



OFFRE CSTB N°FR24TRANST-30151 MODELISATIONS VIBRATOIRES ETAT PROJET

Rapport d'étude

Pierre Ropars

Demandeur de l'Etude

Joaquim Pires Da Costa

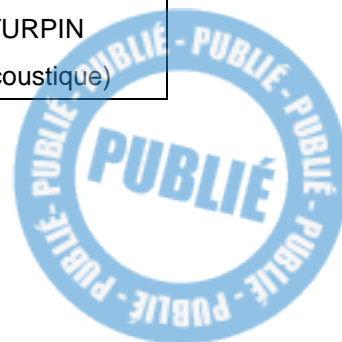
| Auteur | Approbation | Vérification |
|-------------------------|-----------------------------|-------------------------------------|
| Pierre ROPARS (CSTB) | Sébastien AGNOLIN (CSTB) | Jérémy TURPIN (ORFEA Acoustique) |

Centre Scientifique et Technique du Bâtiment

24 Rue Joseph Fourier - 38400 SAINT-MARTIN-D'HERES

Tél. : +33 (0)4 76 76 25 25 – www.cstb.fr

MARNE-LA-VALLÉE / PARIS / GRENOBLE / NANTES / SOPHIA ANTIPOLIS



03/04/2024 09:44:36

03/04/2024 G1.04-AVP-DOC-ACOU-2401346-1

SOMMAIRE

| | |
|---|-----------|
| 1 - OBJET..... | 3 |
| 2 - METHODOLOGIE | 4 |
| 2.1 - PRESENTATION GENERALE | 4 |
| 2.2 - TERMES SOURCES..... | 5 |
| 2.3 - COMPORTEMENT DYNAMIQUE DU SOL..... | 5 |
| 2.4 - COMPORTEMENT DYNAMIQUE DES BATIMENTS..... | 5 |
| 2.5 - VALEURS CIBLES APPLICABLES | 6 |
| 3 - NIVEAUX VIBRATOIRES ET BRUIT SOLIDIEN SANS SOLUTION | 7 |
| 3.1 - SITES DE SENSIBILITE COURANTE | 7 |
| 3.2 - SITES SPECIFIQUEMENT SENSIBLES | 10 |
| 4 - NIVEAUX VIBRATOIRES ET BRUIT SOLIDIEN AVEC SOLUTIONS | 11 |
| 4.1 - TYPE DE SOLUTION | 11 |
| 4.2 - SITES DE SENSIBILITE COURANTE | 12 |
| 4.3 - SITES SPECIFIQUEMENT SENSIBLES | 13 |
| 5 - LINEAIRE DE SOLUTIONS ANTIVIBRATILES..... | 14 |
| 6 - CONCLUSION..... | 16 |
| 7 - REFERENCES..... | 16 |

1 - OBJET

Tramway2028 est un projet de construction d'une nouvelle infrastructure de tramway sur la communauté de communes de Caen-la-mer. Cette nouvelle infrastructure vient compléter un réseau existant, comportant trois lignes desservant le Sud et le Nord de l'agglomération. La nouvelle ligne desservira les secteurs du centre-ville ainsi que les zones périphériques situées à l'ouest et au Nord-Ouest. Une vue aérienne du projet est présentée ci-dessous.



Figure 1 : Projet Tramway2028 - Vue aérienne du tracé

Dans le cadre de l'étude du risque des impacts vibratoires du projet Tramway2028 confiée au groupement CSTB-ORFEA, le CSTB a été missionné par TRANSAMO pour réaliser la modélisation vibratoire de l'état projet. Cette mission est associée au bon de commande n°10 du marché n°E2_2022-11.

Cette étude contient l'estimation des niveaux vibratoires et de bruit solide émis chez tous les riverains du tracé, l'évaluation du respect des objectifs de confort vibratoire et la préconisation d'un linéaire de solutions antivibratiles définies par typologie de voie. La méthodologie utilisée est rappelée succinctement ci-après. Plus de détails sont présents dans les études antérieures et le rapport de modélisation vibratoire l'état 0 [9].

A noter, les résultats de cette étude sont basés sur des données d'entrées (tracé, exploitation, etc.) fournies en fin de phase AVP. Le terme source est associé à un gabarit de rugosité faible qui sous-tend une maintenance soutenue (meulage des rails et roues). Enfin, l'ouvrage de la rigole alimentaire, présent sous une portion du tracé en centre-ville, n'est pas considéré. De par la complexité de son intégration dans les modélisations, les contraintes associées devront être intégrées lors d'une étude dédiée (diminution de l'épaisseur de voie, impact sur la propagation des vibrations et sur l'interaction Tramway-Voie).

2 - METHODOLOGIE

2.1 - Présentation générale

L'étude du risque des impacts vibratoires porte sur l'ensemble des bâtiments riverains du projet. Pour chaque bâtiment, l'étude évalue les niveaux vibratoires et les niveaux de bruit solidien émis, puis sélectionne la typologie de solutions antivibratiles nécessaire au respect des objectifs du projet. Ces différentes étapes ont permis une première évaluation des niveaux vibratoires, ainsi qu'un premier linéaire de poses de voie antivibratiles, associés à la conception du tracé établie en début de phase AVP.

L'étude vibratoire à l'état projet reprend l'ensemble des données d'entrées et met à jour l'ensemble des résultats précédemment établis. Pour ce faire, la méthodologie mise en œuvre est identique à l'approche utilisée lors des études état 0. Pour rappel, la méthodologie générale est présentée dans le diagramme ci-après.

