



LES TRANSPORTS FERRÉS : UNE RÉPONSE AUX ENJEUX CLIMATIQUES. QUELLES INCIDENCES EN TERMES DE BRUIT ET DE VIBRATIONS ?

- Volonté de développer le fret ferroviaire pour reprendre des parts modales à la route au bénéfice de l'environnement global tout en cherchant à réduire les émissions sonores.
- Présentation des rôles et responsabilités des principaux intervenants du système ferroviaire, panorama des mesures de réduction du bruit du fret ferroviaire : gains potentiels et limites
- Observatoire du bruit : suivi des évolutions des niveaux ferroviaires
- Point d'actualité sur les travaux relatifs aux arrêtés d'application des articles 90 et 91
- Prise en compte des vibrations dans un projet ferroviaire : évolution du contexte méthodologie et illustration par un cas pratique
- Bilan du programme de traitement des PNB et perspectives



LES TRANSPORTS FERRÉS : UNE RÉPONSE AUX ENJEUX CLIMATIQUES. QUELLES INCIDENCES EN TERMES DE BRUIT ET DE VIBRATIONS ?

Paul Mazataud - Directeur du projet fret ferroviaire - SNCF Réseau

Jean-Philippe Regairaz - Responsable Pole Acoustique et Vibrations - SNCF Réseau

Matthieu Sineau - Chef de projets bruit des transports - Bruitparif

Philippe Maraval - Chef de la Mission Bruit et Agents Physiques

Direction Générale de la Prévention des Risques

Maxime Jabier - Directeur - Acoustb

Léa Cherki et Nirina Delaguillaumie

Direction Générale des Infrastructures des Transports et des Mobilités



Assises Nationales
de la Qualité de l'Environnement
Sonore

9^e ÉDITION

INVESTISSONS [DANS]
L'ENVIRONNEMENT SONORE !

CidB
Centre d'information
sur le bruit

MINISTÈRE
DE LA TRANSITION
ÉCOLOGIQUE
ET SOLIDAIRE
*Liberté
Égalité
Fraternité*



**VOLONTÉ DE DÉVELOPPER LE FRET FERROVIAIRE POUR
REPRENDRE DES PARTS MODALES À LA ROUTE AU BÉNÉFICE
DE L'ENVIRONNEMENT GLOBAL TOUT EN CHERCHANT À
RÉDUIRE LES ÉMISSIONS SONORES**

Paul MAZATAUD
Directeur du projet fret ferroviaire



Croissance du marché du fret ferroviaire

en tonnes.km : +13,1% 2021 vs 2020 et +6,5% 2021 vs 2019

DEUX MOTEURS STRUCTURELS DE LA CROISSANCE DU FRET FERROVIAIRE



NEUTRALITÉ CARBONE

Un chargeur peut rapidement améliorer son bilan carbone en jouant sur le levier de la logistique



MANQUE DE CHAUFFEURS ROUTIERS

425 000 chauffeurs manquent en Europe fin 2021 dont 50 000 en France



Caractéristiques de la croissance

1

TRANSPORT COMBINÉ

2

TRAINS LONGS PARCOURS

3

50% HAUSSE DU NOMBRE DE TRAINS ; 50% HAUSSE DE L'EMPORT/TRAIN

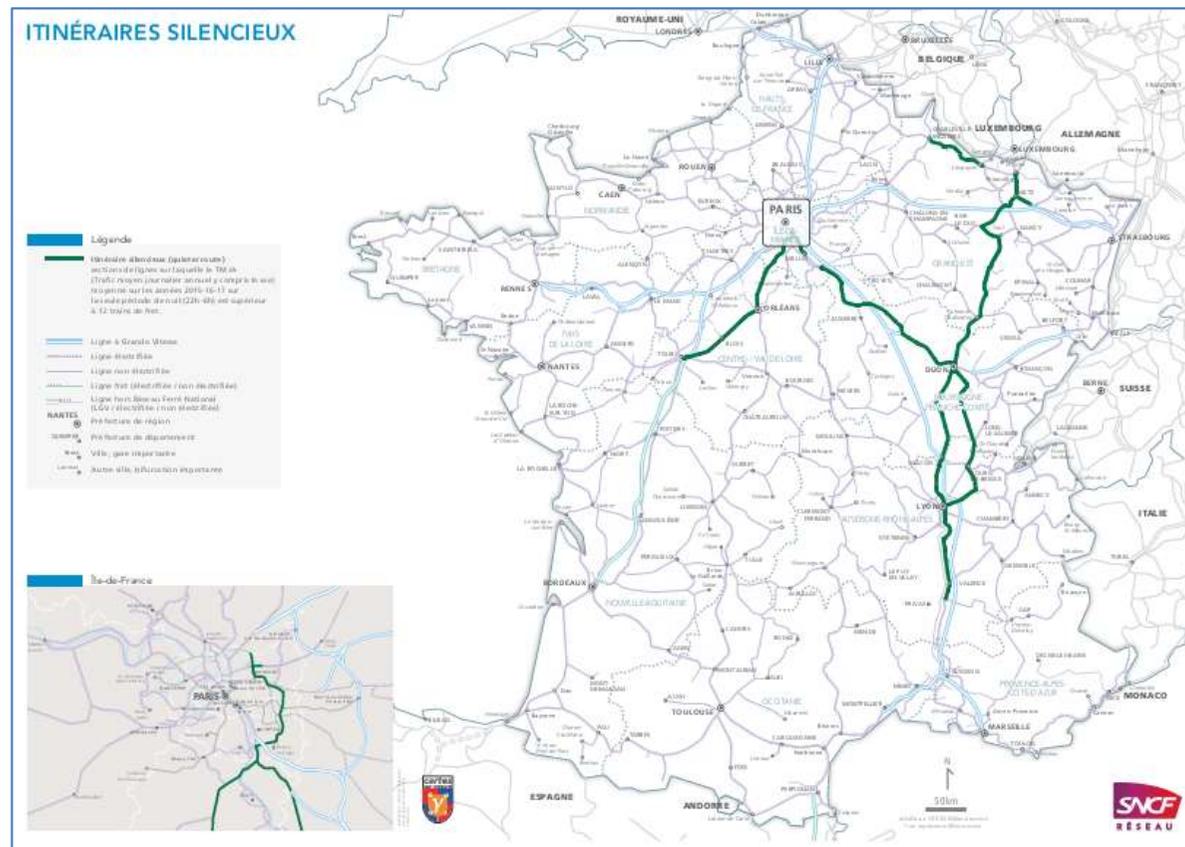
4

CONCENTRÉE SUR QUELQUES AXES MAJEURS



Les grands axe de la croissance

- + Lorraine - Perpignan
- + Forbach - Hendaye
- + Bettembourg - Bâle
- + Nord - Lorraine
- + Nord - Paris
- + Paris - Dijon
- + Ambérieu – Modane
- + Le Havre - Paris



La quasi-totalité des wagons rouleront de fait sur un itinéraire silencieux fin 2024

Paul MAZATAUD



La croissance va-t-elle se poursuivre ?

DEUX HYPOTHÈQUES CONJONCTURELLES (OU PAS)

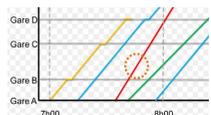


HAUSSE DU PRIX DE L'ÉLECTRICITÉ
Plus forte que celle du gazole

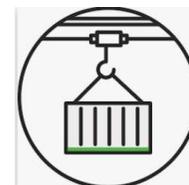


RÉCESSION ÉCONOMIQUE

DEUX HYPOTHÈQUES INFRASTRUCTURELLE



MANQUE DE CAPACITÉ EN LIGNE
Conflits avec les travaux et les trains de voyageurs

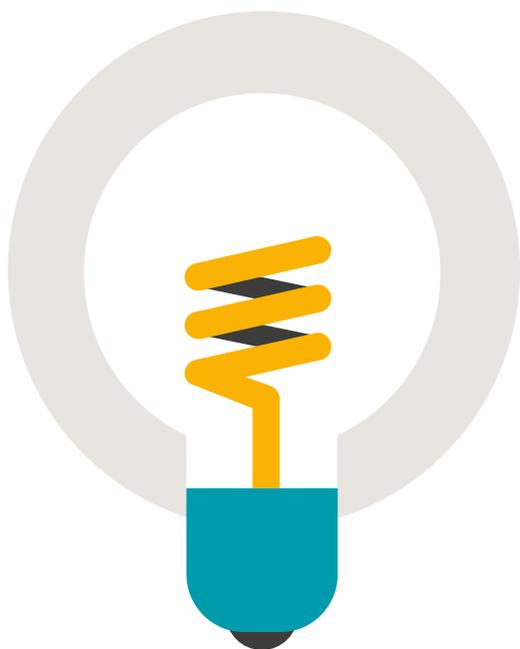


MANQUE DE CAPACITÉ DANS LES TERMINAUX

La plupart des terminaux de transport combiné approchent de la saturation



Parade silencieuse « by design »



1

EXTENSION DES TERMINAUX DU TRANSPORT COMBINÉ OU
CRÉATION DE NOUVEAUX TERMINAUX

Minimiser les désagréments routiers

2

AUGMENTER LA CAPACITÉ EN LIGNE

Nouvelles lignes ou nouveaux contournements

➔ Nouveaux projets conçus pour ne pas générer de nuisance sonore



Assises Nationales
de la Qualité de l'Environnement
Sonore

9^e ÉDITION

INVESTISSONS [DANS]
L'ENVIRONNEMENT SONORE !

