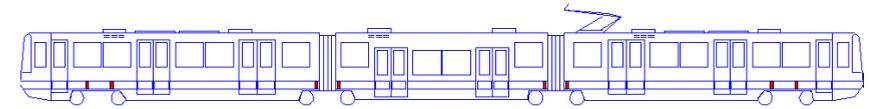
La rugosité peut être mesurée grâce à un chariot mobile (norme NF EN 15610 de septembre 2009 : « bruit à l'émission – Mesurage de la rugosité des rails relative à la génération du bruit de roulement »)





La mesure de la rugosité permet de détecter très aisément la présence d'usure ondulatoire sur un site, sa localisation exacte et la ou les longueurs d'onde incriminée(s)





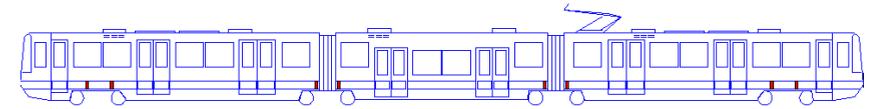
Le système dynamique se compose d'un matériel roulant (au-dessus) et d'une plate-forme (en dessous), reposant sur un sol élastique.

La plate-forme transmet au sol les vibrations générées au niveau du contact roue-rail, en fonction de la rugosité de l'un et de l'autre.

Le sol conduit alors ces vibrations jusqu'aux fondations des bâtiments adjacents qui, en fonction de leurs caractéristiques vibro-acoustiques, transmettent aux occupants des vibrations et du bruit « solide ».

La plate-forme joue le rôle d'un filtre vibratoire dont l'efficacité varie en fonction de sa complexité et de ses caractéristiques propres.

En jouant sur ces divers paramètres, le concepteur peut donc limiter plus ou moins les effets de l'infrastructure de tramway sur son environnement.

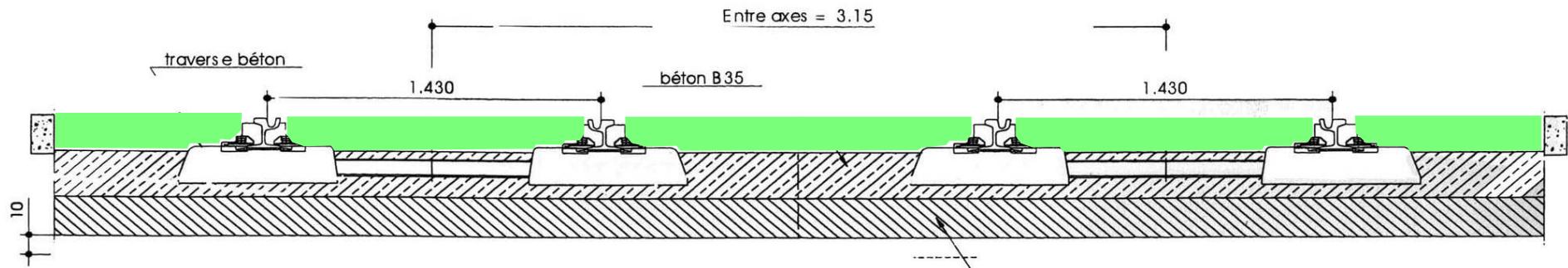


Il existe deux familles de pose de voies :

- la **pose continue** : le rail repose sur un support appui sur toute sa longueur
- la **pose sur appuis** : le rail repose sur des appuis à des intervalles adaptés

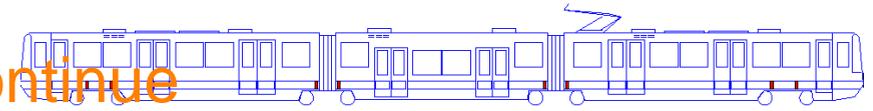
Pour les **poses de voies sur appuis**, le rail repose sur une semelle cannelée en caoutchouc qui permet la déflexion du rail au passage des rames et isole celui-ci de la terre.

Quand on parle d'un voie non traitée (ou « **classique** »), ces deux éléments sont naturellement intégrés car technologiquement nécessaires.



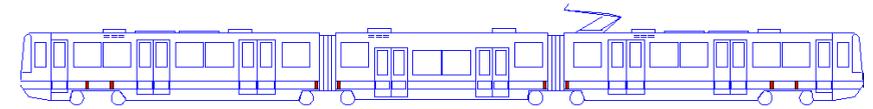
La déflexion du rail au passage des rames dans les deux solutions est différente, plus « linéaire » en pose continue qu'en pose sur appuis.