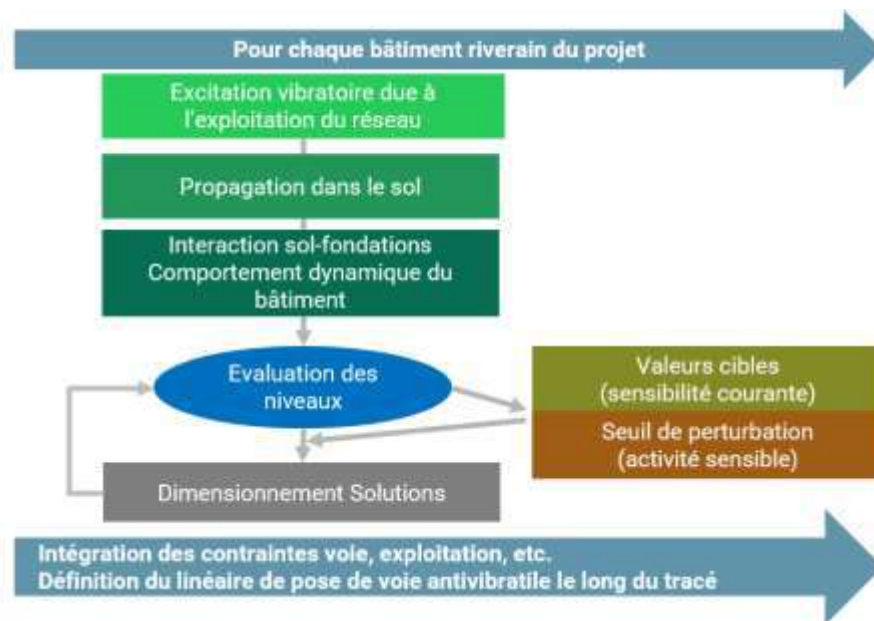


Figure 2 : Diagramme de l'étude des risques d'impact vibratoire

L'analyse du tracé est conservée, laissant inchangé les sites pour lesquels une sensibilité particulière aux vibrations a été identifiée [3]. De même, les données mesurées en amont des modélisations de l'état 0 sont conservées, en particulier les fonctions de décroissance dans le sol et les fonctions de transfert sol-bâtiment, caractérisées expérimentalement [4, 5]. L'ensemble de ces éléments ont fait l'objet d'un rapport séparé et sont explicités dans le rapport de modélisation vibratoire de l'état 0. Ces éléments ne sont pas rappelés ci-après.

A noter, à l'état projet le dimensionnement des solutions antivibratiles n'est pas réalisé. Cette étude se base sur les performances des solutions antivibratiles représentant les différentes typologies de solutions définies par le maître d'œuvre.

2.2 - Termes sources

On rappelle que l'excitation est représentée par un spectre de densité linéique de forces défini à partir **d'un gabarit de rugosité faible [4]**. Ce gabarit est fixé à partir de mesures réalisées sur deux sites du réseau de tramway de Caen. **Ce gabarit suppose une maintenance soutenue du réseau afin de maintenir une rugosité du rail faible.**

Les appareils de voie (ADV) sont pris en compte via une augmentation forfaitaire de 3 dB du terme source (spectre de densité de force). Cette augmentation est appliquée dès lors que le bâtiment se situe au droit d'un point de la voie dont la distance au cœur de l'ADV est inférieure à la longueur du matériel roulant.

2.3 - Comportement dynamique du sol

Comme précédemment, la propagation des vibrations dans le sol est représentée par une mobilité linéique de transfert. Cette grandeur permet de traduire le niveau vibratoire généré par le passage du tramway lorsqu'elle est couplée à une densité linéique de forces.

La mobilité linéique est issue de l'intégration des mobilités ponctuelles définies entre la voie et un point en façade du bâtiment. Les mobilités ponctuelles proviennent d'une caractérisation expérimentale des sols, réalisée en octobre 2023 sur un ensemble de 14 sites répartis sur l'ensemble du tracé du projet [5].

2.4 - Comportement dynamique des bâtiments

Deux phénomènes sont observés pour les bâtiments et représentent le transfert vibratoire entre le sol et les fondations (FT2) et le transfert vibratoire entre les fondations et le plancher du local sensible (FT3). Les fonctions de transfert utilisées dans cette étude sont similaires à celles prises en compte lors de la modélisation vibratoire de l'état 0.

Pour les sites de sensibilité courante, les fonctions de transfert mises en œuvre sont issues de la base de données Vibra-123, telles que retranscrites dans le projet RIVAS [1]. Ces fonctions de transfert, communément utilisées dans les études vibratoires, sont classées en fonction du type de bâtiment (maison, petit ou grand immeuble) et du type de sol (dur, moyen ou mou). A noter, l'impossibilité d'identifier le type de plancher d'un local amène à sélectionner la fonction de transfert FT3 pour laquelle le niveau vibratoire global estimé dans les locaux est maximum.

Pour les sites spécifiquement sensibles (Théâtre, Conservatoire, CCNCN et laboratoire LABEO), les fonctions de transfert utilisées proviennent d'une caractérisation expérimentale in situ [5]. Le niveau de précision des modélisations pour ces sites est ainsi largement amélioré. Une description plus avant des résultats d'essais est disponible dans le rapport d'essais [5] ou dans le rapport de modélisation vibratoire de l'état 0 [9].

2.5 - Valeurs cibles applicables

En l'absence de réglementation, les valeurs cibles font office de seuils pour les niveaux vibratoires et de bruit solidien (bruit rayonné par les parois d'un local soumis aux vibrations).