CidB
Centre d'information
sur le bruit

MINISTÈRE
DE LA TRANSITION
ÉCOLOGIQUE
ET SOLIDAIRE
Liberté
Égalité
Fraternité



INTERVENANTS DU SYSTÈME FERROVIAIRE, MESURES DE RÉDUCTION DU BRUIT

Présentation des rôles et responsabilités des principaux
intervenants du système ferroviaire

Panorama des mesures de réduction du bruit du fret ferroviaire :
gains potentiels et limites

Jean-Philippe REGAIRAZ

Responsable du Pôle Acoustique et Vibrations

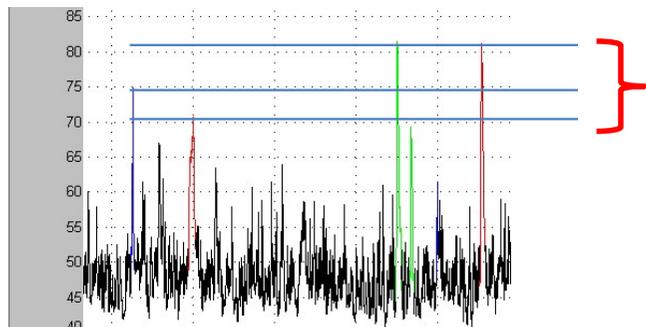


Différents acteurs, différentes responsabilités

- Autorités organisatrices des transports (AOT)
- Entreprises ferroviaires (EF)
- Gestionnaire d'infrastructures (GI)
- Riverains



**Impact direct majeur sur
les niveaux sonores en
façade des riverains**



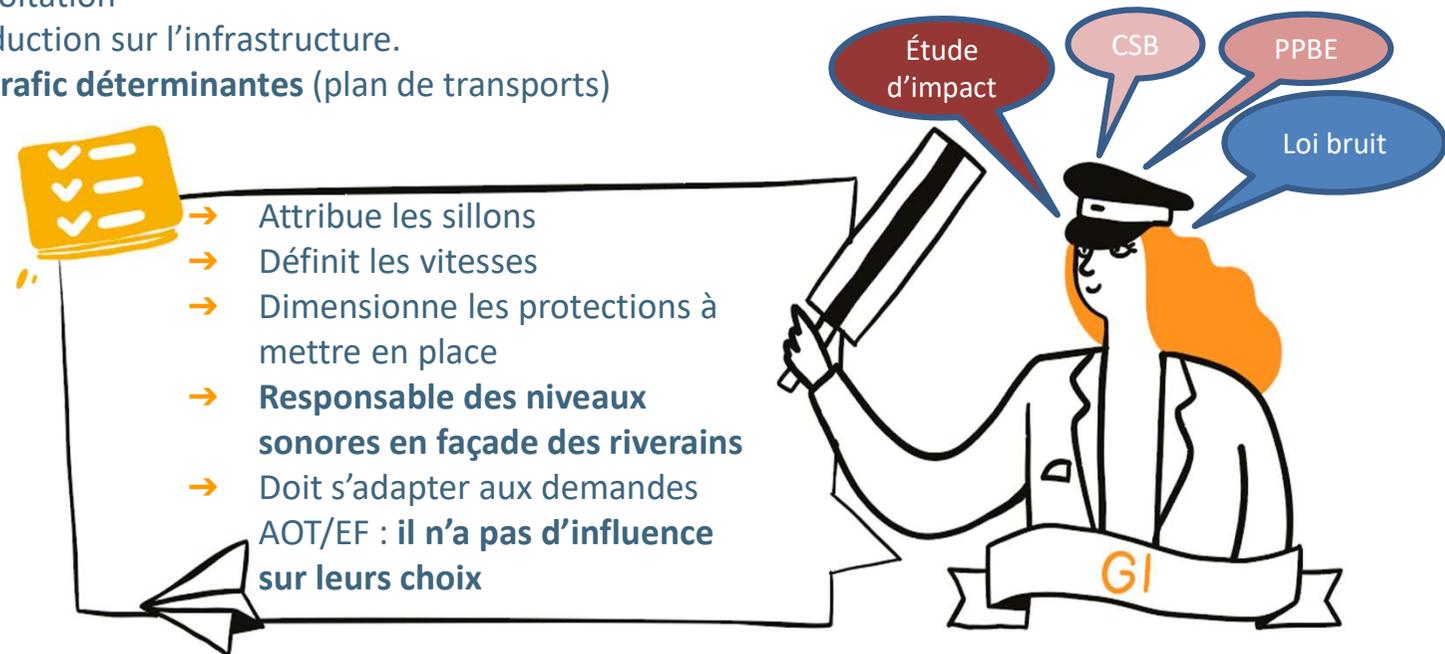


Différents acteurs, différentes responsabilités

La réglementation fait porter la principale responsabilité sur le Gestionnaire d'Infrastructures.

Le GI peut s'appuyer sur

- la circulation de matériels roulants conformes (= responsabilité AOT/EF qui peuvent choisir des matériels plus ou moins bruyants),
 - des solutions d'exploitation
 - des solutions de réduction sur l'infrastructure.
- **Données d'entrée trafic déterminantes** (plan de transports)



Jean-Philippe REGAIRAZ



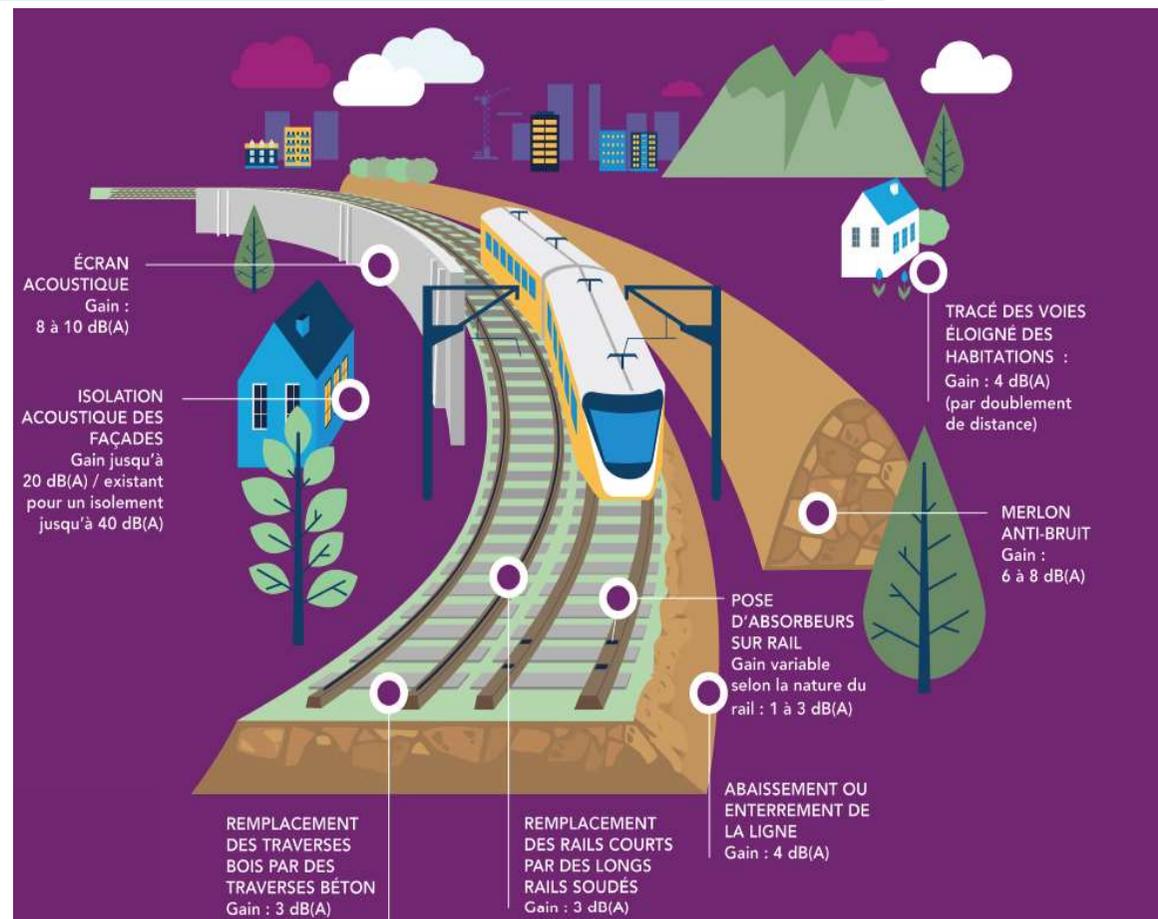
Mesures de réduction du bruit ferroviaire : gains potentiels et limites

