

Le 21 novembre 2019
Présentation – Étude vibratoire

Réseau structurant de la Ville de Québec

Étude vibratoire

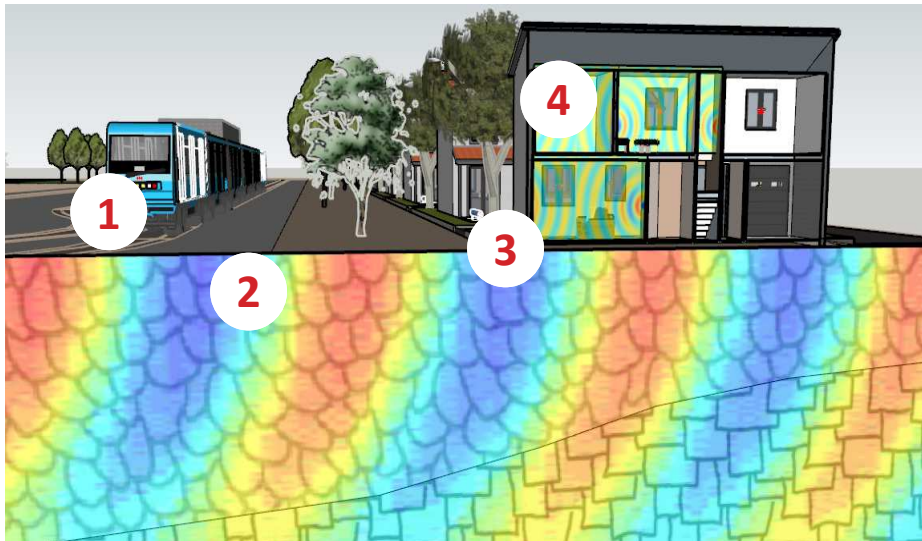




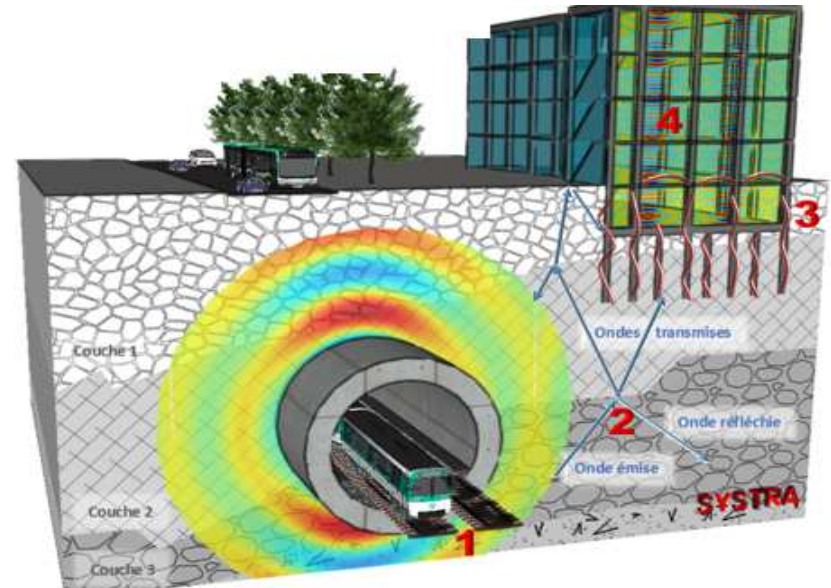
Généralités sur les vibrations ferroviaires