Ces valeurs cibles sont adaptées à l'activité abritée dans les locaux, qu'elle soit de sensibilité courante (sommeil, concentration, etc.) ou spécifique (représentation non amplifiée, mesure de précision, etc.).

Pour les sites de sensibilité courante, les valeurs cibles sont issues de guides de référence, nommément : le projet RIVAS [1] et le guide FTA [2]. Ces documents fournissent un jeu de valeurs cibles en fonction du type d'activité et du type d'exposition (perception tactile des vibrations ou perception auditive du bruit solidien). Les valeurs cibles retenues pour le projet sont récapitulées dans le tableau ci-après.

Il est important de noter que des objectifs de confort vibratoire trop élevés peuvent pénaliser le projet, dans le sens où ils amèneraient les études vibratoires à préconiser des dispositifs antivibratiles très contraignants, d'un point de vue technique et financier. A l'inverse, des valeurs cibles trop basses pourraient aboutir à des situations d'inconfort inacceptable pour les riverains les plus exposés. Ainsi, les seuils proposés sont définis sur la base d'un compromis entre les deux tendances.

Tableau 1 : Valeurs cibles retenues pour les sites de sensibilité courante

| Lieux et type d'activité | Valeur Cible Bruit solidien (dB(A) [réf 2e-5 Pa]) | Valeur Cible Vibrations (dB [réf 5e-8 m/s]) |
|--|---|---|
| Résidences Activité de sommeil | 35 | 66 |
| Bureaux, Ecoles Activité de concentration | 40 | 72 |

Dans le cas d'une sensibilité spécifique, une visite du site a permis de caractériser la sensibilité des activités en collaboration avec leurs responsables. Les valeurs cibles issues de ces caractérisations sont retranscrites dans le tableau ci-après (voir [9] et [3]).

Pour les sites dont la sensibilité est portée par le bruit solidien, il est préconisé de ne pas dépasser un niveau global de bruit solidien fixé à 25 dB(A) (dB référencé à 2e-5 Pascal, pondéré A). La cible retenue pour la perception tactile des vibrations est celle liée aux activités de concentration (72 dB référencé à 5e-8 m/s).

Pour les activités sensibles abritées sur le site du laboratoire LABEO, les observations ont permis de fixer un seuil de perturbation à 54 dB référencé à 5e-8 m/s. La sensibilité au bruit solidien est ajusté aux activités de bureau dont la cible est 40 dB(A), référencé à 2 e-5 Pa.

Tableau 2 : Récapitulatif des valeurs cibles retenues pour les sites sensibles

| Lieux et type d'activité | Valeur Cible Bruits solidien (dB(A) [réf 2e-5 Pa]) | Valeur Cible Vibrations (dB [réf 5e-8 m/s]) |
|---|--|---|
| Théâtre Représentation non amplifiée | 25 | 69 |
| Conservatoire Représentation non amplifié | 25 | 69 |
| Conservatoire Enseignement | 25 | 72 |
| CCNCN Représentation non amplifiée | 25 | 69 |
| Labéo Mesure de précision | 40 | 54 |

3 - NIVEAUX VIBRATOIRES ET BRUIT SOLIDIEN SANS SOLUTION

L'évaluation des niveaux vibratoires et de bruit solidien est mise à jour pour l'ensemble des bâtiments présents sur une bande de 120 m de large autour du tracé de la future ligne. Cette mise à jour n'intègre pas de dispositif spécifique au niveau de la voie, et constitue un état des lieux des risques vibratoires.

Le tracé utilisé correspond à la conception quasi finalisée du tracé de voie [6]. Les vitesses de passage du tramway au droit de chaque bâtiment sont issues de Profil de vitesse [7].

3.1 - Sites de sensibilité courante

Une synthèse de l'ensemble du tracé est proposée ci-après sous la forme d'une vue aérienne. Les bâtiments sont représentés avec un code couleur indiquant le niveau du risque d'impact (vibratoire et/ou lié au bruit solidien) :

- **Important** : au moins une valeur cible est dépassée par l'estimation ;
- **Modéré** : au moins une estimation est supérieure à sa valeur cible diminuée de 3 dB ;
- **Faible** : toutes les estimations sont inférieures aux valeurs cibles diminuées de 3 dB.

L'analyse détaillée de ces résultats indique un nombre significatif de bâtiments pour lesquelles les niveaux de bruit solidien estimés sont supérieurs aux valeurs cibles. Pour le risque lié à la perception tactile des vibrations, le nombre de bâtiment est moins important. Le tableau ci-après récapitule ces résultats.

Tableau 3 : Synthèse des risques d'impact vibratoire et acoustique le long du tracé

| Configuration | Nombre | Principales localisations | Activité |
|-----------------------------------|--------|---|---------------------|
| Bâtiments étudiés | 1561 | Tout le tracé | Mixte |
| Dépassement cibles vibratoires | 5 | Centre-ville | Résidences |
| Dépassement cibles bruit solidien | 18 | Rue Damozanne, Centre-ville, Boulevard Yves Guillou | Résidences, Bureaux |
| Dépassement des deux cibles | 1 | Rue du Capitaine Boualam | Résidence |
| Aucun dépassement | 1542 | Tout le tracé | Mixte |

