

Février 2015

# **Contrat de Partenariat pour la réalisation du Pôle d'Echange Multimodal Montpellier – Sud de France**

## **Annexe 2**

### **Projet de base**

#### **6.3 Note sur les dispositions acoustiques OF**





CP – PEM – PARTIE 1 -PROPOSITION FINALE DE BASE  
05 MAI 2014

Groupelement ICADE – FONDEVILLE  
SECTION 2 MEMOIRE TECHNIQUE

6-CHAPITRE DEVELOPEMENT DURABLE  
6.3 NOTE SUR LES DISPOSITIONS ACOUSTIQUES

## SOMMAIRE

<b>1. GENERALITES .....</b>	<b>3</b>
1.1. Aspects acoustiques étudiés .....	3
1.2. Cadre réglementaire et contractuel .....	3
1.3. Cadre normatif .....	3
<b>2. OBJECTIFS .....</b>	<b>4</b>
2.1. Isolement acoustique entre locaux ( $D_{nT,A}$ ) .....	4
2.2. Niveau de bruit de chocs ( $L'_{nT,w}$ ) .....	4
2.3. Niveau de bruit des équipements techniques ( $L_{nAT}$ ) .....	4
2.4. Isolation vis-à-vis du bruit extérieur .....	5
2.5. Bruits émis dans l'environnement .....	5
2.6. Correction acoustique .....	6
<b>3. DISCUSSION DES OBJECTIFS DU PROGRAMME FONCTIONNEL .....</b>	<b>7</b>
<b>4. PRINCIPES DE SOLUTIONS .....</b>	<b>8</b>
4.1. Locaux des niveaux +19.00Ngf et +22.50Ngf .....	8
4.1.1. Voiles de façade .....	8
4.1.2. Menuiseries extérieures petits espaces - Eléments vitrés .....	8
4.1.3. Planchers .....	8
4.1.4. Cloisons et refends .....	8
4.1.5. Revêtements de sols .....	9
4.1.6. Menuiseries intérieures .....	9
4.1.7. Menuiseries extérieures halle .....	9
4.1.8. Faux plafonds .....	9
4.1.9. Habillage acoustique des locaux techniques .....	10
4.1.10. Traitement des équipements techniques .....	10
4.1.11. Vibrations dues aux passages des trains .....	10
4.1.1. Vibrations dues aux passages des tramways .....	11
4.2. Niveau 28.50 Ngf .....	11
4.2.1. Halle principale .....	11
4.2.2. Salles d'attente .....	18
4.2.3. Espaces de vente .....	18
4.2.4. Zones de restauration .....	18
4.2.5. Isolement de la halle contre les bruits en provenance des quais .....	19
4.3. Quais 19 .....	19
4.3.1. Correction acoustique .....	19
4.3.2. Ecrans acoustiques pour le bruit des trains sans arrêt .....	20
4.4. Propagation dans le voisinage .....	25

# 1. GENERALITES

## 1.1. Aspects acoustiques étudiés

La mission a pour objet l'étude prévisionnelle dans les domaines acoustiques suivants :

- Correction acoustique des salles.
- Isolement aux bruits aériens.
- Niveau de bruit de chocs.
- Bruits des équipements techniques (chauffage, ventilation, sanitaires, climatisation, électricité, groupe électrogène, ascenseurs,...).
- Isolement des façades et toitures aux bruits de l'environnement extérieur.
- Protection de l'environnement (rayonnement de l'enveloppe du bâtiment, bruit des équipements dans l'environnement).
- Vibrations liées aux circulations des trains de fret dans la gare.
- Intelligibilité à la parole des messages amplifiés.

## 1.2. Cadre réglementaire et contractuel

La mission a pour objectif le respect du programme acoustique et notamment celles des exigences réglementaires qui s'appliquent à l'opération :

- Code de la construction et de l'habitation
- Arrêté du 23 juin 1978, relatif aux installations fixes de chauffage et d'E.C.S
- Code de la santé publique, articles R1336-6 à R1336-10, relatifs à la lutte contre les bruits de voisinage
- Arrêté du 30 août 1990 relatif à la correction acoustique des locaux de travail.

## 1.3. Cadre normatif

L'isolement acoustique standardisé pondéré au bruit aérien  $D_{nT,A}$  entre deux locaux est évalué selon la norme NF EN ISO 717-1 (indice de classement S 31-032-1) comme étant égal à la somme de l'isolement acoustique standardisé pondéré  $D_{nT,w}$  et du terme d'adaptation C.

L'isolement acoustique standardisé pondéré,  $D_{nT,A,tr}$ , contre les bruits de l'espace extérieur est évalué selon la norme NF EN ISO 717-1 (indice de classement S 31-032-1) comme étant égal à la somme de l'isolement acoustique standardisé pondéré,  $D_{nT,w}$ , et du terme d'adaptation  $C_{tr}$ .

Le niveau de pression pondéré du bruit de choc standardisé,  $L'_{nT,w}$ , est évalué selon la norme NF EN ISO 717-2 (indice de classement S 31-032-2).

En ce qui concerne les bruits d'équipement, le niveau de pression acoustique normalisé,  $L_{nAT}$ , est évalué selon la norme NF S 31-057.

L'indice d'évaluation de l'absorption,  $\alpha_w$ , d'un revêtement absorbant est défini dans la norme NF EN ISO 11654 (indice de classement S 31-064) portant sur l'évaluation de l'absorption acoustique des matériaux utilisés dans le bâtiment.

La durée de réverbération d'un local,  $T_r$ , est mesurée selon la norme NF S 31-057.

Le niveau sonore émis dans l'environnement du projet est mesuré selon la norme NF S 31-010.

L'intelligibilité à la parole des messages diffusés est définie dans la norme NF EN 60849.

L'indice unique d'évaluation de l'absorption  $DL\alpha$  est défini dans la norme NF EN 1793-1.

L'indice unique d'évaluation de l'isolation aux bruits aériens  $DL_r$  est défini dans la norme NF EN 1793-2.

## 2. OBJECTIFS

### 2.1. Isolement acoustique entre locaux ( $D_{nT,A}$ )

Le chapitre 4.10 du programme prévoit les objectifs d'isolement au bruit aérien ( $D_{nT,A}$  en dB) présentés dans le Tableau A ci-dessous, extrait du programme :

<p>Local d'émission →</p> <p>Local de réception ↓</p>	Circulations internes	Autres locaux
Salles d'attente et locaux de service aux voyageurs	47	42
Bureaux, autres locaux où peuvent être présents des malades	42	42

Tableau A : Objectifs d'isolement acoustique ( $D_{nT,A}$  en dB) entre locaux (extrait du programme).