Le bruit ferroviaire est une problématique système

→ Possibilité d'agir :

- Au niveau du matériel roulant
- Sur l'exploitation
- Au niveau de l'infrastructure et de ses abords
- En façade des habitations

Le bruit est traité de manière préventive par SNCF : dès la conception des projets, il est l'un des éléments de réflexion pour le choix du tracé et l'aménagement des infrastructures



Jean-Philippe REGAIRAZ



Mesures de réduction du bruit ferroviaire : gains potentiels et limites

Actions sur le matériel roulant : efficaces, concrètes, mesurables



TGV d'origine (1981)



TGV actuels



Matériel roulant ancien



Matériel roulant récent moins bruyant



Train fret freiné fonte



Train fret freiné composite

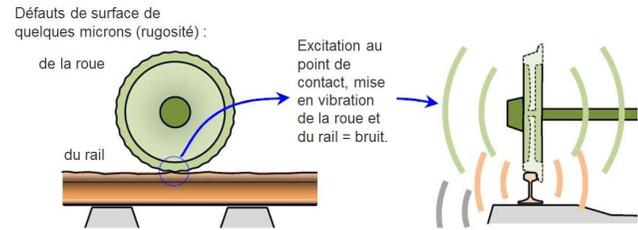
Mais des évolutions parfois mal perçues par les riverains car le changement de matériel est progressif, train par train



Mesures de réduction du bruit ferroviaire : gains potentiels et limites

- **Solutions techniques de protection** : les actions peuvent être à la source (sur le matériel ou l'infra) ou sur le trajet de propagation du son, ou sur le récepteur. **Les actions sur le MR sont efficaces sur l'ensemble du parcours alors que les autres n'ont une efficacité que locale.** Le rapport coût/bénéfice est directement lié à l'analyse systémique globale des solutions. Elles peuvent se combiner avec pour certaines des synergies positives, des efficacités nulles voire des effets contraires (bruit/vibration)

- **Actions sur le matériel roulant efficaces**
 - mais le plus gros des gains a été obtenu sur le matériel voyageurs,
 - amélioration en cours sur le matériel fret (routes silencieuses)



- **Maintenance de l'infrastructure et des matériels roulants**

- **Ecrans acoustiques = solution efficace mais coûteuse**
Peu d'évolutions techniques (écrans bas carbone, transparents avec cadre absorbant, ...)



- **Traitement des PNBf** par protection à la source et/ou isolations de façades

Des informations disponibles discordantes : alors que le bruit produit diminue souvent malgré l'augmentation du trafic (baisse du classement sonore), le décompte des populations exposées est de plus en plus important à cause des changements de méthodes dans la cartographie...





Assises Nationales
de la Qualité de l'Environnement
Sonore

9^e ÉDITION

INVESTISSONS [DANS]
L'ENVIRONNEMENT SONORE !

CidB
Centre d'information
sur le bruit

MINISTÈRE
DE LA TRANSITION
ÉCOLOGIQUE
ET SOLIDAIRE
*Liberté
Égalité
Fraternité*



BRUITPARIF

OBSERVATOIRE DU BRUIT

Suivi des évolutions des niveaux de bruit ferroviaire

Matthieu Sineau – Chef de projets



Le rôle de BRUITPARIF



- Observation du bruit en Ile-de-France
- Accompagnement des acteurs Franciliens
- Information et sensibilisation

Matthieu Sineau



Outils d'évaluation du bruit

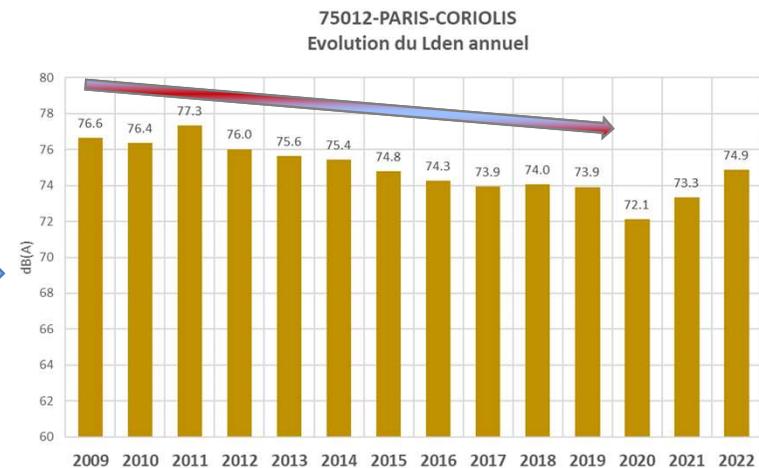
- Modélisation
 - Permet d'évaluer l'exposition des populations sur de larges territoires, de faire du prévisionnel, d'étudier différents scénarios, de calculer les impacts sanitaires et le coût social du bruit
- Mesure
 - Permet de caractériser objectivement et finement l'évolution du bruit dans le temps
 - Permet de valider les évaluations réalisées par modélisation



Les premières stations de mesure du bruit ferroviaire

- Deux stations permanentes déployées en Ile-de-France en 2009
 - À l'approche de la gare de Lyon
 - Le long de la Tangentielle Nord

Exemple, rue Coriolis, à l'approche de la Gare de Lyon :
Diminution moyenne de l'ordre de 0,3 dB(A)
par an entre 2009 et 2019



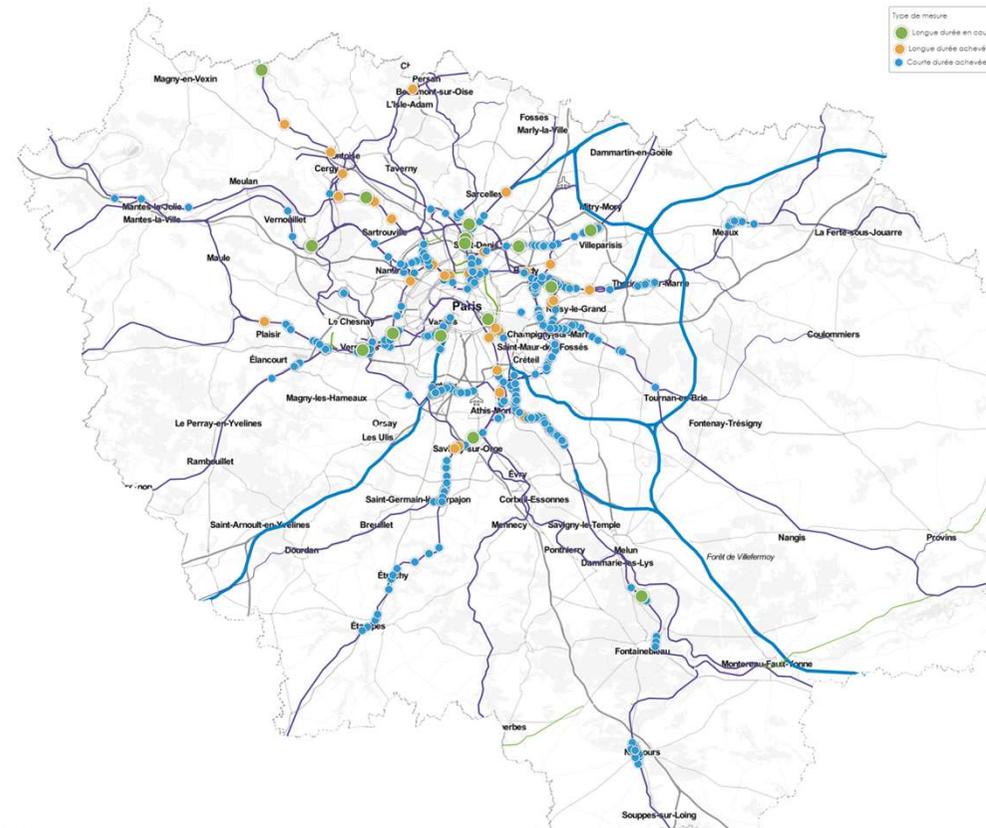
Partenariat Bruitparif / SNCF-Réseau

- Objectifs
 - Caractérisation du bruit ferroviaire suite à la demande d'une collectivité ou d'une association
 - Caractérisation de l'évolution du bruit ferroviaire en lien avec des modifications structurelles :
 - Développement du trafic de voyageurs et de Fret
 - Modifications ou constructions nouvelles d'infrastructures
 - Renouvellement de matériels roulants
 - Mise en œuvre de nouvelles technologies