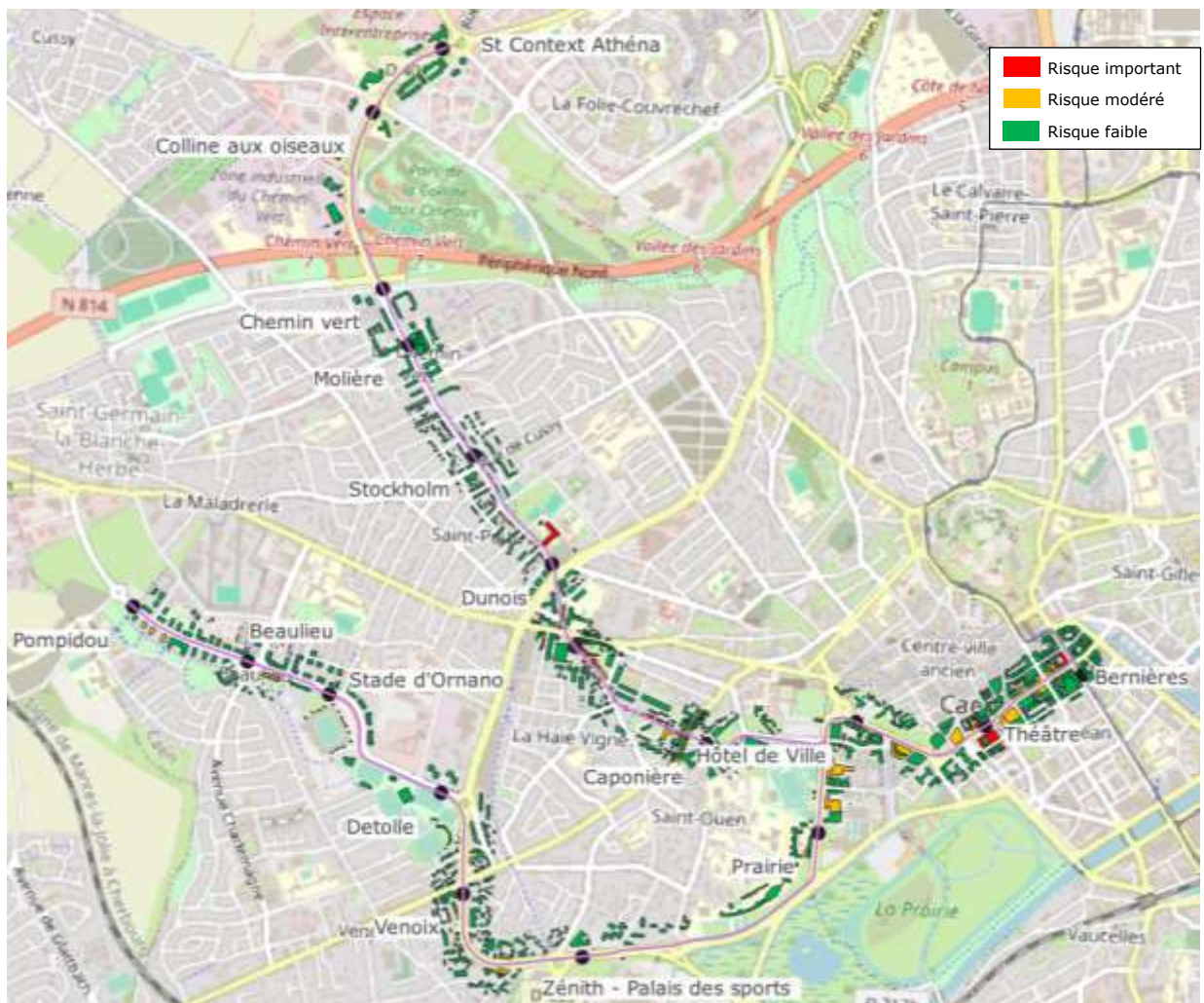


Figure 3 : Vue aérienne du risque d'impact vibratoire sans dispositif antivibratile

Les principales zones où le risque d'impact est important sont retranscrites ci-après.

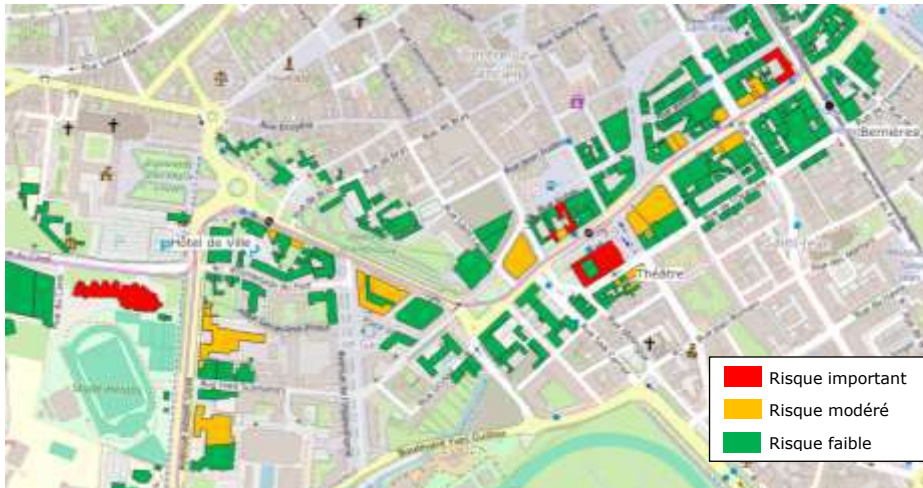
Rue du chemin vert



Rue Damozanne, rue Capitaine Boualam



Centre ville



Boulevard Yves Guillou



Figure 4 : Principales zones où le risque d'impact est important

3.2 - Sites spécifiquement sensibles

Les sites sensibles sont étudiés à l'aide des données recueillies sur site (caractérisation du sol et des fonctions de transfert) [3,4,5] et fournies par le projet [6,7,8].