Par ailleurs, le chapitre 4.2.2 précise :

« L'isolement acoustique standardisé pondéré au bruit aérien de ces bureaux vis-à-vis des autres espaces de bureaux soit défini suivant  $D_{nTA} \geq 35$  dB. »

### 2.2. Niveau de bruit de chocs ( $L'_{nT,w}$ )

« Le niveau de pression pondéré du bruit de choc standardisé,  $L'_{nT,w}$  du bruit perçu dans un local autre qu'une circulation, un local technique, un local d'accueil du public, un sanitaire ou une salle d'attente ne doit pas dépasser les 60 dB lorsque des chocs sont produits sur le sol des locaux extérieurs à ce local, à l'exception des locaux techniques. »

### 2.3. Niveau de bruit des équipements techniques ( $L_{nAT}$ )

Le chapitre 4.10 précise :

« Le niveau de bruit ( $L_{nAT}$ ) engendré dans un local de service aux voyageurs par un équipement du bâtiment (extérieur au local) ne doit pas dépasser 30 dB(A).

Le niveau de bruit ( $L_{nAT}$ ) engendré dans un local de service aux voyageurs par un équipement hydraulique et sanitaire d'un local sanitaire voisin ne doit pas dépasser 35 dB(A).

Le niveau de bruit ( $L_{nAT}$ ) transmis par le fonctionnement d'un équipement collectif du bâtiment ne doit pas dépasser 35 dB(A) dans les bureaux et les salles d'attentes. »

Par ailleurs, le chapitre 4.2.2 précise :

« Le niveau de pression acoustique normalisé engendré par un équipement technique dans les espaces communs soit défini  $L_{nAT} \leq 45$  dB(A).

Le niveau de pression acoustique normalisé engendré dans les bureaux par un équipement technique soit défini  $L_{nAT} \leq 40$  dB(A). ».

## 2.4. Isolation vis-à-vis du bruit extérieur

Le projet sera situé à proximité de la future autoroute A9 bis. Le bruit de cette infrastructure de transport terrestre sera classé catégorie 1 ou 2 au titre de l'arrêté du 30 mai 1996 relatif au classement des infrastructures de transport terrestre et à l'isolement acoustique des bâtiments d'habitation. Le programme fonctionnel prévoit un objectif d'isolement de façade minimum à respecter sera :  $D_{nT,w} + C_{tr} \geq 30$  dB.

## 2.5. Bruits émis dans l'environnement

Le niveau de bruit généré par les équipements et activités du projet doit respecter les limites définies par le *décret n° 2006-1099 du 31 août 2006 relatif à la lutte contre les bruits de voisinage et modifiant le code de la santé publique*.

Ces limites sont basées sur le niveau résiduel du site corrigé d'un terme d'émergence dépendant de la période (jour ou nuit) et d'un terme correctif dépendant de la durée d'apparition du bruit dû au projet.

Le terme d'émergence limite est de + 5 dB(A) pour la période diurne (07h-22h) et de + 3 dB(A) pour la période nocturne (22h-07h).

Le terme correctif dépendant de la durée d'apparition du bruit perturbateur est indiqué dans le Tableau B suivant :

Durée cumulée d'apparition du bruit particulier	Terme correctif en dB(A)
$T \leq 1$ minute*	6
1 minute < $T \leq 5$ minutes	5
5 minutes < $T \leq 20$ minutes	4
20 minutes < $T \leq 2$ heures	3
2 heures < $T \leq 4$ heures	2
4 heures < $T \leq 8$ heures	1
8 heures < $T$	0

Tableau B : Termes d'occurrence, en dB.

Lorsque les équipements fonctionnent sur une durée supérieure à 8 heures par période, le terme correctif est nul.

Lorsque le bruit engendré par des équipements d'activités professionnelles est perçu à l'intérieur des pièces principales de tout logement d'habitation, fenêtres ouvertes ou fermées, l'émergence est également limitée à des valeurs spectrales : + 7 dB dans les bandes d'octave normalisées centrées sur 125 Hz et 250 Hz, +5 dB dans les bandes d'octave normalisées centrées sur 500 Hz, 1000 Hz, 2000 Hz et 4 000 Hz.

Toutefois, l'émergence globale et, le cas échéant, l'émergence spectrale ne sont recherchées que lorsque le niveau de bruit ambiant mesuré, comportant le bruit particulier, est supérieur à 25 dB[A] si la mesure est effectuée à l'intérieur des pièces principales d'un logement d'habitation, fenêtres ouvertes ou fermées, ou à 30 dB[A] dans les autres cas.

Sur la base des résultats de mesures qui réalisées in situ, les objectifs de niveaux de bruit ambiant limite admissibles émis par les équipements techniques du projet dans le voisinage seront définis conformément aux dires ci-dessus.

## 2.6. Correction acoustique

Les objectifs de durée de réverbération des locaux sont présentés dans le Tableau C ci-dessous.

Volume des locaux	Nature des locaux	Objectif de Tr moyen (500 à 2000 Hz) en s
$V \leq 250 \text{ m}^3$	Salle de restauration	$Tr \leq 0.8 \text{ s}$
	Salle de repos du personnel	$Tr \leq 0.8 \text{ s}$
	Local public d'accueil	$Tr \leq 1.2 \text{ s}$
	Salle d'attente et local de service aux voyageurs	$Tr \leq 0.8 \text{ s}$
$V \geq 250 \text{ m}^3$	Local et circulation accessible au public	$Tr \leq 1.2 \text{ s}$ si $250 \text{ m}^3 < V \leq 512 \text{ m}^3$ $Tr \leq 0.15 \sqrt[3]{V}$ si $V > 512 \text{ m}^3$

Tableau C : Objectifs de durée de réverbération.

L'aire d'absorption dans les circulations communes et les halls publics intérieurs doit représenter au moins un tiers de la surface au sol de ces locaux.

L'aire d'absorption équivalente A d'un revêtement absorbant est donné par la formule :

$$A = S \times \alpha_w$$

Où S désigne la surface du revêtement absorbant.

Et  $\alpha_w$  son indice d'évaluation de l'absorption.

Les circulations ayant une face à l'air libre, les escaliers encloisonnés et les ascenseurs ne sont pas visés par cet article.

### 3. DISCUSSION DES OBJECTIFS DU PROGRAMME FONCTIONNEL

Au regard des objectifs cités dans le chapitre 2 issus du programme fonctionnel de l'opération, un certain nombre de contradictions apparaissent.

En effet, en ce qui concerne l'isolement au bruit aérien ( $D_{nT,A}$  en dB), il est demandé au chapitre 4.2.2 un isolement  $D_{nT,A} \geq 35$  dB entre bureaux alors qu'à la lecture du chapitre 4.10, celui-ci laisse comprendre que l'isolement devrait être  $D_{nT,A} \geq 42$  dB. De plus l'isolement demandé entre les circulations internes et les salles d'attente et locaux de service aux voyageurs ( $D_{nT,A} \geq 47$  dB) est bien et très contraignant.