Réseau de mesure mis en œuvre

- 15 stations permanentes :
 - Développement du Fret sur l'axe « Serqueux-Gisors »
 - CDG-Express
 - Prolongement Eole
 - Approche Technicentre de Châtillon
 - Pont métallique de Versailles-Chantiers
 - Renouvellement matériels roulants (Transilien Lignes N et R)
 - Suivi impact Fret Grande Ceinture Est
 - Documentation générale du bruit ferroviaire
 - Documentation bruit de chantiers
 - Gare de triage de Drancy
 - Résultats de mesures temporaires réalisées par Bruitparif ou par les BET mandatés par SNCF-Réseau
- ➔ Au total, plus de 350 points de mesure disponibles

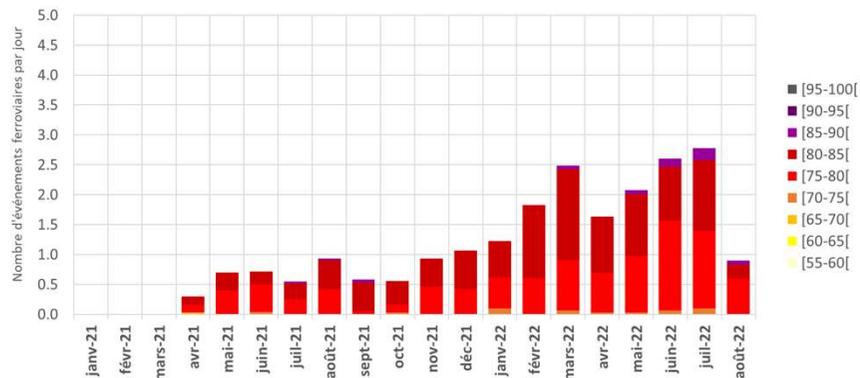


Plateforme internet : <https://reseau.sncf.bruitparif.fr/>

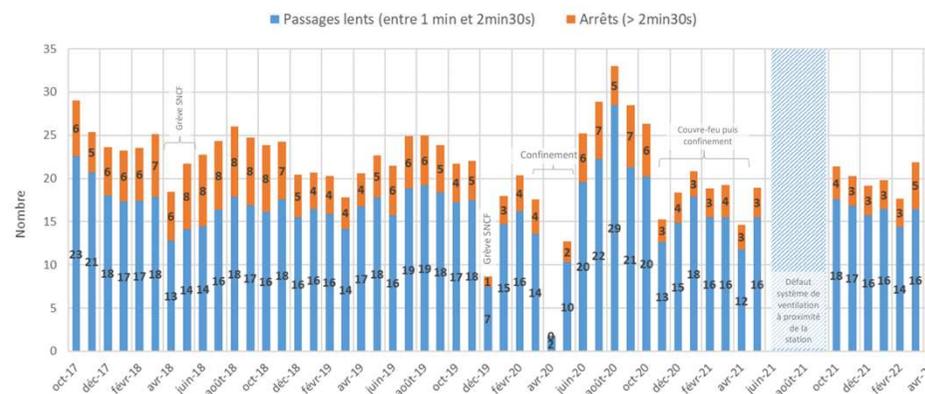


Exemples de suivis du bruit

Evolution du nombre moyen de trains Fret en période nocturne et distribution selon leur LAeq,evt par plages de 5 dB(A) à Chars (95)



Evolution du nombre moyen de passages de TGV à l'approche du Technicentre de Châtillon



Evolution du bruit en lien avec le renouvellement de matériels roulants TER à Sèvres Rive Gauche

	Matériel	L _{Amax,1s}		L _{Aeq,evt}		SEL	
		Passage Vers Paris	Passage Vers Province	Passage Vers Paris	Passage Vers Province	Passage Vers Paris	Passage Vers Province
		7200 ==> B84500	-4.1	-3.2	-6.2	-4.7	-6.6
7200 ==> Z55500	-4.6	-5.1	-7.2	-7.1	-7.7	-7.7	
7200 ==> Z26500	-6.1	-6.9	-8.2	-8.2	-8.8	-9.0	

Suivi bruit de chantier – Travaux gare de Saint-Denis



Matthieu Sineau



Autres outils d'évaluation du bruit

- Enquêtes de perception du bruit en Île-de-France (études Credoc pour Bruitparif)
- Peu d'études disponibles sur le ressenti et la gêne des riverains de voies ferrées vis-à-vis du bruit ferroviaire
 - Etude de faisabilité sur la gêne due au bruit ferroviaire → Projet GENIFER (Bruitparif, SNCF-Réseau, Université Gustave Eiffel) cofinancé par l'ANSES



Projet GENIFER
Télécommande pour la
notation des trains



Assises Nationales
de la Qualité de l'Environnement
Sonore

9^e ÉDITION
INVESTISSONS [DANS]
L'ENVIRONNEMENT SONORE !

CidB
Centre d'information
sur le bruit

MINISTÈRE
DE LA TRANSITION
ÉCOLOGIQUE
ET SOLIDAIRE
*Liberté
Égalité
Fraternité*



MINISTÈRE
DE LA TRANSITION
ÉCOLOGIQUE

*Liberté
Égalité
Fraternité*

Direction Générale de la Prévention des Risques

POINT D'ACTUALITÉ SUR LES TRAVAUX RELATIFS AUX ARRÊTÉS D'APPLICATION DES ARTICLES 90 ET 91

Philippe MARAVAL

Chef de la Mission Bruit et Agents Physiques
Direction Générale de la Prévention des Risques



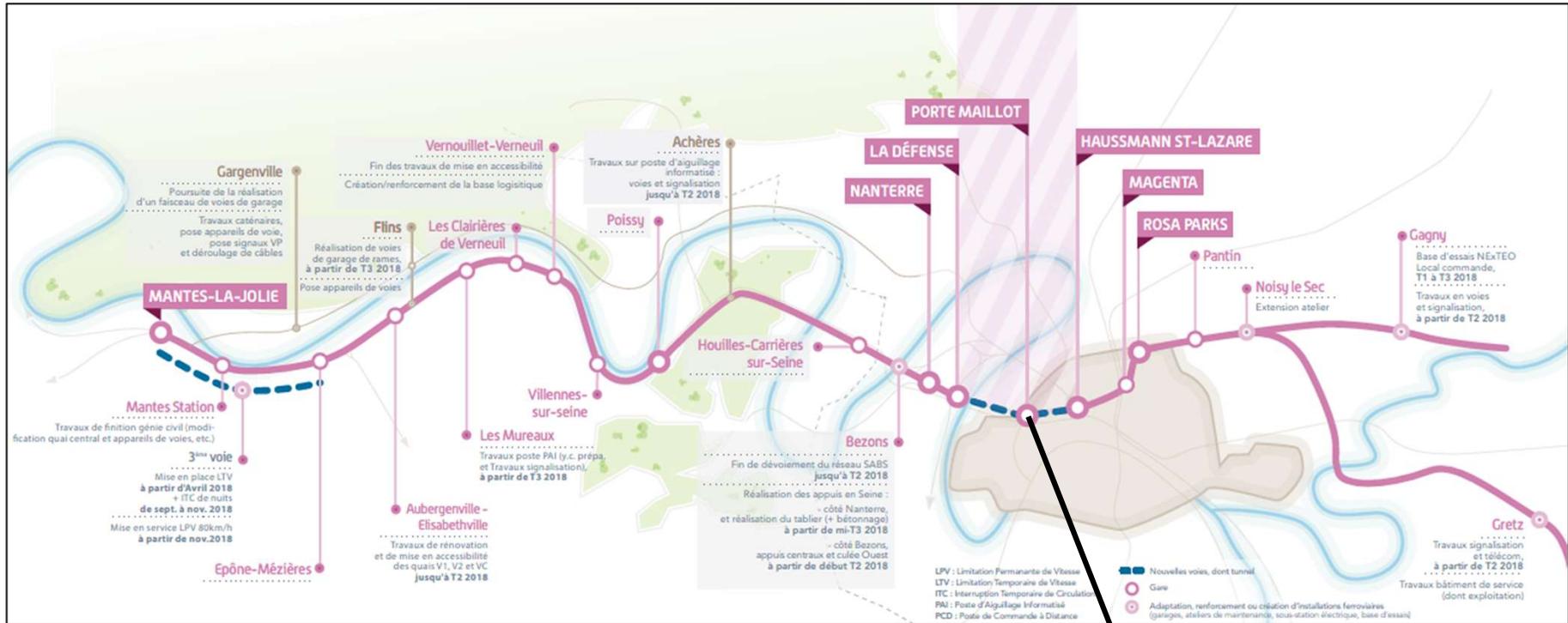
LES TRANSPORTS FERRÉS : UNE RÉPONSE AUX ENJEUX CLIMATIQUES. QUELLES INCIDENCES EN TERMES DE BRUIT ET DE VIBRATIONS ?