Les niveaux vibratoires et de bruit solidien sont évalués en plusieurs emplacement sur chaque site. Pour chaque lieu, les valeurs cibles sont définies par rapport à l'activité afin d'évaluer le risque de perturbation.

L'ensemble des évaluations est reporté dans le tableau ci-après pour une pose de voie standard. Ces résultats indiquent que, sans dispositif de réduction des vibrations, le risque d'impact est important pour l'ensemble des locaux, à l'exception de l'auditorium du conservatoire et du site LABEO.

Tableau 4 : Synthèse des niveaux vibratoires et de bruit solidien dans les locaux sensibles, sans solution antivibratile (dB : dB réf 5 e-8m/s, dB(A) : dB réf 2e-5 Pa pondéré A)

| Site | Distance à la voie (m) | Vitesse passage (km/h) | Type Sol | Vibration [dB réf 8e-8m/s] | | Bruit solidien [dB(A) réf 2e-5Pa] | |
|------------------------------|------------------------|------------------------|----------|----------------------------|--------|-----------------------------------|--------|
| | | | | Cible | Valeur | Cible | Valeur |
| Théâtre petite scène | 25,4 | 30 | 3 | 69 | 77,9 | 25 | 22,3 |
| Théâtre grande scène | 25,4 | 30 | 3 | 69 | 62,8 | 25 | 25,6 |
| Conservatoire Auditorium | 14,5 | 30 | 9 | 69 | 39,7 | 25 | 1,4 |
| Conservatoire salle de jazz | 14,5 | 30 | 9 | 72 | 69,9 | 25 | 25,5 |
| Conservatoire salle de danse | 14,5 | 30 | 9 | 72 | 63,2 | 25 | 20,1 |
| CCNCN | 16,0 | 30 | 9 | 69 | 70,5 | 25 | 18,5 |
| LABEO Salle des balances | 37,7 | 40 | 12 | 54 | 34,5 | 40 | 15,8 |
| LABEO Salle d'autopsie | 37,7 | 40 | 12 | 72 | 55,5 | 40 | 21,0 |

4 - NIVEAUX VIBRATOIRES ET BRUIT SOLIDIEN AVEC SOLUTIONS

Cette section présente les performances des typologies de solutions définies dans cette étude préliminaire. Cette section présente également l'estimation du risque d'impact résiduel, i.e. le risque d'impact estimé après application des solutions.

4.1 - Type de solution

Dans cette étude, trois types de solutions sont proposés pour répondre au risque de dépassement des valeurs cibles. Ces trois solutions correspondent aux deux technologies suivantes : des semelles sous rails assouplies (solution niveau 1), une pose sur dalle flottante (solutions niveau 2 et 3). Ainsi quatre typologies de pose sont définies [8] :

- **Pose standard** (sans dispositif antivibratile) : il s'agit de la pose standard définie en section 2.2 pour laquelle l'excitation a été caractérisée expérimentalement [4] ;
- **Pose niveau 1** (pose assouplie - fréquence de découplage : 100 Hz) : il s'agit d'une pose similaire à la pose standard avec des semelles sous rail assouplies. Ce type de solution atténue les vibrations aux fréquences les plus élevées essentiellement ;
- **Pose niveau 2** (dalle flottante fine - fréquence de découplage : 31.5 Hz) : il s'agit d'une voie sur une dalle flottante d'épaisseur 19 cm, agissant efficacement sur une large bande de fréquences ;
- **Pose niveau 3** (dalle flottante épaisse - fréquence de découplage : 25 Hz) : il s'agit d'une voie sur une dalle flottante d'épaisseur 33 cm, agissant très efficacement sur une bande fréquentielle plus large.

Pour rappel, les performances des solutions sont estimées par comparaison à la pose standard. Ces performances sont exprimées via un spectre de pertes par insertion (IL) représentant la variation de l'excitation lorsque la pose standard est remplacée par une de ces solutions. Ces pertes par insertion sont représentées sur la figure ci-après.

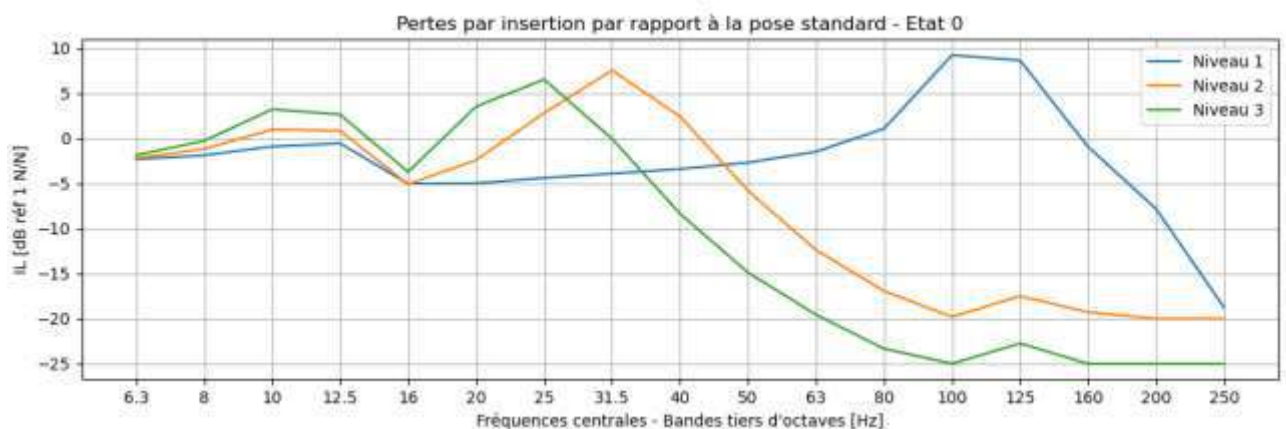


Figure 5 : Performances des solutions antivibratiles définies à l'Etat 0

4.2 - Sites de sensibilité courante

A l'aide des solutions définies dans la section précédente, les niveaux vibratoires et de bruit solidien ont été réévalués sur l'ensemble du linéaire. La méthode est la suivante :