En ce qui concerne l'isolement vis-à-vis de l'extérieur, en se confortant à un objectif d'isolement de façade minimum  $D_{nT,w} + C_{tr} \geq 30$  dB, celui-ci ne tient pas compte de la future autoroute A9 bis et ne permettra donc pas d'assurer un niveau de bruit confortable dans les bureaux et les espaces de l'ouvrage.

En ce qui concerne le niveau de bruit des équipements ( $L_{nAT}$ ), il est demandé au chapitre 4.2.2 que : « Le niveau de pression acoustique normalisé engendré par un équipement technique dans les espaces communs (publics) soit défini  $L_{nAT} \leq 45$  dB(A). » or il est stipulé dans le chapitre 4.10 que : « Le niveau de bruit ( $L_{nAT}$ ) de bruit engendré dans un local de service aux voyageurs par un équipement du bâtiment (extérieur au local) ne doit pas dépasser 30 dB(A). » et que : « Le niveau de bruit ( $L_{nAT}$ ) de bruit engendré dans un local de service aux voyageurs par un équipement hydraulique et sanitaire d'un local sanitaire voisin ne doit pas dépasser 35 dB(A). »

De plus le chapitre 4.2.2 stipule que : « Le niveau de pression acoustique normalisé engendré dans les bureaux par un équipement technique soit défini  $L_{nAT} \leq 40$  dB(A). ». Alors que le chapitre 4.10 préconise que : « Le niveau de bruit ( $L_{nAT}$ ) de bruit transmis par le fonctionnement d'un équipement collectif du bâtiment ne doit pas dépasser 35 dB(A) dans les bureaux et les salles d'attentes. »

Du fait de ces contradictions, les éléments les plus contraignants ont été pris en compte dans cette notice. Une discussion s'avère cependant nécessaire pour les phases d'étude suivantes.



## 4. PRINCIPES DE SOLUTIONS

### 4.1. Locaux des niveaux +19.00Ngf et +22.50Ngf

Cette partie du bâtiment comporte les locaux ; de transfert de fond, d'entretien des trains, d'avitaillement trains, techniques, de coupure, de service logistique, communs d'exploitation, de gestion plateforme et escale.

#### 4.1.1. Voiles de façade

- L'indice d'affaiblissement  $R_w + C_{tr}$  des voiles de façades, devra être supérieur ou égal à 50 dB.

#### 4.1.2. Menuiseries extérieures petits espaces - Eléments vitrés

- Afin d'assurer des niveaux sonores confortables dans les petits espaces (hall d'accueil, salles d'attente, bureaux...), les menuiseries extérieures et parties vitrées devront présenter un indice d'affaiblissement  $R_w + C_{tr}$  des supérieur ou égal à 33 dB. Ces calculs ont été effectués en prenant en compte le bruit ferroviaire ainsi que le bruit routier en provenance de l'autoroute.
- Dans le cas des bureaux donnant directement sur l'autoroute, leur distance à la voie est de 25 m. en l'absence d'écran l'isolement de façade nécessaire serait de  $D_{nTA,tr} > 37$  dB. Un calcul détaillé sera mené pendant les phases ultérieures et montrera l'efficacité de l'écran pour chaque fenêtre. Il permettra de revoir à la baisse cette valeur selon la configuration locale.

#### 4.1.3. Planchers

Le plancher entre le niveau +19.00Ngf et +22.50Ngf devra permettre le respect des contraintes de niveau de bruit de fond entre les locaux techniques et l'ensemble des locaux supérieurs (bureaux, salle de détente...) et sera réalisé en béton plein (épaisseur à définir en fonction des puissances acoustiques des équipements).

#### 4.1.4. Cloisons et refends

Les refends seront réalisés en béton ou en maçonnerie (agglos).

Le principe général de cloisonnement de distribution pourra être de type plaques de plâtres sur ossature.

Afin de répondre aux objectifs fixés, l'indice d'affaiblissement des cloisons ( $R_A$  en dB) devra respecter les valeurs minimales indiquées dans le Tableau D.

<div>Local d'émission →</div> <div>Local de réception ↓</div>	Circulations internes	Autres locaux
Salles d'attente et locaux de service aux voyageurs	50	45
Bureaux, autres locaux ou peuvent être présents des voyageurs	45	45

Tableau D : Indice d'affaiblissement des cloisons ( $R_A$  en dB) à respecter.

Les cloisons présentant un indice d'affaiblissement  $R_A \geq 45$  dB pourront être de type D98/62 avec laine minérale de marque LAFARGE ou équivalent.

Les cloisons présentant un indice d'affaiblissement  $R_A \geq 50$  dB pourront être de type D120/70 avec laine minérale ou de type D98/48 BA25TWIN avec laine minérale de marque LAFARGE ou équivalent.

#### 4.1.5. Revêtements de sols

Les revêtements de sols de ces locaux devront permettre le respect des contraintes de bruit de chocs définis dans le programme fonctionnel et technique. Il pourra être envisagé des revêtements de sols souple avec sous couche acoustique (PVC, caoutchouc ou linoléum) ou de type sols durs scellés sur chape avec interposition d'une sous couche résiliente.

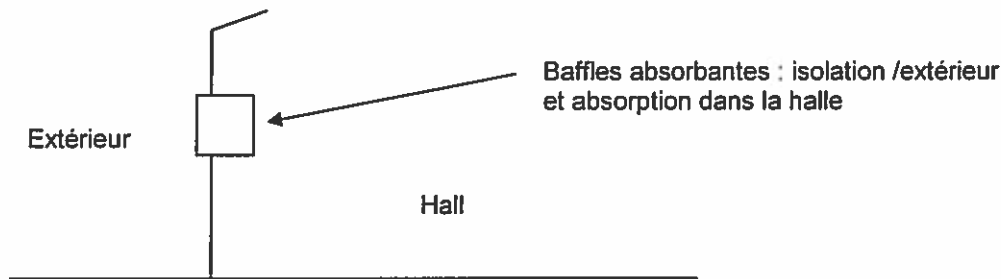
#### 4.1.6. Menuiseries intérieures

Afin de respecter les objectifs d'isolement fixés dans le chapitre 2.1, les menuiseries intérieures devront présenter un indice d'affaiblissement  $R_A \geq 40$  dB sur circulation.

#### 4.1.7. Menuiseries extérieures halle

Pour le respect de l'isolement de façade, les menuiseries extérieures doivent présenter un indice d'affaiblissement  $R_w + C_{tr} \geq 34$  dB (dans l'hypothèse d'une surface vitrée de 100 %, valeur à ajuster avec l'avancement du projet et d'un objectif confirmé à 30 dB).