Généralités sur les vibrations ferroviaires

Cas voie en surface



Cas voie en tunnel

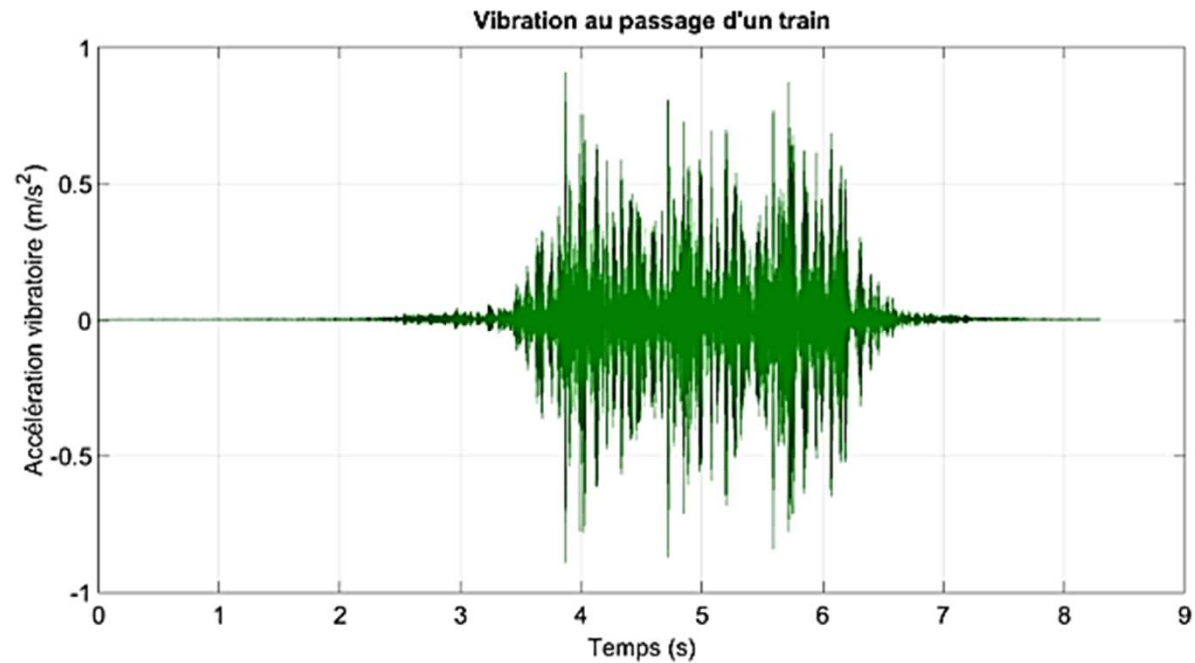


1. Source vibratoire (contact roue/rail)
2. Propagation dans le sol (dépendant de sa composition)
3. Réponse vibratoire du bâtiment
4. Mise en vibration de la structure et rayonnement acoustique

Généralités sur les vibrations ferroviaires

Une vibration est caractérisée par :

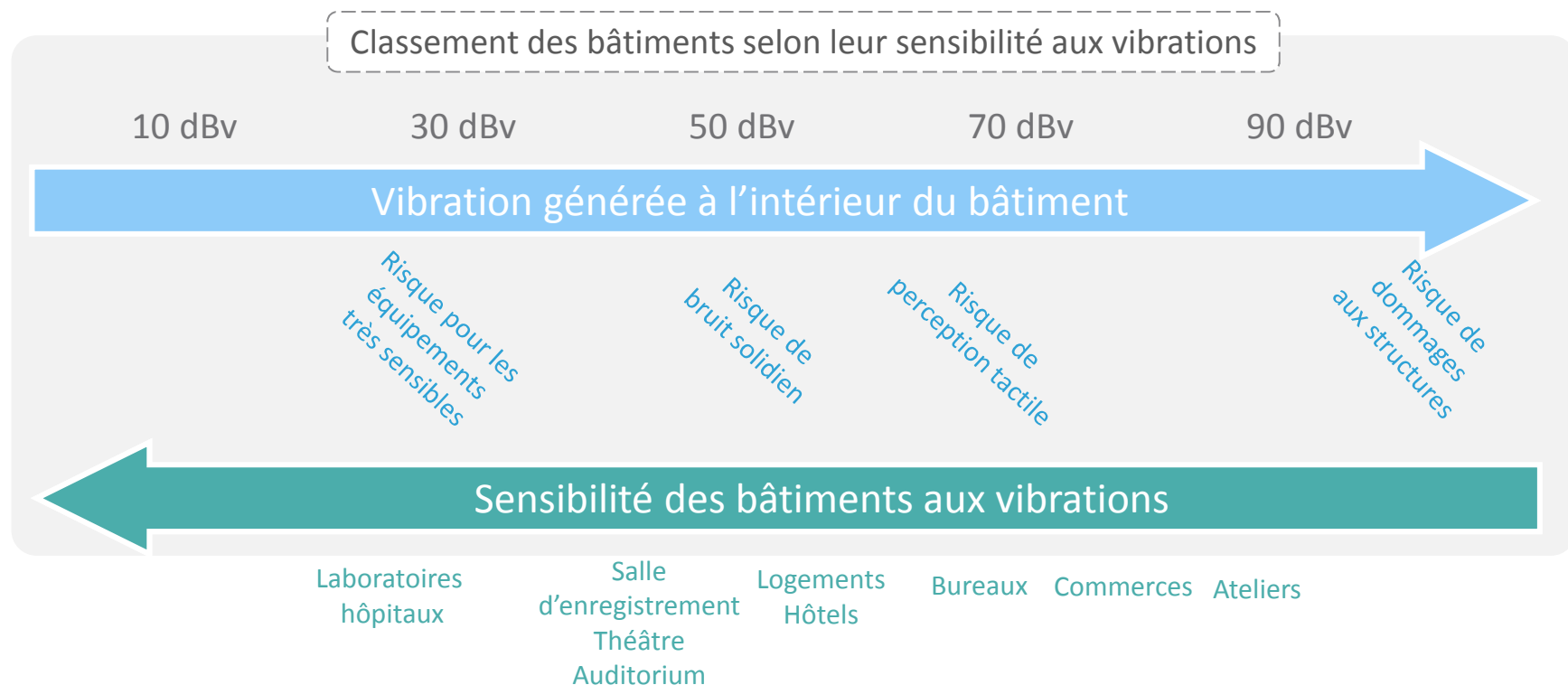
- Son amplitude, exprimée en m/s ou en **dBv**
- Sa fréquence, exprimée en Hz