- Estimations des niveaux vibratoires et de bruit solidien avec pose standard (section 3) ;
- Si une valeur cible est dépassée, application des solutions antivibratiles par ordre croissant de performances (standard, niveau 1, 2 ou 3) ;
- La solution antivibratile retenue est la solution minimale et suffisante pour respecter les valeurs cibles (standard, niveau 1, 2 ou 3) ;
- Au niveau de la voie, la solution retenue en chaque section est celle permettant de respecter les valeurs cibles de l'ensemble des bâtiments riverains. Par défaut, une section est une portion de voie de 40 m (majorant de la longueur du tramway).

Les résultats montrent que le risque d'impact résiduel est faible ou modéré sur l'ensemble des sites (cibles respectées avec, ou sans, marge de 3 dB). Ces résultats sont représentés sur la figure ci-après, le linéaire de solutions est détaillé section 5.

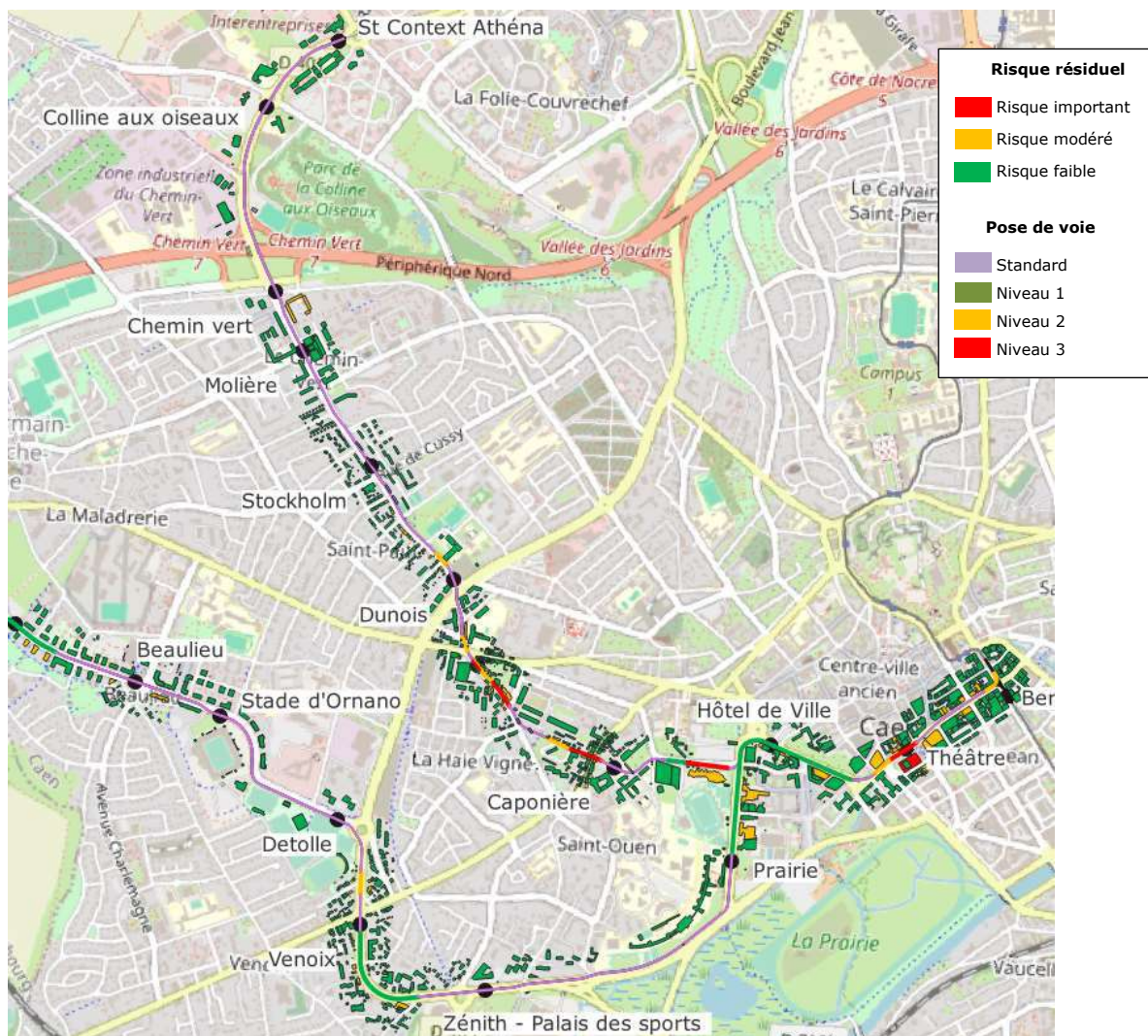


Figure 6 : Risque d'impact résiduel et linéaire des solutions utilisées

4.3 - Sites spécifiquement sensibles

Comme précédemment, les sites sensibles sont étudiés à l'aide des données recueillies sur site [3,4,5] et celles fournies par le projet [6,7,8]. Les niveaux vibratoires et de bruit solidien sont évalués aux mêmes emplacements pour chaque site, en intégrant les pertes par insertion associées aux solutions définies au droit de chaque site.