Les façades Est et Ouest présentent une ouverture située à 3,50 m ou 5m de hauteur et d'une hauteur de 1,50 m nécessaire pour la ventilation de la halle. Non traitée, cette ouverture ne permettra pas de respecter l'objectif de  $D_{nTA,tr} = 30$  dB. Un traitement à base de baffles acoustiques placés dans l'ouverture permettra de respecter un affaiblissement au niveau de l'ouverture de l'ordre de 25 dB et ce faisant un isolement global supérieur à 30 dB. L'objectif global sera ainsi respecté. Ces baffles cumuleront deux fonctions en participant également au traitement absorbant de la halle :



#### 4.1.8. Faux plafonds

La correction acoustique de l'ensemble de ces locaux, y compris circulation horizontale pourra réalisée :

- A l'aide de faux plafonds absorbants de type OPTA A de marque ECOPHON ou équivalent ( $\alpha_w \geq 0.90$ ).
- A l'aide de faux plafonds en plaque de plâtre perforés ou métal perforé ( $\alpha_w \geq 0.70$ ).
- A l'aide d'îlots acoustiques suspendus.

## 4.1.9. Habillage acoustique des locaux techniques

Afin de limiter la propagation du bruit émis par les locaux techniques vers l'extérieur, une correction acoustique sera réalisée. Elle représentera la totalité de la surface au sol et pourra être assurée à l'aide de panneaux rigides en laine de roche de type ROCKFEU REI 240 RsD (épaisseur 100 mm) de marque ROCKWOOL ou équivalent. En tout état de cause, les panneaux présenteront un coefficient d'absorption  $\alpha_w \geq 0,95$ .

## 4.1.10. Traitement des équipements techniques

Tous les dispositifs techniques seront mis en œuvre afin de contrôler le bruit et les vibrations induits par les équipements CVC à l'intérieur des locaux et dans l'environnement, afin de respecter les objectifs réglementaires.

Dans ce cadre, les principes suivant seront respectés (liste non exhaustive) :

- Appuis anti-vibratiles
- Colliers et manchons anti-vibratiles
- Silencieux / pièges à sons
- Grilles acoustiques
- Ecrans, capots...
- Flexible acoustique en fin de réseaux

## 4.1.11. Vibrations dues aux passages des trains

Afin d'estimer le niveau sonore susceptible d'être émis dans un local type par les vibrations dues aux circulations de trains de fret, un modèle de calcul a été établi avec les hypothèses suivantes :

- Local type de dimensions 5 m x 4 m x 2.5 m
- Local moyennement réverbérant (durée de réverbération de 1 seconde à 500 Hz)
- Parois du local : béton au sol, au plafond et sur deux murs + deux cloisons en plaques de plâtre
- Niveau d'accélération pris en compte : mesuré par Acoustique & Conseil le long de la voie ferrée Béziers - Montpellier (cf. Figure 1).

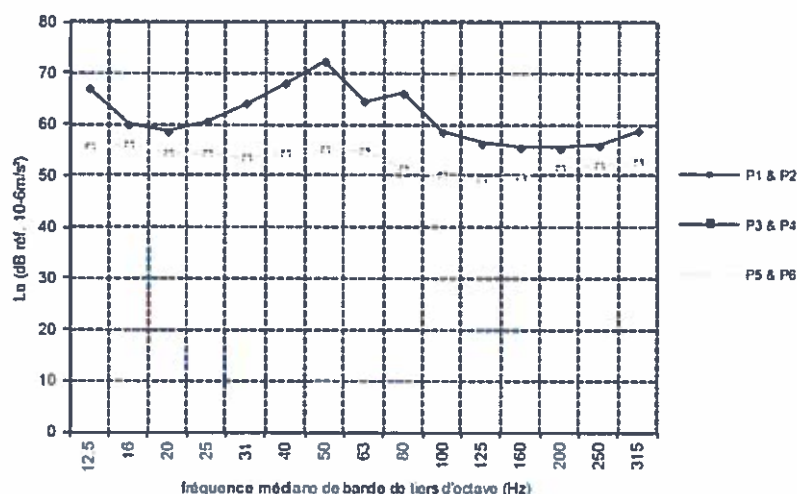


Figure 1 : Niveaux d'accélération moyen, en dB réf.  $10^{-6}$  m/s<sup>2</sup>, mesuré en bordure de la voie ferrée Béziers - Montpellier.

Cette pré-analyse aboutit à un niveau de pression acoustique de 35 à 38 dB(A).

En l'absence de locaux très sensibles du point de vue de l'acoustique sur la dalle, le traitement vibratoire n'apparaît pas indispensable. Cependant, à titre de précaution et selon l'évolution possible de l'usage des locaux, des appuis antivibratoires sont néanmoins prévus en tête de poteau. Ceci sera analysé en détail dans la suite des études.

### 4.1.1. Vibrations dues aux passages des tramways

Les tramways circulent sur la dalle et sont également susceptibles de perturber les activités des locaux de la gare. Compte tenu de la très faible vitesse des tramways qui s'arrêtent tous devant la gare et de l'absence de locaux très sensibles du point de vue de l'acoustique sur la dalle, le traitement vibratoire n'apparaît pas indispensable. Cependant, à titre de précaution, un traitement antivibratoire au niveau des voies devra être envisagé soit sous forme de pose avec semelles résilientes entre les rails et les traverses voire sous les traverses (gain d'environ 10 dB), soit sous forme de pose sur dalle flottante (gain d'environ 20 dB). Ceci sera analysé en détail dans le cadre des études du tramway.

## 4.2. Niveau 28.50 Ngf

### 4.2.1. Halle principale

La halle principale est un grand volume dont la réverbération acoustique, si elle n'est pas contrôlée, sera très importante, rendant son occupation inconfortable et la transmission de messages sonores difficilement intelligibles. Le programme définit ainsi un objectif de durée de réverbération pour les grands volumes. Compte tenu du volume de la halle, d'environ 50 000 m<sup>3</sup>, et de l'objectif défini dans le programme acoustique, soit une durée de réverbération,  $T_r \leq 0,15 \times V^{1/3}$ , la valeur maximale de durée de réverbération à respecter est de 5.5 secondes.

Le traitement du plafond étant très partiel, nous avons étudié en détail l'ensemble des traitements complémentaires permettant de respecter l'objectif programme. Ces traitements sont décrits ci-dessous.

#### 4.2.1.1. Traitement des poutres transversales.

Il s'agit du traitement principal qui ne peut être écarté. Pour chaque poutre, sur une largeur de 3,5 m, il est prévu d'installer là où il n'y a pas de verre des caissons acoustique de taille identique au verre (40 cm par 20 cm). Il y a 8.064 caissons ainsi traités. Le traitement sera sous forme de voile acoustiquement transparent (texaa ou équivalent) + laine minérale d'épaisseur 5 cm. La surface totale correspondante est de 600 m<sup>2</sup>.