Prise en compte des vibrations dans un projet ferroviaire : évolution du contexte méthodologie et illustration par un cas pratique

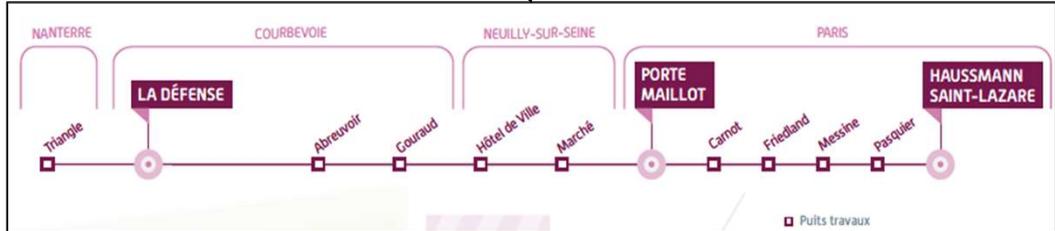
Maxime JABIER



Extension de la ligne RER E



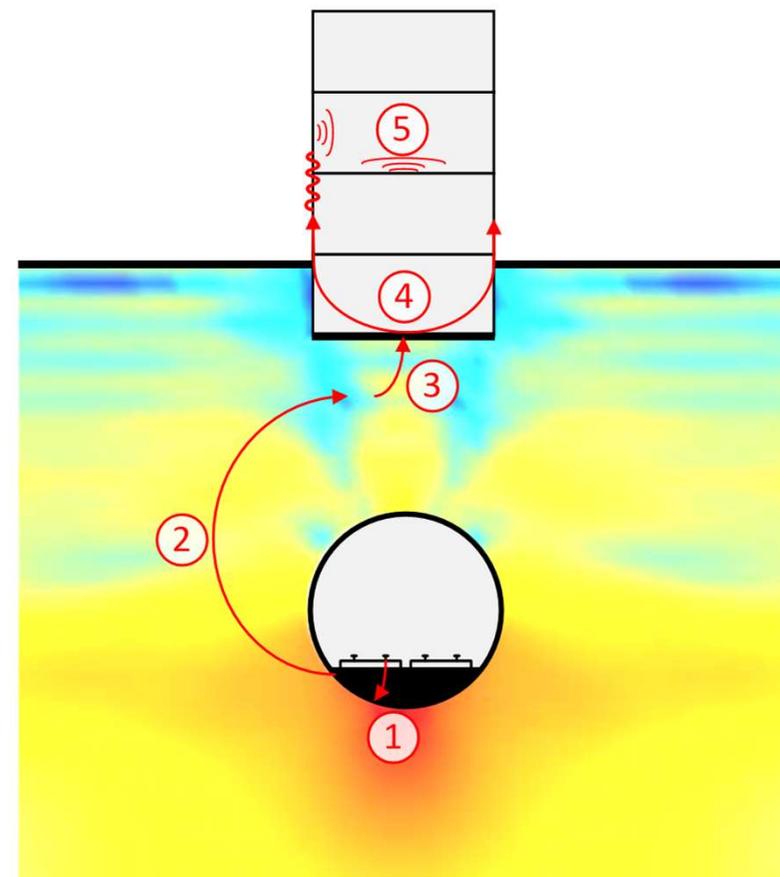
8 km de tunnel
3 gares – 9 puits de ventilation





Le calcul des vibrations

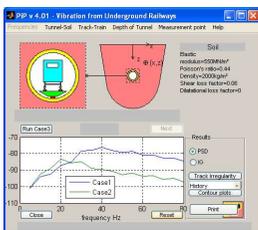
- 5 Si l'amplitude des ondes est importante, perception auditive des vibrations.
Si l'amplitude des ondes est très importante, perception tactile des vibrations.
- 4 Transmission des ondes aux murs et aux planchers des bâtiments.
- 3 Transmission des ondes aux fondations des bâtiments.
- 2 Transmission des ondes dans le sol.
- 1 Génération des ondes dans le rail aux points de contact roue-rail.
Transmission des ondes à la paroi du tunnel via les éléments de la voie (attaches de rails, traverses).





Le panorama en 2010

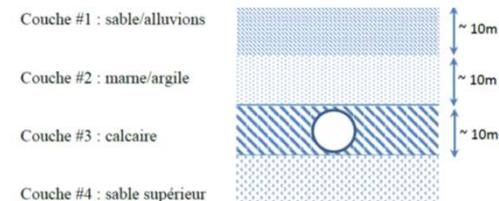
- Pas de cadre réglementaire et peu de définition normative (ISO 10 137, ISO 2631, ISO 14 837, début de Rivas, fta, bs) → Choix de seuil = MOA
- Peu de logiciels « ingénieurs » disponibles
 - Pipe-in-Pipe (PiP) model, université de Cambridge,
 - Elasto-Dynamic Toolbox (EDT) Université de Louvain,
 - FINDWAVE and the MOTIV project en Angleterre,
 - MEFISSTO du CSTB France,
 - Elements finis (Code Aster..) et solutions maison



Première étude réalisée sous Pip

- Une seule couche de sol – majoration de 10 dB pour prendre en compte la couche calcaire
- Estimation de la source vibratoire à partir de la raideur de la semelle et de la pose de voie (marge + 6 dB) – rugosité - vitesse
- Bâtiment prise en compte de manière forfaitaire
- Calculs mené autours de la bande de fréquence 31,5 Hz

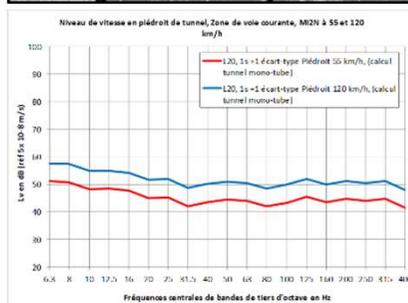
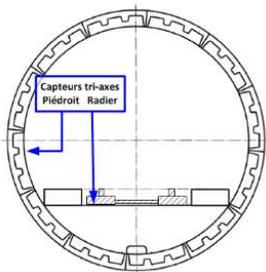
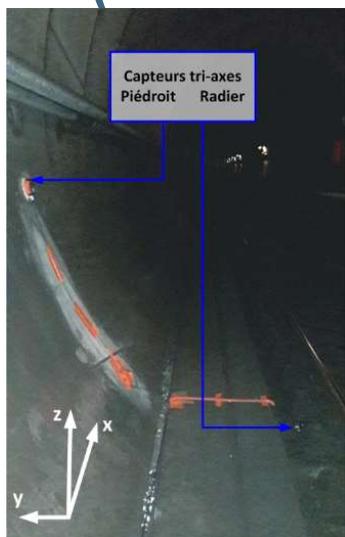
→ 2 tronçons identifiés comme à risque





2^{ème} phase d'étude (2016): la source

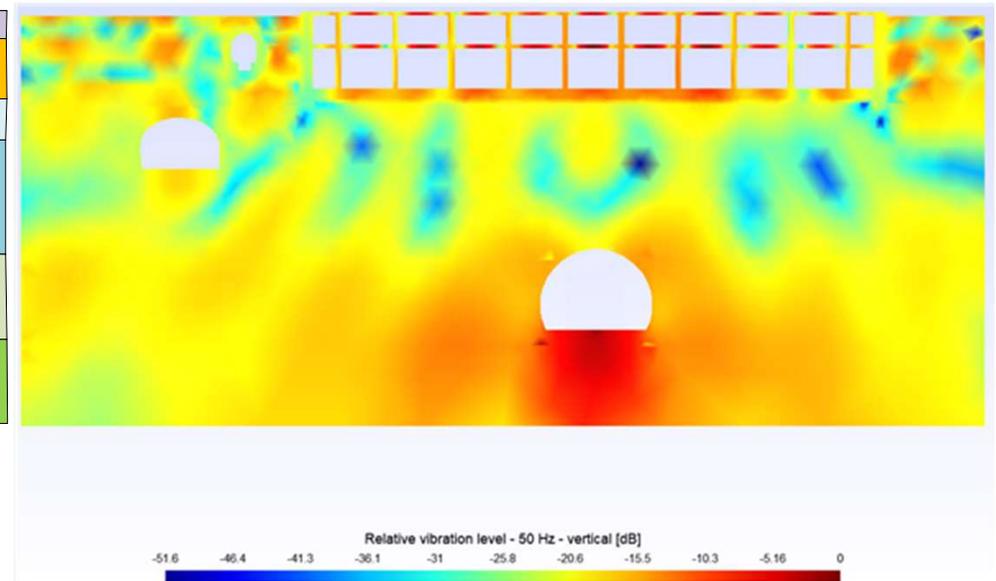
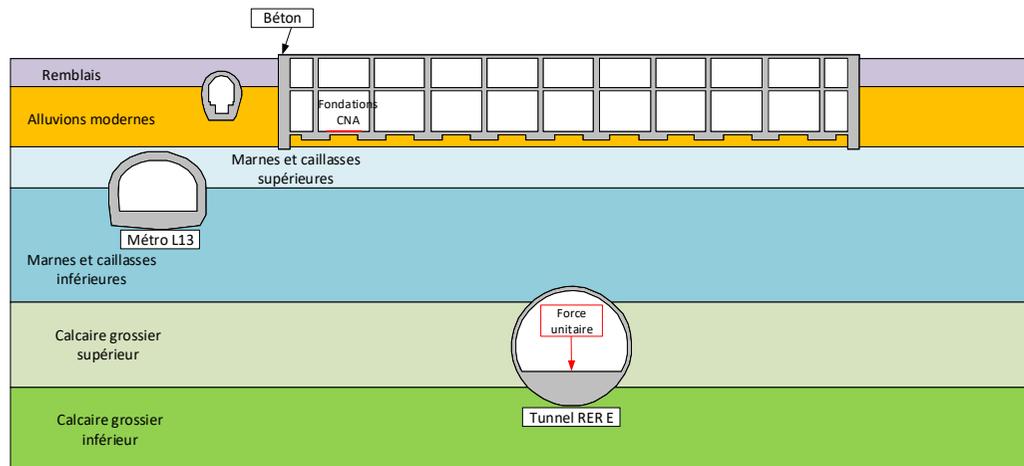
- Une chance : prolongation d'une voie existante (FTA – L20)