L'ensemble des évaluations est reporté dans le tableau ci-après, indiquant également la solution antivibratile retenue pour chaque site. A l'exception du site de LABEO, la solution retenue est la pose niveau 3. Les résultats indiquent que, avec le dispositif antivibratile, le risque d'impact est maîtrisé pour la majorité des sites spécifiquement sensibles.

Cependant, le niveau vibratoire résiduel estimé dans le local de la petite scène du théâtre est important. Ce niveau est dû à la résonance en basses fréquences du plancher, (voir résonance à 16 Hz de la FT3 [9]). Il en résulte que, **malgré la prise en compte d'une pose de niveau 3, le risque de perception tactile des vibrations reste important.** Pour ce site, **il est préconisé de prévoir une solution antivibratile supplémentaire, dont la fréquence de découplage est inférieure à 16 Hz.**

Tableau 5 : Niveaux vibratoires et de bruit solidien estimés avec solutions antivibratiles (dB : dB réf5 e-8m/s, dB(A) : dB réf 2e-5 Pa pondéré A)

| Site | Pose de voie | Vibrations [dB réf 5e-8m/s] | | Bruit solidien [dB(A) réf 2e-5Pa] | |
|------------------------------|--------------|--------------------------------|--------|--------------------------------------|--------|
| | | Cible | Valeur | Cible | Valeur |
| Théâtre petite scène | Niveau 3 | 69 | 77,1 | 25 | 20,2 |
| Théâtre grande scène | Niveau 3 | 69 | 61,5 | 25 | 15,4 |
| Conservatoire Auditorium | Niveau 3 | 69 | 40,8 | 25 | 0 |
| Conservatoire salle de jazz | Niveau 3 | 69 | 71,4 | 25 | 20,5 |
| Conservatoire salle de danse | Niveau 3 | 69 | 64,6 | 25 | 11,8 |
| CCNCN | Niveau 1 | 69 | 68,6 | 25 | 19,4 |
| LABEO Salle des balances | Standard | 54 | 34,5 | 40 | 15,8 |
| LABEO Salle d'autopsie | Standard | 72 | 55,5 | 40 | 21 |

5 - LINEAIRE DE SOLUTIONS ANTIVIBRATILES

D'après les résultats indiqués en section 4, un linéaire de solution antivibratile est proposé ci-après. Ce linéaire s'appuie sur des bâtiments dimensionnant en termes de risque d'impacts vibratoires et de bruit solidien. Les solutions antivibratiles préconisées dans ce linéaire ne sont pas dimensionnées précisément, il s'agit de typologie de solutions qui reste à définir précisément lors d'une étude dédiée. A noter également :

- Aucune contrainte liée à la voie n'est prise en compte, notamment les zones de transition entre différentes typologies de poses ne sont pas étudiées ;
- Les zones sont repérées par leur longueur uniquement.

Ainsi, les solutions antivibratiles forment environ 27.5% du tracé étudié, se décomposant en 16.3%, 5.6% et 5.6% de niveau 1, 2 et 3 respectivement.

Les sections, sur lesquelles un dispositif antivibratile est préconisé, sont reportés dans le tableau ci-après. Ce tableau indique pour chaque section :

- L'ordre d'apparition de la section sur le linéaire (PK croissant) en commençant par le tronçon Nord puis le tronçon Sud (voies 1) ;
- Le dispositif envisagé (Niveau 1, 2 ou 3) ainsi que la longueur du tronçon ;
- L'adresse ainsi que les paramètres d'un bâtiment représentatif des niveaux vibratoires et de bruit solidien générés sur la zone traitée ;
- Les niveaux vibratoires et de bruit solidien obtenus pour le bâtiment représentatif, avec la pose de voie de référence (sans dispositif antivibratile) et la pose de voie retenue.

Tableau 6 : Sections du tracé avec solutions, Niveaux vibratoires [dB réf 5e-8m/s] et de bruit solidien [dB(A) réf 2e-5 Pa]