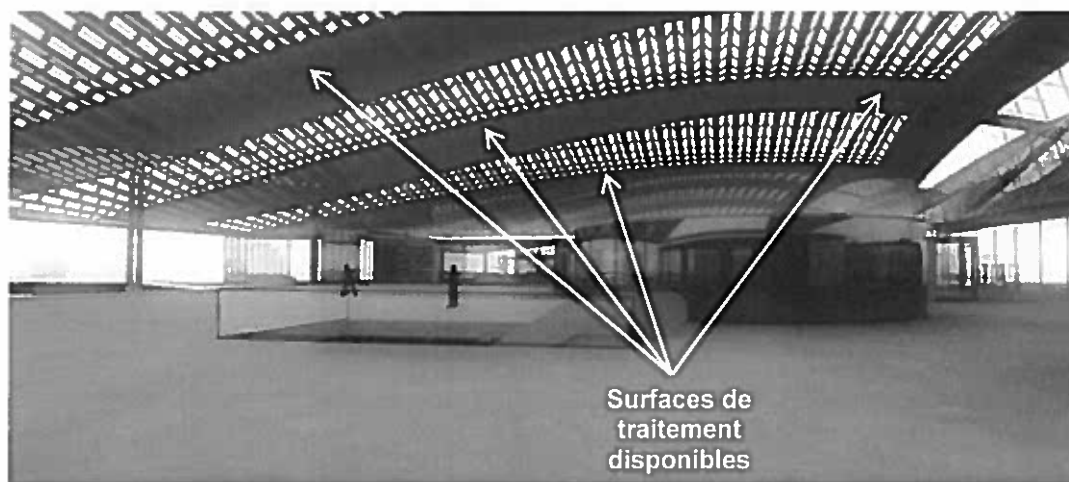


Figure 2 : traitement des poutres transversales dans la halle principale.

#### 4.2.1.2. Traitement des poutres longitudinales

Les poutres longitudinales Est et Ouest peuvent faire l'objet d'un traitement similaire sur une largeur d'environ 2m par la longueur du hall (78 m). La longueur acoustiquement active est cependant diminuée des zones correspondant aux poutres transversales (environ 20 m). La surface ainsi traitée est donc de 250 m<sup>2</sup>.

#### 4.2.1.3. Traitement des parois des commerces

Les commerces sont des boîtes fermées placées sous la mezzanine. Il n'est donc pas possible de traiter leur couverture. On traitera alors les parois verticales disponibles. En première approche, on considérera que 40 % des parois pourront recevoir un traitement absorbant. La longueur totale disponible est d'environ 150 m et la hauteur 3m. La surface ainsi traitée est d'environ 180m<sup>2</sup>.

#### 4.2.1.4. Traitement du garde-corps de la mezzanine

Au niveau du garde-corps de la mezzanine, il est possible de traiter de manière absorbante le garde-corps sur une hauteur d'environ 1m. La surface ainsi traitée est d'environ 150m<sup>2</sup>.

#### 4.2.1.5. Traitement du plafond sous la mezzanine

Au niveau des entrées dans le hall, il est prévu également de traiter le plafond sous la mezzanine de manière absorbante.

#### 4.2.1.6. Mobilier

Enfin, le mobilier peut être exploité pour introduire de nouvelles surfaces absorbantes. Si leurs dimensions restent modestes, leur proximité avec le public améliore d'autant leur efficacité. On peut identifier les éléments suivants : Mats polyvalents : prévus pour l'éclairage et le support de divers éléments, ils pourraient porter également des panneaux acoustiquement absorbants

Panneaux d'affichage : ces écrans pourraient être prolongés en hauteur par des panneaux acoustiquement absorbants.

Brazeros : ces éléments de chauffage de proximité pourraient être surmontés d'un élément de forme similaire mais assurant également une absorption acoustique.

La surface totale ainsi traitée – sans prendre en compte les surfaces placées devant celles déjà rendues absorbantes (parois des commerces) doit être supérieure à 500 m<sup>2</sup>.

#### 4.2.1.7. Modélisation et résultats

En ce qui concerne le hall principal de la gare ainsi que ses locaux associés (salle de restauration, espace détente et espace de vente), un premier modèle de simulation 3D a été réalisé à l'aide du logiciel SKETCHUP® et implanté au logiciel de simulation en acoustique des salles CATT ACOUSTIC®. Ce modèle permettra par la suite d'intégrer des hauts parleurs et étudier ainsi l'intelligibilité des messages sonores dans ces espaces. Ce même type d'étude pourra être réalisé au niveau des quais.

Avec les principes de traitement décrits précédemment, une durée de réverbération moyenne de 4 secondes est attendue (moyenne arithmétique des valeurs dans les bandes d'octave 500, 1000 et 2000 Hz). L'objectif de 5.5 s est ainsi respecté.

Des calculs de la durée de réverbération et de l'intelligibilité à la parole au sens du STI (Speech Transmission Index) ont ainsi été réalisés.