Généralités sur les vibrations ferroviaires

Trois types de risques liés aux vibrations d'origine ferroviaire :

- Risque de **perception tactile** des vibrations par les occupants
- Risque de **perception auditive** des vibrations (**bruit solidien = grondement**)
- Risque de **dysfonctionnement des équipements sensibles** (laboratoires, hôpitaux)



Secteurs étudiés

Tracé :

- Longueur: 23 km
- Principalement en surface
- Deux sections en tunnel (3,5 km)

Environnement vibratoire :

- Milieu urbanisé dense
- Pas/peu de sources vibratoires existantes :
absence de voie ferrée proche du projet
- Présence de logements le long du projet
- Proximité de quelques bâtiments
spécifiquement sensibles
(université, hôpitaux, Grand Théâtre, etc.)



Méthodologie de l'étude vibratoire – Étapes

Étape 1 – Définition des critères et approche méthodologique (réf. Guide FTA)

Étape 2 – Sélection des sites à étudier

Étape 3 – Réalisation d'une campagne sur site – visite des sites et prises de mesure sur le terrain

Étape 4 – Analyse de la sensibilité pour les sites spécifiques

Étape 5 – Modélisations et analyses pour les sites courants

Étape 6 – Définition des types de solutions anti-vibratiles



Mesure de la réponse vibratoire du plancher d'un bâtiment



Mesure de la décroissance des vibrations dans le sol



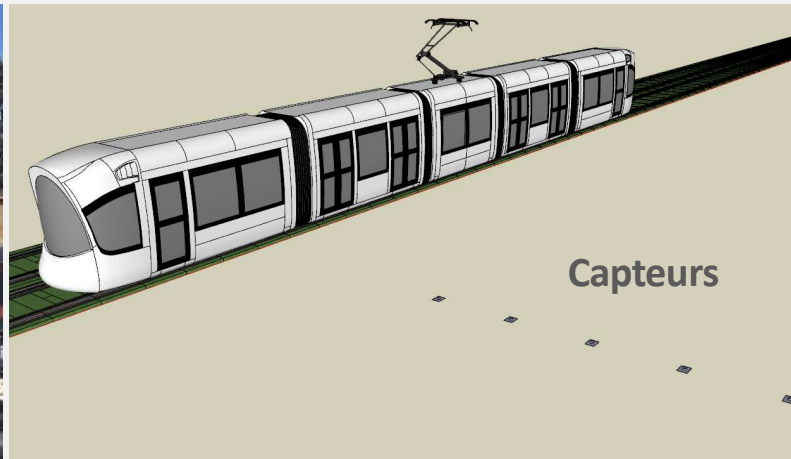
Hypothèses considérées dans les simulations