| Sections | | | Bâtiment représentatif | | | | | Pose de Référence | | Pose Retenue | |
|---------------------|------|--------------|--------------------------|---------------|------------------------|------------------------|--------------|-------------------|------------------------|----------------|------------------------|
| N° | Pose | Longueur [m] | Adresse | Type | Distance à la voie [m] | Vitesse passage [km/h] | Nombre étage | Vibration [dB] | Bruit Solidien [dB(A)] | Vibration [dB] | Bruit Solidien [dB(A)] |
| TRONCON NORD | | | | | | | | | | | |
| 1 | 2 | 54,7 | 6 Rue Fernand Léger | Ecole | 7,2 | 25 | 1 | 52,0 | 42,1 | 47,5 | 24,1 |
| 2 | 2 | 50,0 | 156 Rue de Bayeux | Résidence | 4,9 | 20 | 3 | 54,8 | 46,2 | 48,0 | 27,6 |
| 3 | 2 | 35,2 | 60 Rue Damozanne | Résidence | 4,9 | 13 | 2 | 57,6 | 39,1 | 58,3 | 29,0 |
| 4 | 2 | 69,2 | 54 Rue Damozanne | Résidence | 6,7 | 20 | 2 | 59,6 | 37,4 | 61,0 | 30,8 |
| 5 | 1 | 101,7 | 23 Rue Damozanne | Résidence | 4,2 | 29 | 3 | 67,0 | 47,7 | 65,8 | 29,9 |
| 6 | 2 | 76,3 | 24 Rue Capitaine Boualam | Résidence | 6,2 | 22 | 2 | 61,0 | 38,8 | 62,3 | 32,2 |
| 7 | 1 | 128,5 | 1 Rue Capitaine Boualam | Mixte | 5,8 | 20 | 4 | 57,5 | 35,7 | 58,7 | 28,6 |
| 8 | 3 | 56,5 | 11-13 rue du Carel | CCNCN | 16,2 | 30 | 1 | 70,5 | 18,5 | 68,6 | 19,4 |
| 9 | 1 | 160,1 | 1 rue du Carel | Conservatoire | 14,2 | 30 | 2 | 66,9 | 25,5 | 71,4 | 20,5 |
| TRONON SUD | | | | | | | | | | | |
| 10 | 3 | 204,8 | 59 Bd Georges Pompidou | Résidence | 12,4 | 40 | 5 | 57,5 | 36,5 | 54,8 | 33,9 |
| 11 | 2 | 73,7 | 2 Rue du Stade de Venoix | Résidence | 16,4 | 40 | 1 | 57,1 | 36,4 | 55,0 | 28,3 |
| 12 | 3 | 383,0 | 72 Bd Yves Guillou | Résidence | 23,2 | 30 | 2 | 50,7 | 28,4 | 48,3 | 28,2 |
| 13 | 3 | 812,1 | 29 Bd Bertrand | Mixte | 11,2 | 40 | 3 | 65,1 | 24,6 | 63,9 | 24,7 |
| 14 | 2 | 71,2 | 2 Rue Georges Lebret | La poste | 6,6 | 30 | 4 | 62,0 | 41,6 | 62,4 | 30,5 |
| 15 | 1 | 118,0 | 135 Bd Maréchal Leclerc | Théâtre | 25,4 | 30 | 2 | 77,9 | 22,3 | 77,1 | 20,2 |
| 16 | 2 | 73,9 | 40 Rue de Bernières | Résidence | 3,5 | 10 | 5 | 56,2 | 42,4 | 53,8 | 26,0 |

6 - CONCLUSION

Cette étude propose une analyse des risques d'impact vibratoire et de bruit solidien liés à l'exploitation de la future infrastructure du projet Tramway2028. Les résultats s'appuient sur une large campagne de caractérisations expérimentales, alimentant des modélisations des niveaux vibratoires et de bruit solidien. Le terme d'excitation utilisé s'appuie sur un gabarit de rugosité faible qui sous-tend une maintenance soutenue du réseau.

Tous les bâtiments riverains du tracé sont étudiés, dont notamment quatre sites dont la sensibilité aux vibrations, ou au bruit solidien, est plus importante.

En l'absence de réglementation, le risque d'impact est évalué via un jeu de valeurs cibles.

Sans solution de réduction des vibrations, le nombre de bâtiments susceptibles d'être soumis à des niveaux vibratoires et/ou de bruit solidien dépassant les valeurs cibles est significatif.

Avec la mise en œuvre de solutions antivibratiles, un risque d'impact faible ou modéré est obtenu pour l'ensemble des bâtiments riverains. A l'exception de la petite scène du Théâtre, les valeurs cibles associées à chaque bâtiment sont respectées.

Les performances des solutions antivibratiles sont définies à partir de typologies de pose de voies antivibratiles, usuellement utilisées en tramway. Le dimensionnement précis de ces solutions reste à réaliser.

7 - REFERENCES

- [1] RIVAS Project, Rapport du Work package D1,6: Procedures to predict exposure in buildings and estimate annoyance, 2011.
- [2] Guide FTA, Federal Transit Administration, Report N°123: Transit noise and vibration impact assessment manual, 2018.
- [3] Définition des programmes d'études, Rapport N° FR23TRANSA-20581, CSTB & ORFEA, 2023.
- [4] Caractérisation de l'excitation vibratoire, Rapport d'essais N° FR23TRANSW-23246, CSTB, 2023.
- [5] Caractérisation de l'état 0 vibratoire, Rapport d'essais N° FR23TRANSQ-21952, CSTB, 2023.
- [6] Tracé, T3214 tracé plateforme VF - AVP, EGIS, 25/01/2024.
- [7] Profil des vitesses, T28_Diagrammes vitesses fév2024, EGIS, février 2024.
- [8] Les poses de voies, Présentation B1.10-AVP-CR-MOEG-2300785-1, Groupement TRAME, 2023.
- [9] Modélisation vibratoire de l'état 0, Rapport d'étude N° FR23TRANSQ-21952, CSTB, 2024.



Le futur en construction

Établissement public au service de l'innovation dans le bâtiment, le CSTB, Centre Scientifique et Technique du Bâtiment, exerce quatre activités clés : la recherche et expertise, l'évaluation, la certification et la diffusion des connaissances, organisées pour répondre aux enjeux de la transition énergétique dans le monde de la construction. Son champ de compétence couvre les produits de construction, les bâtiments et leur intégration dans les quartiers et les villes.

Avec plus de 900 collaborateurs, ses filiales et ses réseaux de partenaires nationaux, européens et internationaux, le groupe CSTB est au service de l'ensemble des parties prenantes de la construction pour faire progresser la qualité et la sécurité des bâtiments.