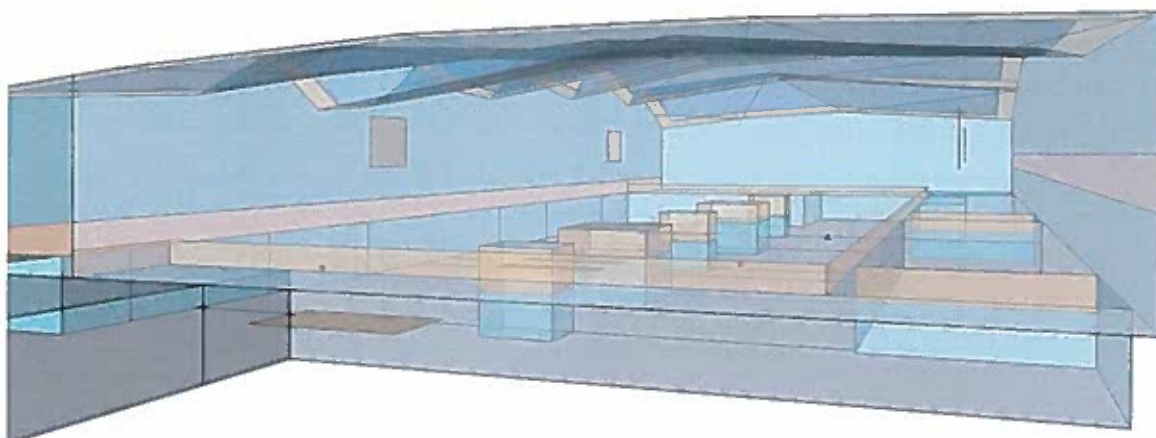
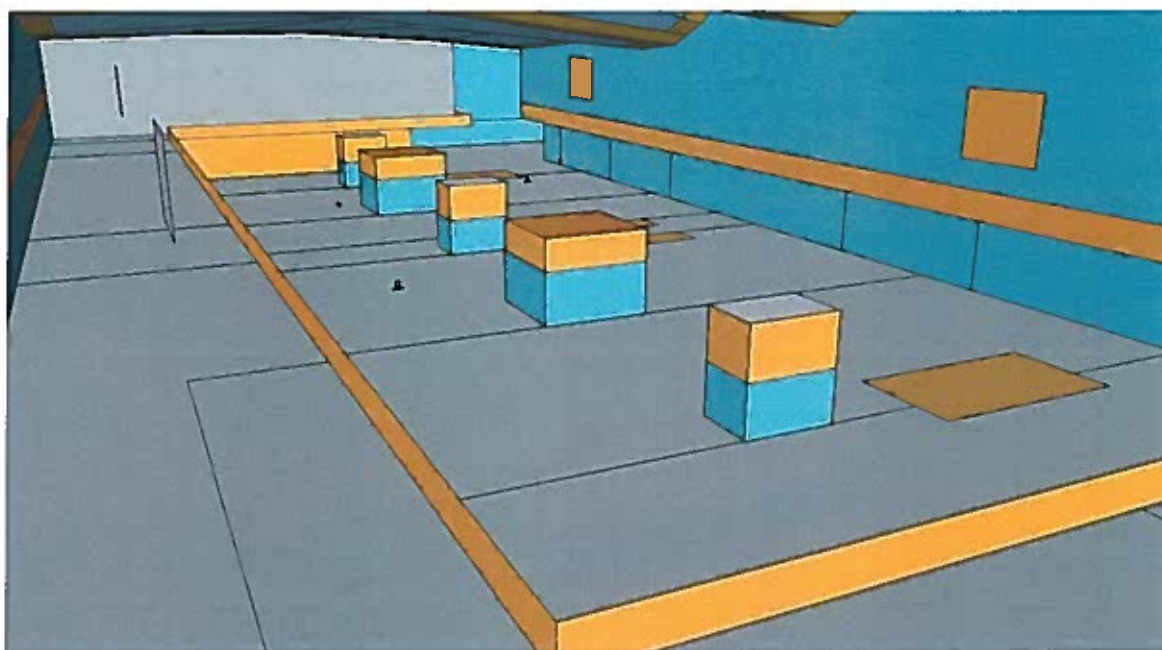


Figure 3 : Modèle 3D réalisé sous SKETCHUP. Les matériaux absorbants sont présentés en orange.



## Résultats concernant la durée de réverbération :

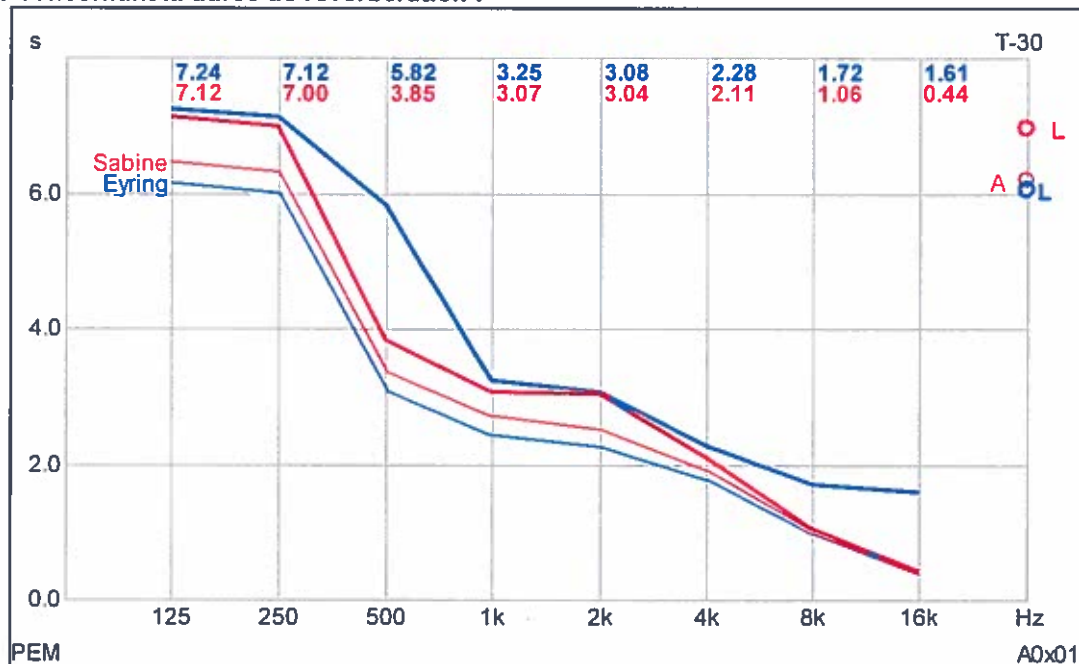
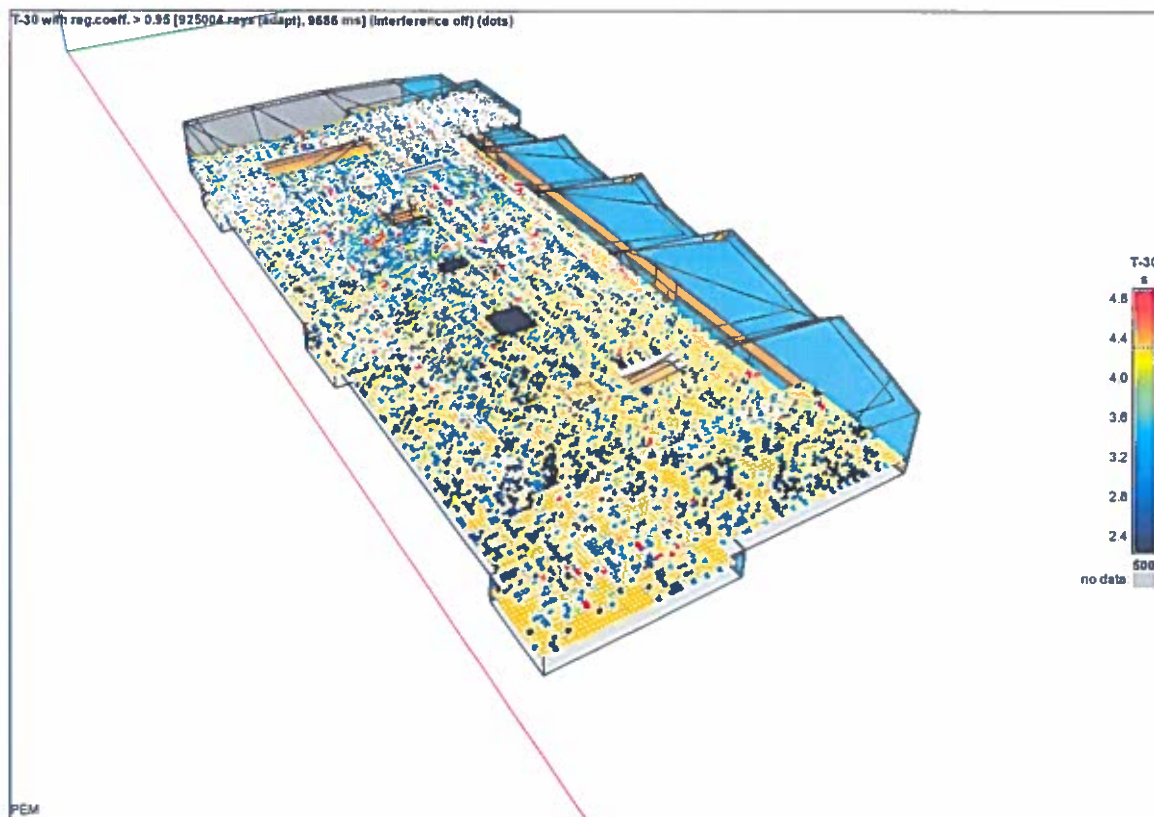