Hypothèses déterminées par des essais sur site

Caractérisation de l'excitation vibratoire

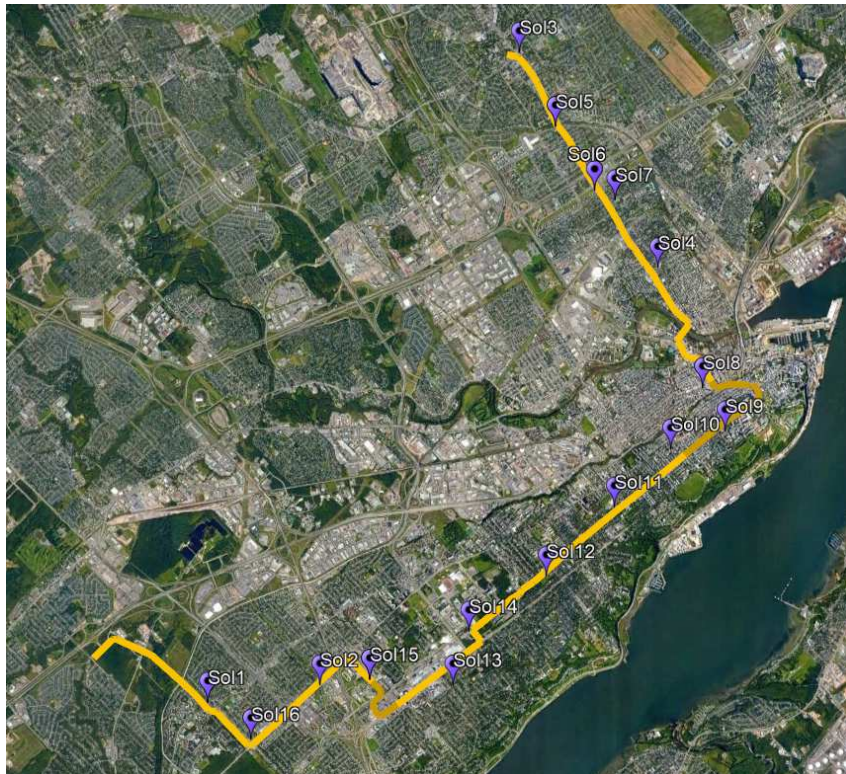
- Mesures réalisées sur la ligne de Tramway T6 à Lyon (France)
 - Matériel roulant typique récent sur voie standard (sans dispositif d'atténuation vibratoire)
 - Rail jugé en bon état (voie peu pratiquée)
- Caractérisation de la source vibratoire selon la méthode du guide FTA
- Terme d'excitation exprimée en *densité de force*

Mesure du niveau vibratoire au passage d'une rame



Hypothèses déterminées par des essais sur site

Caractérisation des décroissances vibratoires dans le sol



16 sondages réalisés

Emplacements des essais choisis en fonction de :

- Découpage de la voie en **tronçons homogènes**
- Emplacements des **bâtiments représentatifs**
- Emplacements des **bâtiments sensibles**



Site d'essai près du Collège
Saint-Charles-Garnier



Matériel de mesures utilisé

Comportement vibratoire des bâtiments sensibles

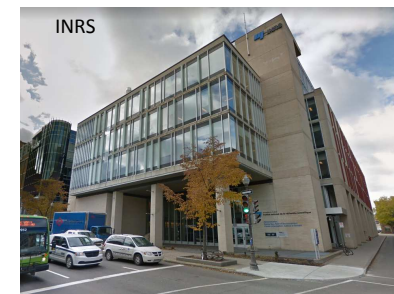
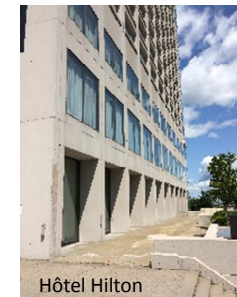
Essais réalisés pour les deux typologies de bâtiment rencontrés à Québec

- **Typologie 1 :** Bâtiments à ossature bois, soubassement en béton et fondations superficielles

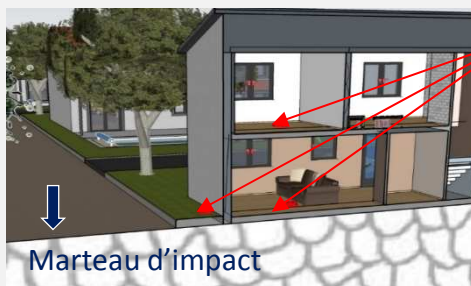
- Maisons individuelles avec un étage et un sous-sol
- Petit immeuble de 2 ou 3 étages