2^{ème} phase d'étude : le sol et la propagation

- MEFISSTO version 14.4 en 2.5D
- Calcul sol – fondation sur 10 sites les plus sensibles



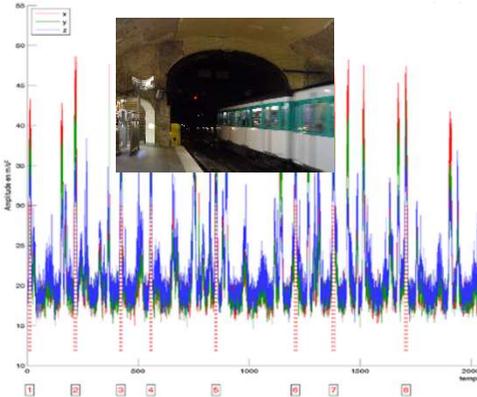
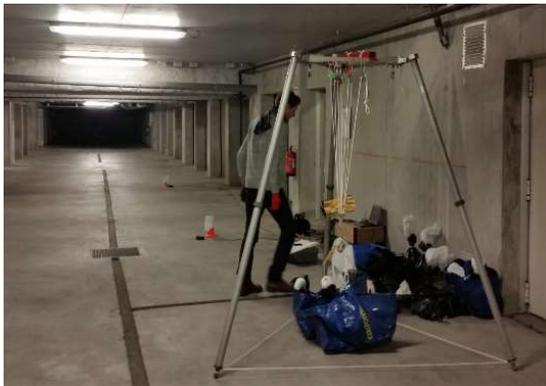
Marge de validation ?
Méthode de calcul ?

Maxime JABIER



2^{ème} phase d'étude : les bâtiments

- Des données génériques : RIVAS
- Mais chaque bâtiment est spécifique....

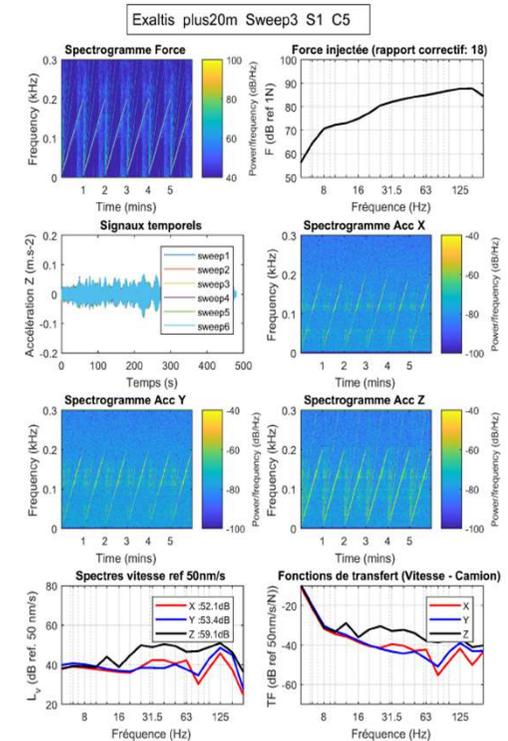
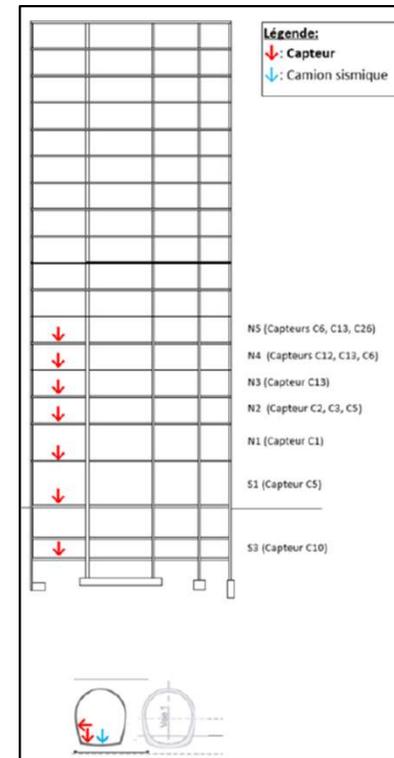
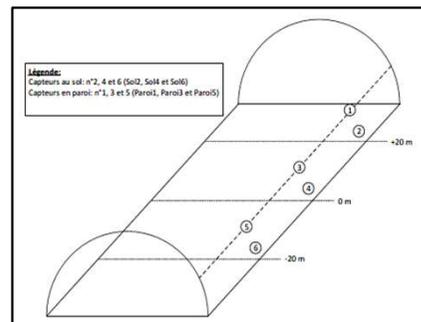
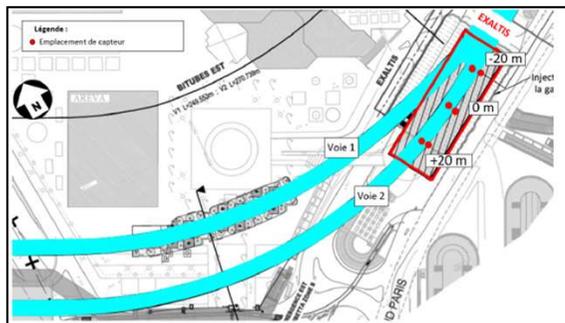


De la force et des basses fréquences, rapport signal sur bruit



Vérification des calculs : la vérification in situ

- Sites identiques à la première étude
- 8 bâtiments fondations R-3 à R-5 les plus proches du tunnel