Figure 4 : Résultats des simulations – Durée de réverbération.

La durée de réverbération moyenne 500-1000-2000 vaut donc 4.5 s selon le modèle le plus pessimiste (courbe bleue) pour un objectif de 5.5s. Les autres valeurs calculées et les valeurs statistiques Sabine et Eyring sont toutes conformes à l'objectif.

Les cartes suivantes montrent la durée de réverbération calculée en différents points de la salle. Cette réverbération est homogène grâce à la bonne répartition des matériaux absorbants :



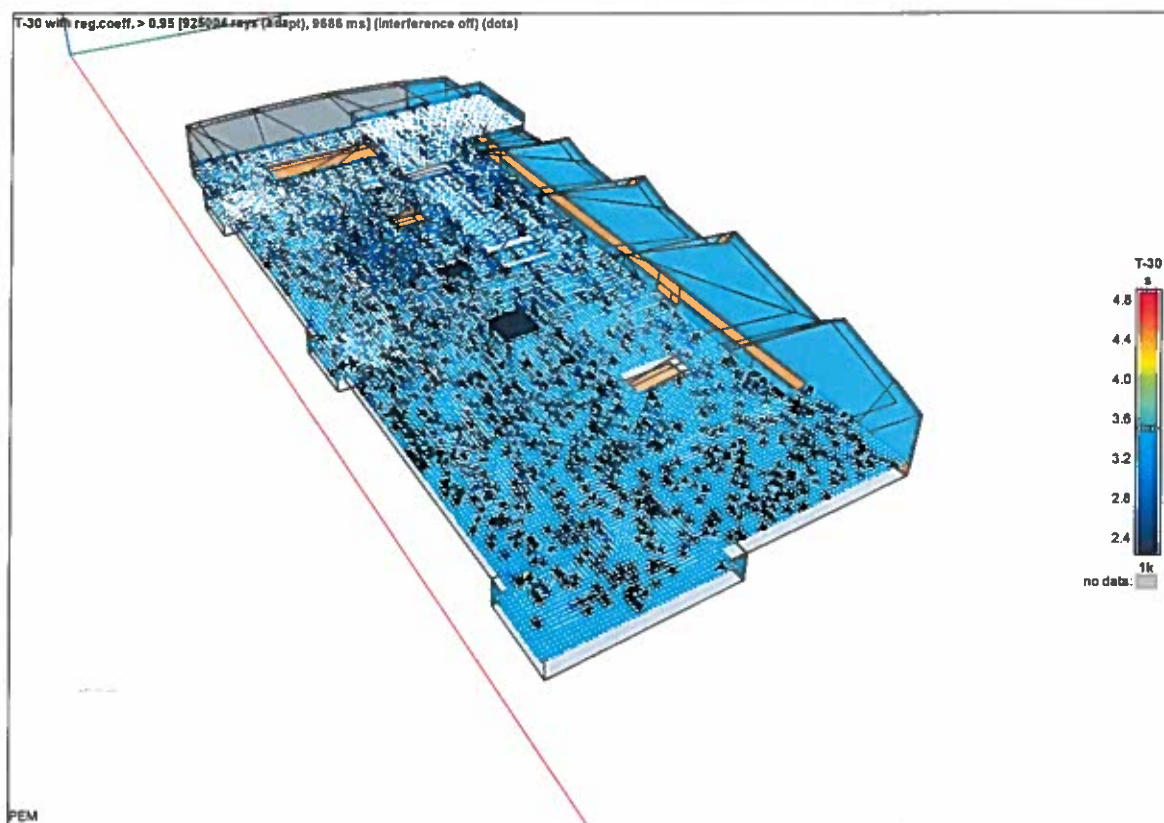


Figure 6 : Résultats des simulations – Cartographie de durée de réverbération à 1000 Hz.