- **Typologie 2 :** Bâtiments de moyenne à grande hauteur, en structure béton



Principe de l'essai



Capteurs de vibration





Analyse de sites à sensibilité particulière

Identification des bâtiments à sensibilité particulière



Etablissements hospitaliers

Institut de recherche

Etablissement culturel

Résultats de l'analyse et actions à mener

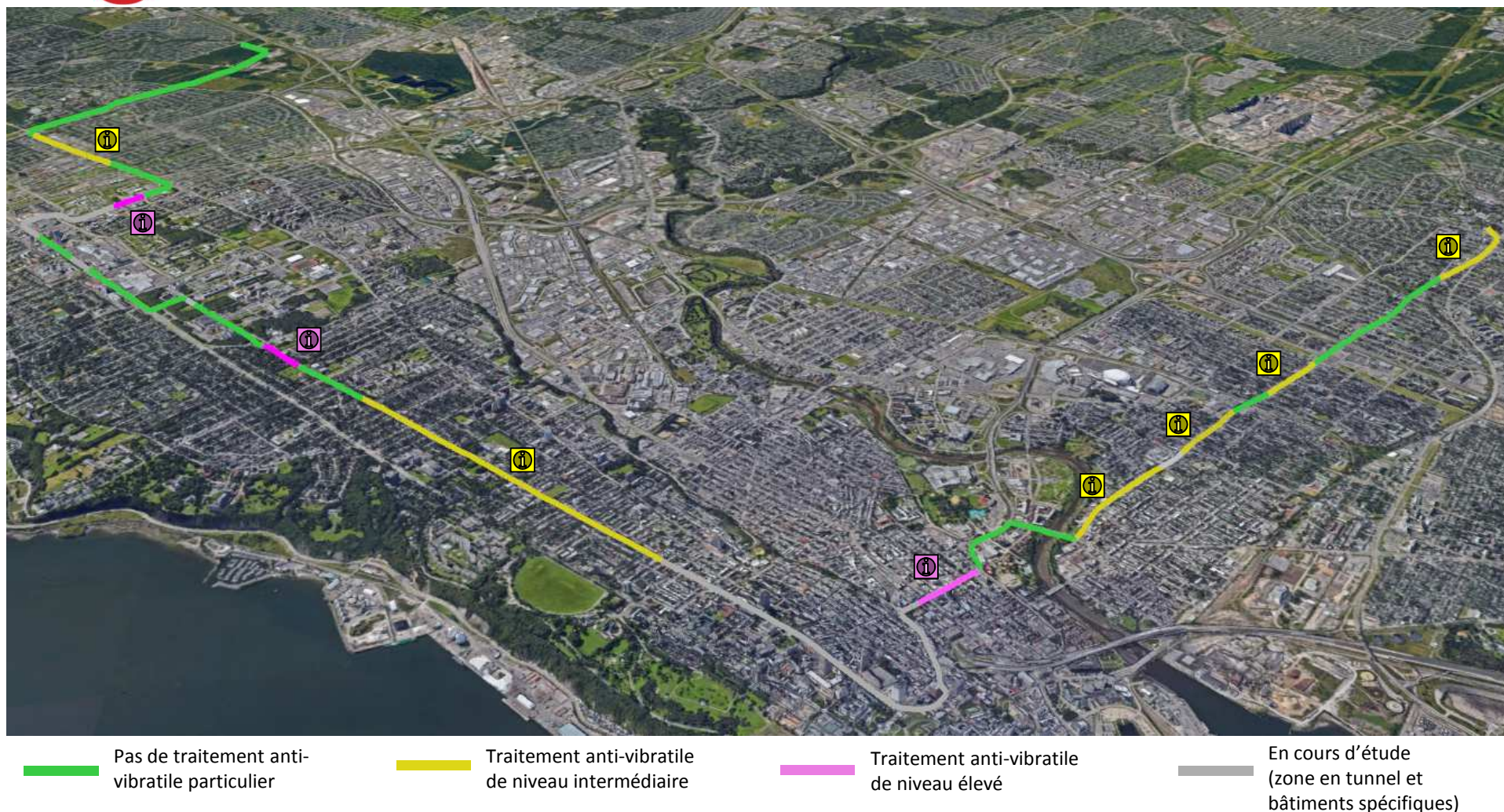
Les visites des sites ont permis d'identifier et localiser les installations/activités les plus sensibles aux vibrations