D'autre part, les rails tramway en zone urbaine sont généralement intégrés dans la voirie ou les espaces verts. Pour se prémunir des courants vagabonds, ceux-ci sont enveloppés dans une mousse polyuréthane ou du caoutchouc recyclé (chambre d'éclissage).



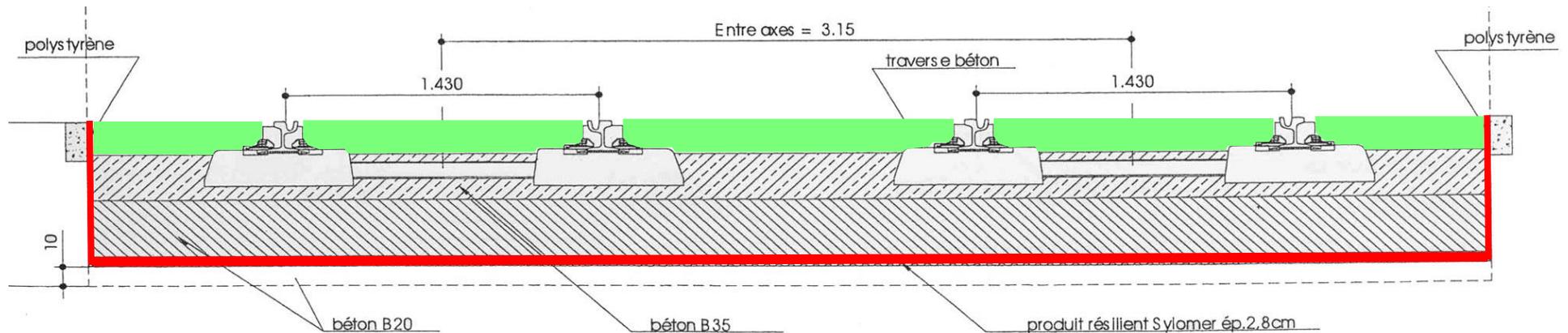
En **pose continue**, deux solutions sont généralement envisagées :

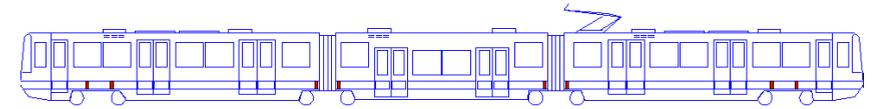
- par traitement de l'appui continu du rail grâce à l'incorporation d'une semelle adaptée aux sollicitations vibratoires dont la déflexion reste compatible avec le revêtement de la plateforme et l'environnement du rail ;
- par traitement sous la plateforme tramway, consistant à isoler l'ensemble de la plateforme et la faire reposer sur un tapis anti-vibratile approprié au sol d'assise et à la masse suspendue. Ce système est communément appelé « dalle flottante »



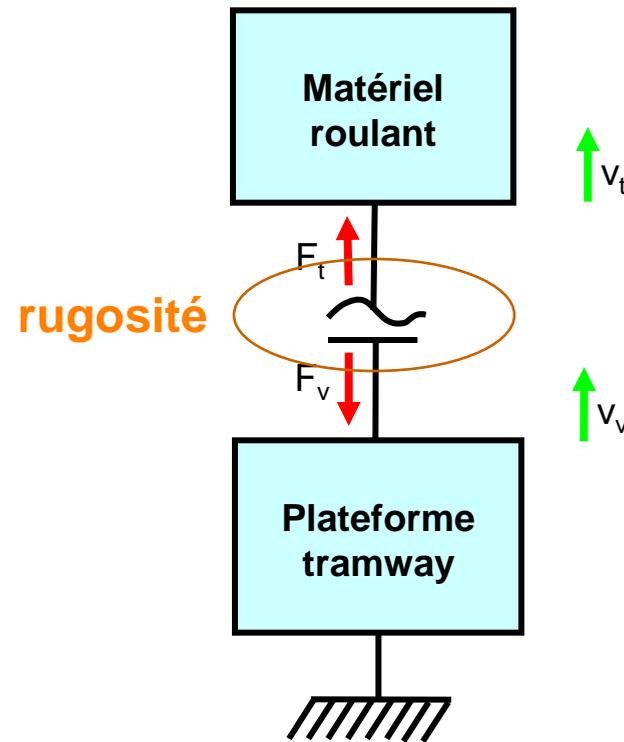
En pose sur appuis, trois solutions sont généralement envisagées :