Maxime JABIER



Vérification des calculs : vérification in situ

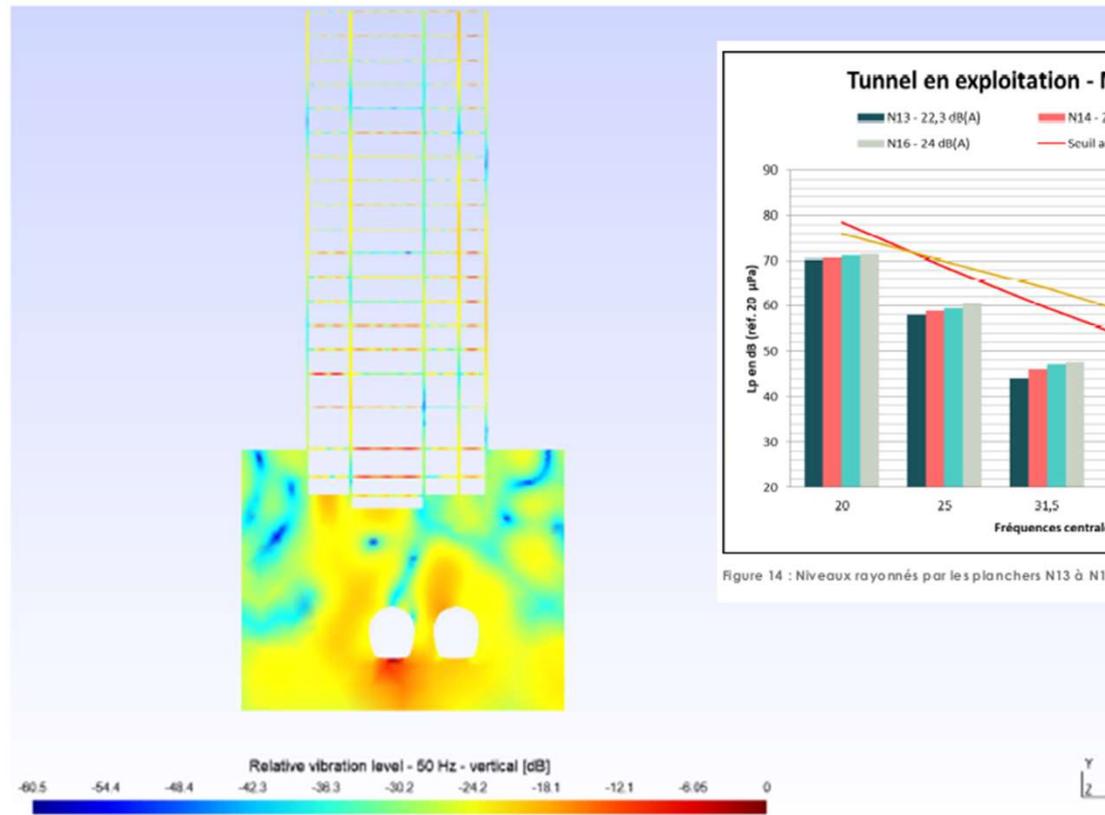
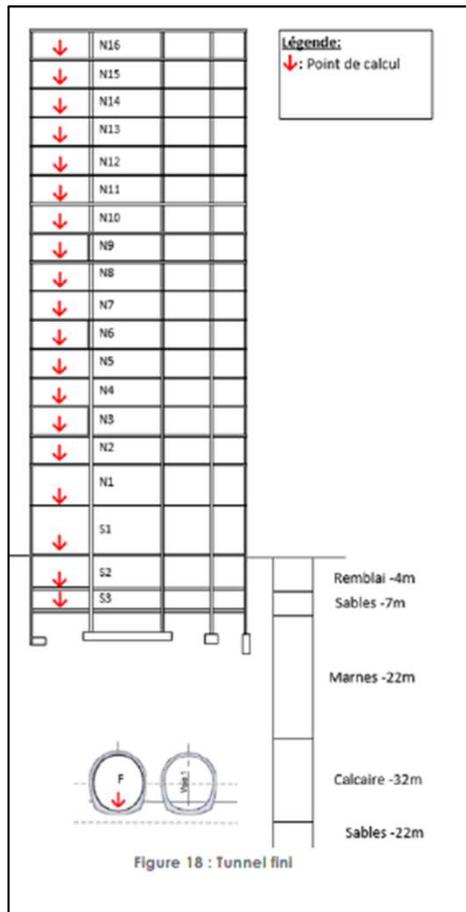


Figure 4 : Illustration de calculs d'atténuation du niveau vibratoire sous le logiciel MEFISSTO du tunnel du RER E jusqu'aux infrastructures de la tour Exaltis à la fréquence de 50 Hz en phase exploitation

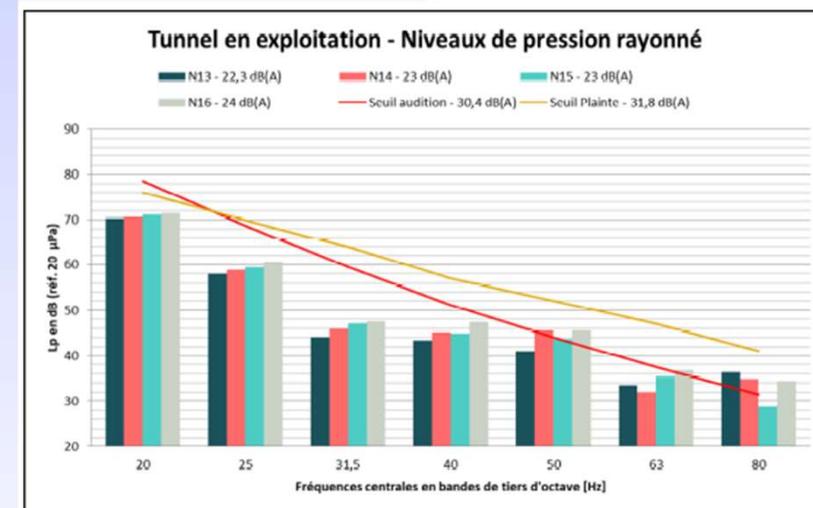


Figure 14 : Niveaux rayonnés par les planchers N13 à N16 en phase d'exploitation du RER E

Vérification des calculs : la réception

- Chez les riverains : quelle norme (projet de norme 3731)?
- Vérifier la voie – norme DIN 45673-3 (voie chargée)



La suite

- Méthodologie qui se structure par le jeu des expertises croisées et des commissions,
- Évolution législative pour définir les seuils,
- Évolution normative pour mesurer et calculer,
- Merci de votre attention !



Assises Nationales
de la Qualité de l'Environnement
Sonore

9^e ÉDITION
INVESTISSONS [DANS]
L'ENVIRONNEMENT SONORE !

CidB
Centre d'information
sur le bruit

MINISTÈRE
DE LA TRANSITION
ÉCOLOGIQUE
ET SOLIDAIRE
*Liberté
Égalité
Fraternité*


**MINISTÈRE
CHARGÉ
DES TRANSPORTS**
*Liberté
Égalité
Fraternité*



RÉSORPTION DES POINTS NOIRS DE BRUIT FERROVIAIRE (PNB)

Nirina DELAGUILLAUMIE & Léa CHERKI
Direction générale des Infrastructures, des Transports et des Mobilités (DGITM)



La philosophie du programme



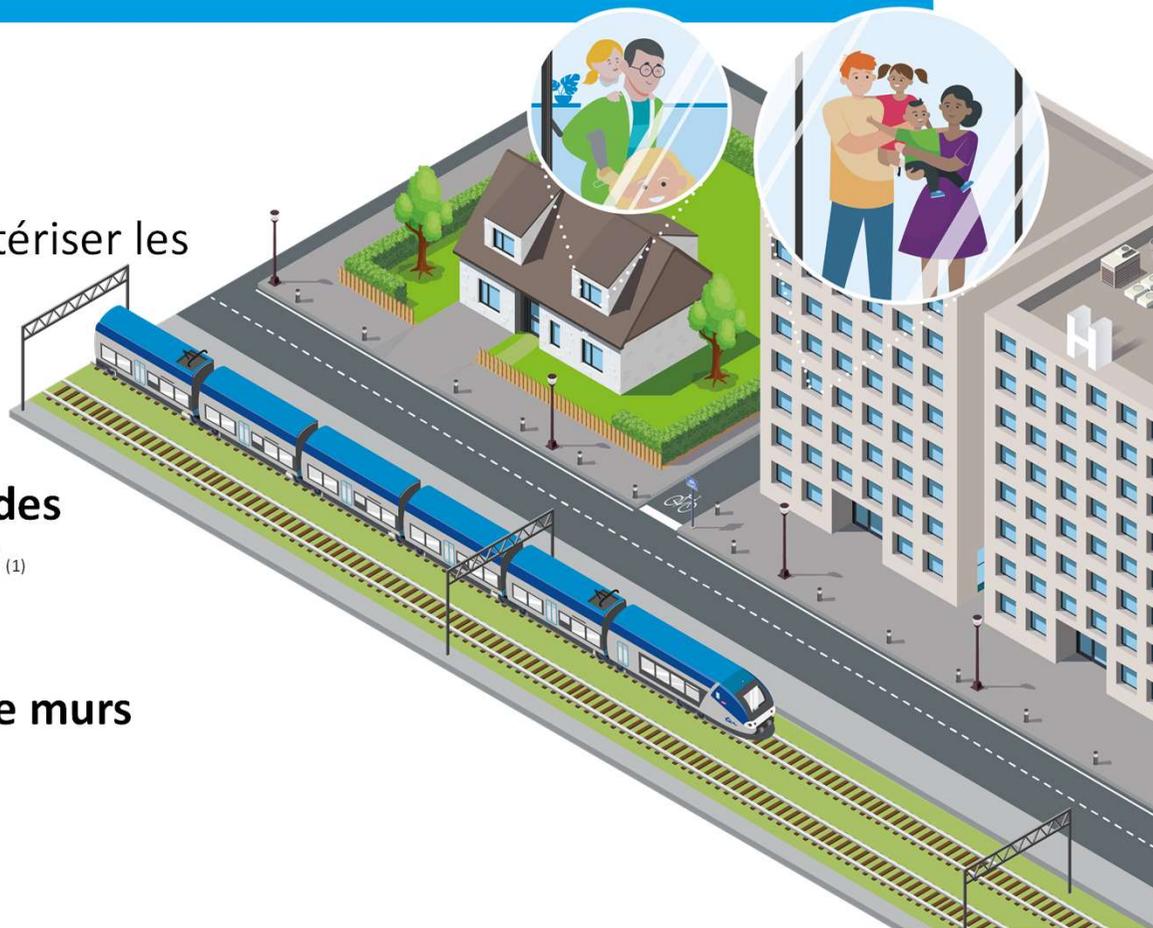
- 2001 : Première circulaire « Points noirs du bruit » ;
- 2002 : Des sites ferroviaires pilotes en Ile de France élargis ensuite à d'autres régions ;
- 2010 - 2021 : Accord cadre - 130 M€ - cofinancé ADEME – Etat - SNCF Réseau et collectivités.
- **L'Etat a décidé de poursuivre les actions menées pour la résorption du bruit ferroviaire et notamment le traitement des PNB en se dotant de crédits spécifiques et pérennes dans le cadre de la loi d'orientation des mobilités.**
- **Dans le cadre du plan de relance l'Etat a souhaité que des crédits de la SNCF permettent à SNCF Réseau d'accélérer la résorption des PNB dans un contexte d'accroissement de la part modale du fret ferroviaire, sur la période 2021-2024.**