- Objectifs : statuer sur le niveau de sensibilité et définir l'approche méthodologique en études détaillées
- Analyse de sensibilité
 - **Université Laval** : risque d'impact faible car distance entre équipements sensibles et tracé > 100 m
 - **GMF-U Laurier et CHUL** : risque d'impact modéré (équipements sensibles éloignés)
 - **Hôpital Saint-François d'Assise** : risque fort (proximité du service ORL & forte réponse vibratoire du sol)
 - **Grand Théâtre** (tunnel) : risque modéré à fort (forte sensibilité aux bruits et assez proche du tracé)
 - **Palais Montcalm et Diamant** (tunnel) : risque d'impact modéré (car éloigné du tracé)
 - **INRS** (entrée tunnel) : risque fort (présence de microscopes, proche du tracé, plusieurs niveaux souterrains)
- Recommandations
 - Étude détaillée avec modélisation approfondie nécessaire pour trois sites : Hôpital Saint-François d'Assise, Grand Théâtre, INRS
 - Étude détaillée avec approche méthodologique standard pour les autres sites



Analyse pour les bâtiments à usage courant

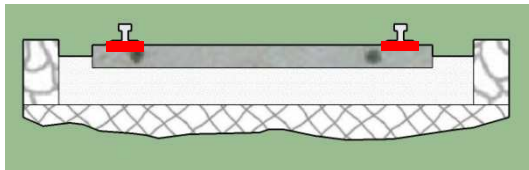
Cartographie générale des dispositifs de traitement anti-vibratile nécessaires pour respecter les objectifs (d'après simulations)



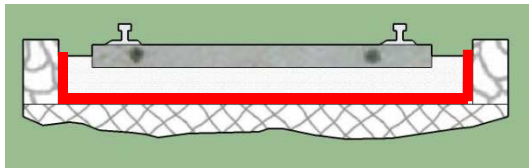
Dispositifs de réduction des vibrations (à la source)

Dispositif de réduction de vibration intégré dans la voie

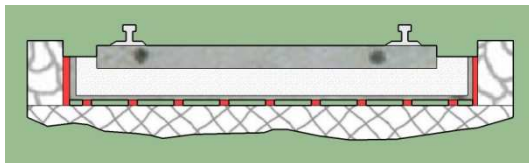
Semelles sous rail



Tapis sous dalle



Dalle flottante sur plots



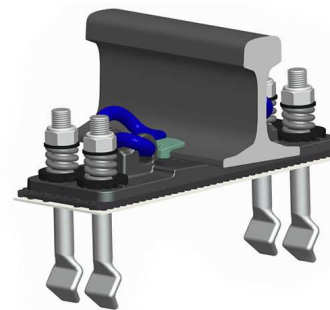
Perte par insertion atteignable

4-10 dBv

16-22 dBv

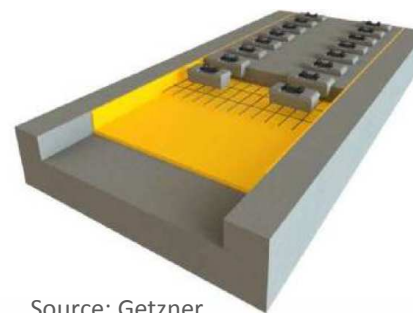
22-30 dBv

Dispositif de réduction intermédiaire

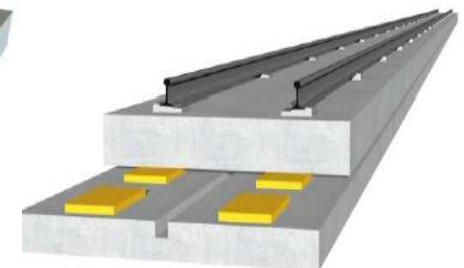


Source: Pandrol

Dispositif de réduction élevée



Source: Getzner



Source: Getzner

Conclusion pour les bâtiments à usage courant

○ Sections aériennes :

- Simulations réalisées pour 28 bâtiments représentatifs (et tronçons homogènes associés)
- Absence d'impact avec une pose de voie classique (sans dispositif anti-vibratile) pour 60 % des bâtiments courants étudiés et tronçons associés
- Mise en place de dispositifs anti-vibratiles appropriés dans les autres tronçons permet de respecter les objectifs fixés (absence d'impact résiduel après mesures)

○ Sections souterraines :

- Simulations non réalisées car nécessite des sondages et essais complémentaires (à mettre en œuvre durant les études détaillées)
- Selon l'avis d'expert, risque d'impact modéré : disponibilité sur le marché de solutions de pose de voie anti-vibratile éprouvées



LA CONFIANCE TRANSPORTE LE MONDE

systra.com

SYSTRA