- par traitement de l'appui du rail, en incorporant une semelle adaptée aux sollicitations vibratoires dont la déflexion reste compatible avec le revêtement de la plateforme et l'environnement du rail (pose intermédiaire) ;
- par traitement anti-vibratile sous la traverse, grâce à un emmaillotage des sommiers de traverses dans des chaussons en matériau anti-vibratile ; ce principe, très employé dans les gares, est très efficace mais incompatible avec un revêtement de la plateforme (pose intermédiaire) ;
- par traitement anti-vibratile sous la plateforme tramway, consistant à isoler l'ensemble de la plate-forme et la faire reposer sur un tapis anti-vibratile approprié au sol d'assise et à la masse suspendue (dalle flottante) ;



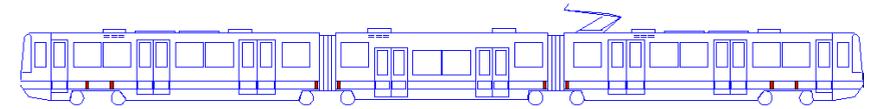


modèle de simulation



La force injectée dans la voie (F_v) n'est pas une donnée absolue. Elle résulte de la réponse du système à une excitation de type « rugosité imposée ».

La rugosité du contact rail/roue doit donc être LE point d'entrée de toute simulation.



exemple de simulation d'une dalle flottante

TYPE DE POSE DE VOIE : dalle flottante

Retour Edit Affichage Aide A propos

Rail

Type de rail : 35G
 Hauteur (m) : 0.153
 Section (m²) : 7.05E-03
 Moment d'inertie (m⁴) : 2.06E-05
 Densité (kg/m³) : 7800
 E statique (N/m²) : 2.10E+11

Matériel roulant

Alstom CITADIS 302

Bogie moteur
 Bogie porteur

raideur de contact

Support rail

Epaisseur semelle (m) : 0.010
 Largeur semelle souple (m) : 0.140
 Longueur semelle souple (m) : 0.250
 Raideur dynamique (N/m³) : 7.00E+09
 Coef. de rigidification dyn. : 2.0
 Facteur d'amortissement : 0.16

Caractéristiques vibratoires

Mobilité ponctuelle (v1/F1) Perte par transmission (v2/v1)
 Mobilité de transfert (v2/F1) Perte par insertion (x=cst)
 Impédance (F1/x1) Perte par insertion (F=cst)
 Réceptance (x1/F1)

— Perte par insertion (x=cst) — Perte par insertion (F=cst)

Traverse

Travelage moyen (m) : 0.750
 Epaisseur (m) : 0.200
 Largeur (m) : 0.300
 Longueur (m) : 0.600
 Densité (kg/m³) : 1

Support traverses

Epaisseur caoutchouc (m) : 0.020
 Raideur dynamique (N/m³) : 1.75E+18
 Coef. de rigidification dyn. : 2.0
 Facteur d'amortissement : 0.10

Dalle béton

Epaisseur (m) : 0.700
 Largeur par voie (m) : 3.000
 Moment d'inertie (m⁴) : 5.40E-02
 Densité (kg/m³) : 2400
 E statique (N/m²) : 2.50E+10

Support dalle béton

Epaisseur caoutchouc (m) : 0.025
 Raideur dynamique (N/m³) : 1.90E+07
 Coef. de rigidification dyn. : 1.6
 Facteur d'amortissement : 0.20