La composition du programme

- Le programme se compose :
 - d'études de diagnostic pour caractériser les bâtiments PNBf⁽¹⁾ et éligibles à des protections acoustiques
 - de travaux d'isolation acoustique des façades de bâtiments classés PNBf⁽¹⁾
 - de programmes de construction de murs acoustiques

➤ ⁽¹⁾ : PNBf : Points noirs du bruit ferroviaire



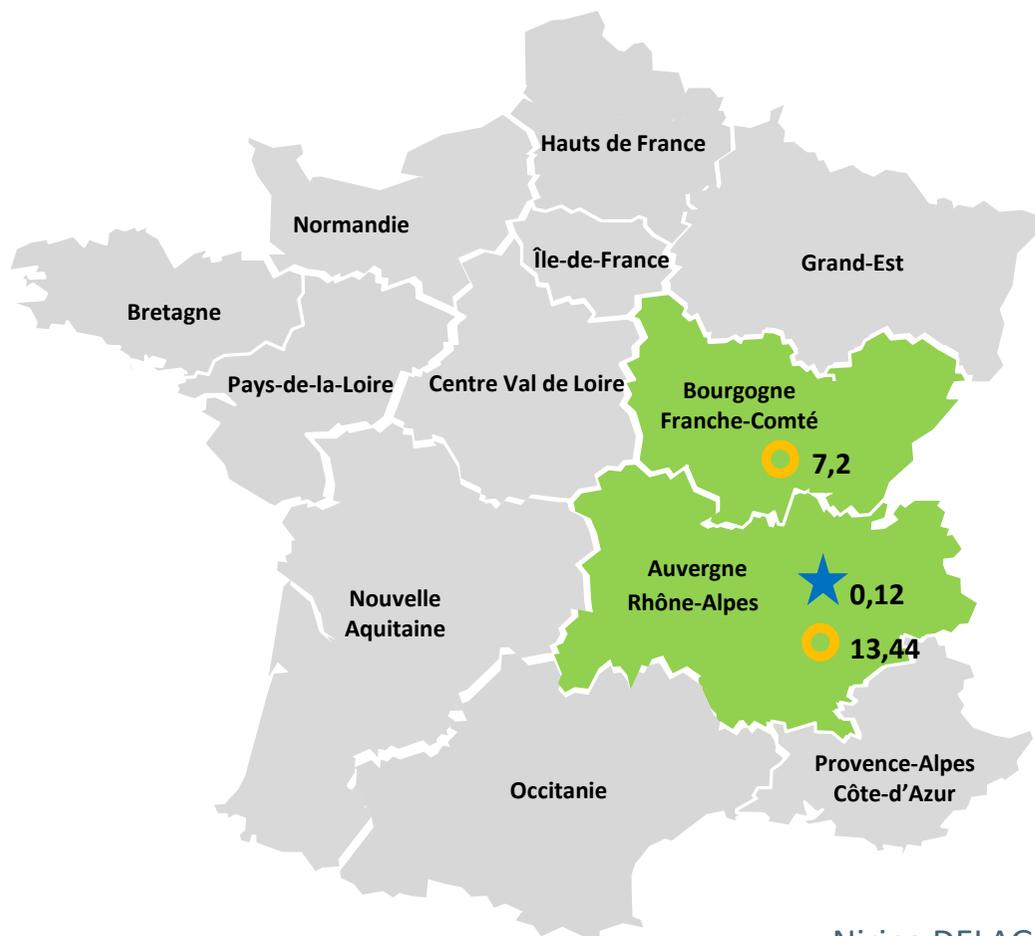
Les financements prévisionnels

- **120 Millions d'euros** au titre du plan de relance dont les fonds sont issus des produits de cession d'actifs du groupe SNCF
- **Le complément est apporté par l'Etat** et les collectivités locales en particulier pour les projets de murs acoustiques





Actions lancées en 2021



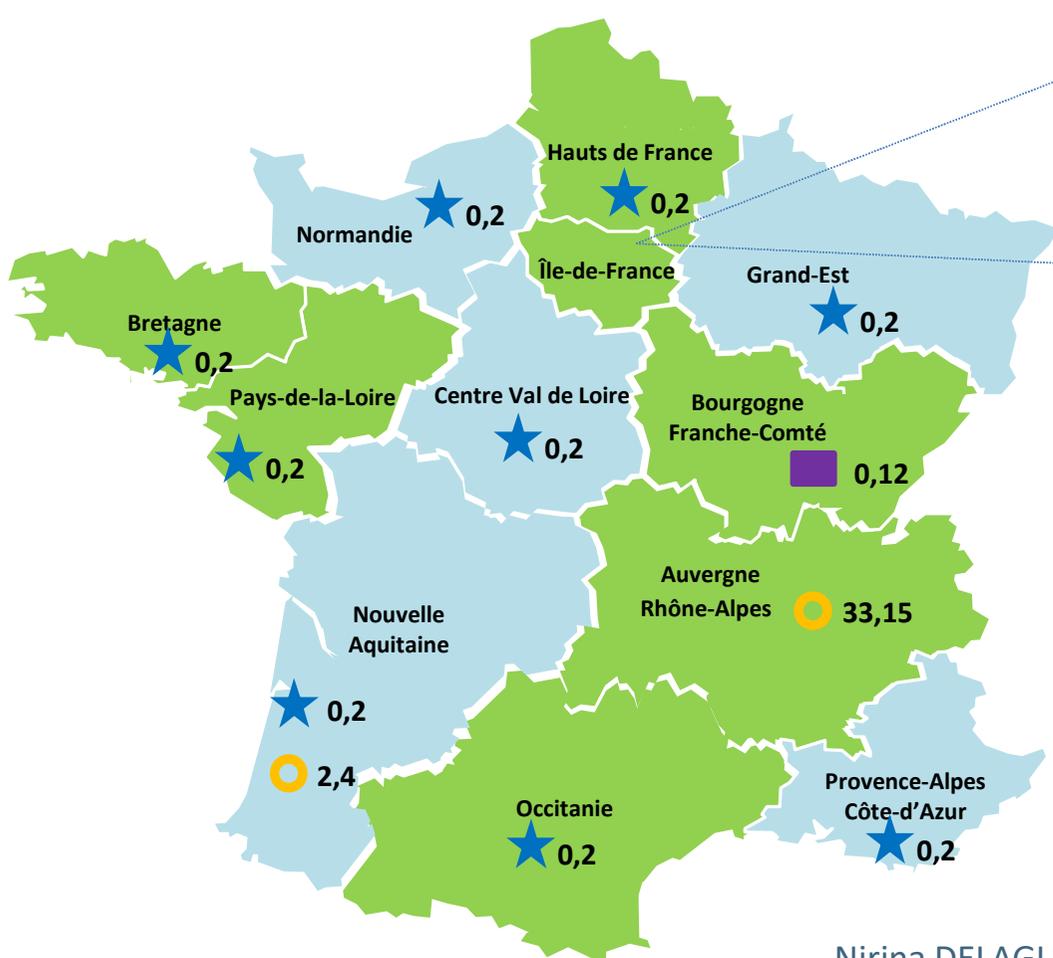
En 2021 :

- **20,64 M€** engagés pour des travaux d'isolation de façade
- **120 k€** de diagnostics des PNB lancés en Auvergne-Rhône-Alpes

- ★ Diagnostique
- Isolation acoustique des façades
- 0,12 Montant total des engagements (M€)



Prévisions pour 2022



En 2022 :

23,16 M€ déjà engagés

Pour des prévisions de 47,18 M€

- Diagnostics
- Isolation acoustique des façades
- Projet de mur acoustique
- 0,12 Montant total des engagements (M€)

Nirina DELAGUILLAUMIE & Léa CHERKI

Conclusions et perspectives au-delà de 2022

Un programme pluriannuel d'investissements pour la résorption du bruit ferroviaire, dont une enveloppe de 120 M€ du plan de relance

Des opérations lancées dans un premier temps dans les régions pilotes (Ile-de-France, Auvergne-Rhône-Alpes, Bourgogne Franche-Comté) puis progressivement dans toutes les Régions de France

Déploiement progressif sur l'ensemble des régions de France en fonction des résultats des diagnostics lancés en 2021, 2022 et 2023.