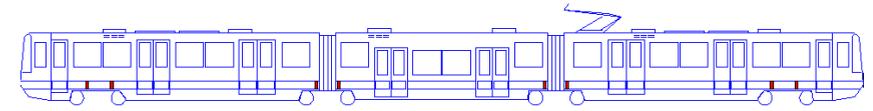
Fondation

Epaisseur (m) : 0.200
 Largeur par voie (m) : 3.000
 Densité (kg/m³) : 2400

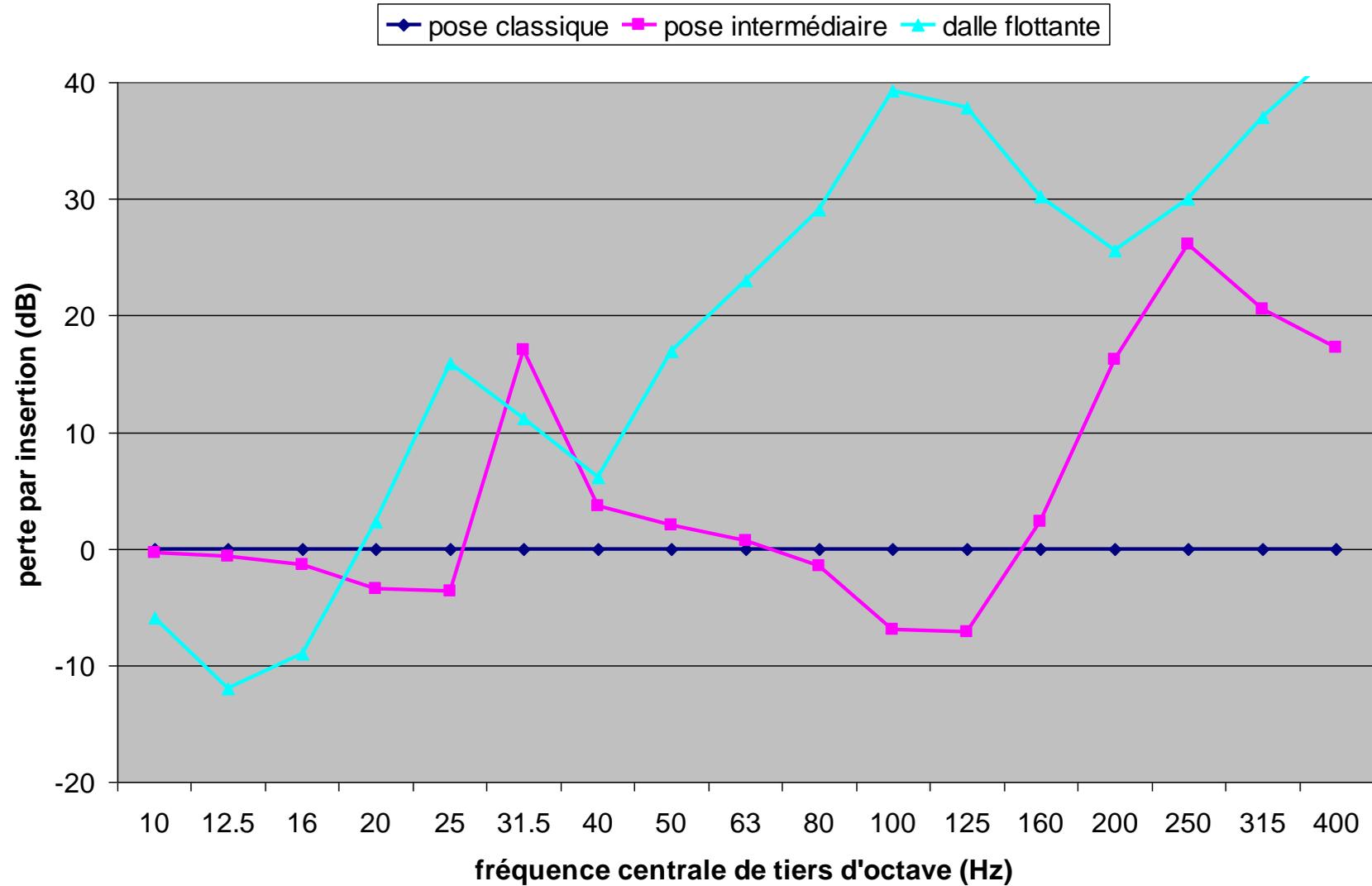
Sous-sol

Cisaillement G : (N/m²) : 4.00E+08
 Coef. rigidification : 2.0
 Coef. de Poisson : 0.17
 Amortissement (%) : 0.30
 Densité (kg/m³) : 2650

Sol : normal



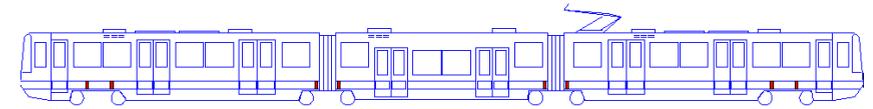
exemple de comparaison des performance de différentes poses de voie





Tant qu'il y aura du bruit

conclusion



Le défi lancé aux ingénieurs et aux chercheurs par ceux qui, aujourd'hui déjà, souhaitent doter leur agglomération d'un tramway moderne, écologique et d'un **coût raisonnable**, est de pouvoir anticiper les problèmes afin de les aider dans leur choix de la façon la plus pertinente possible.

La modélisation des phénomènes en présence, depuis la génération des vibrations jusqu'à leur perception chez les riverains (soit sous forme de vibrations, soit sous forme de bruit solidien), est donc primordiale.