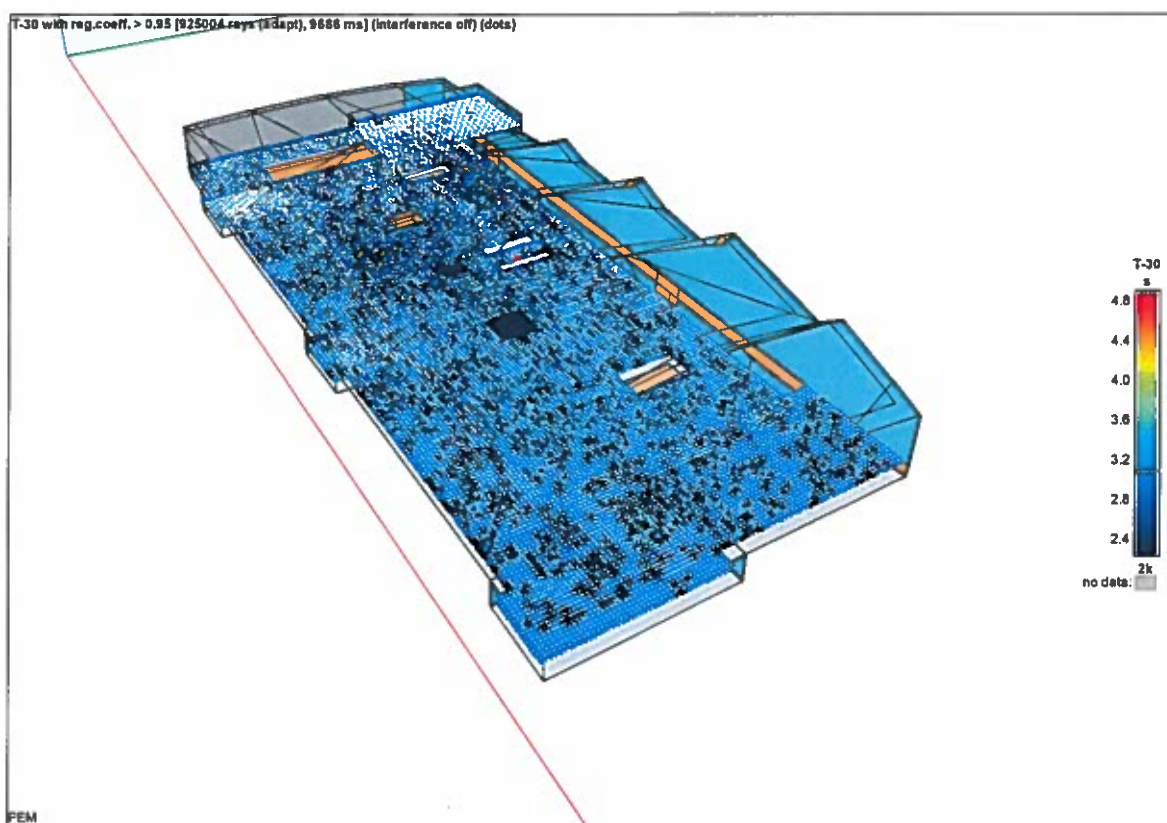


Figure 7 : Résultats des simulations – Cartographie de durée de réverbération à 2000 Hz.



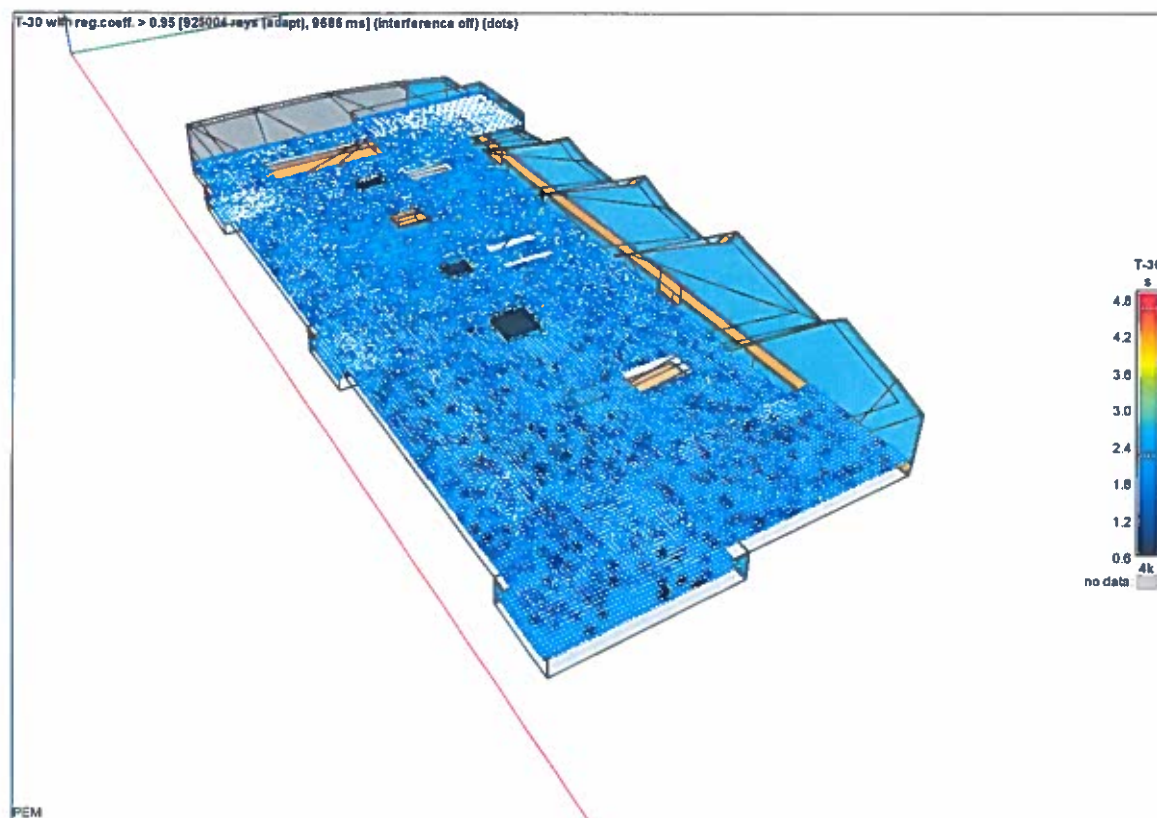
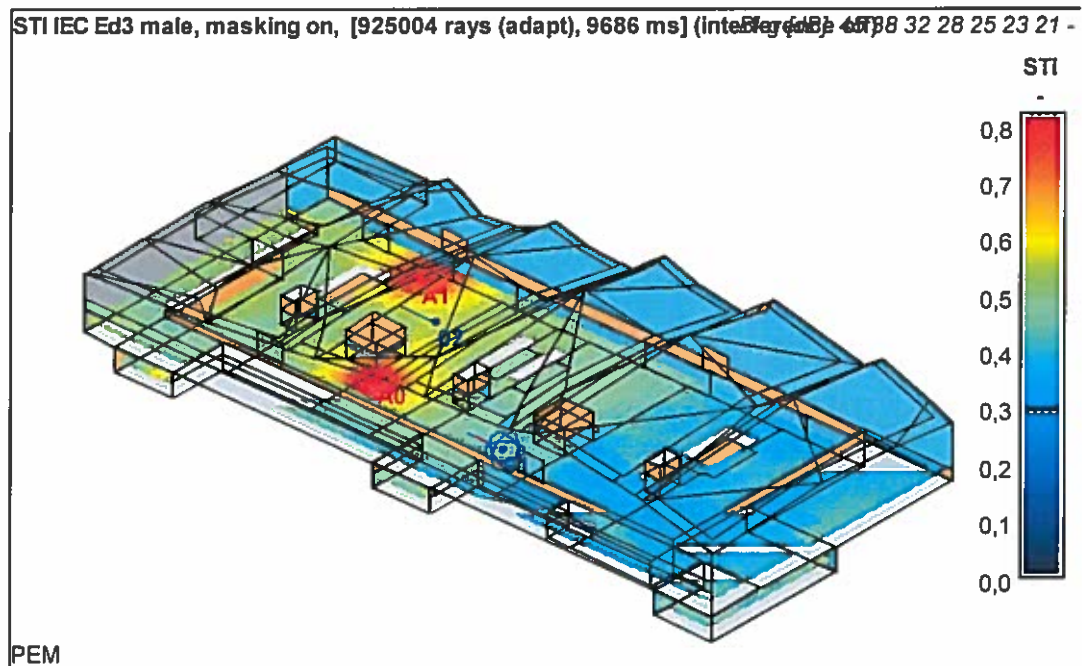
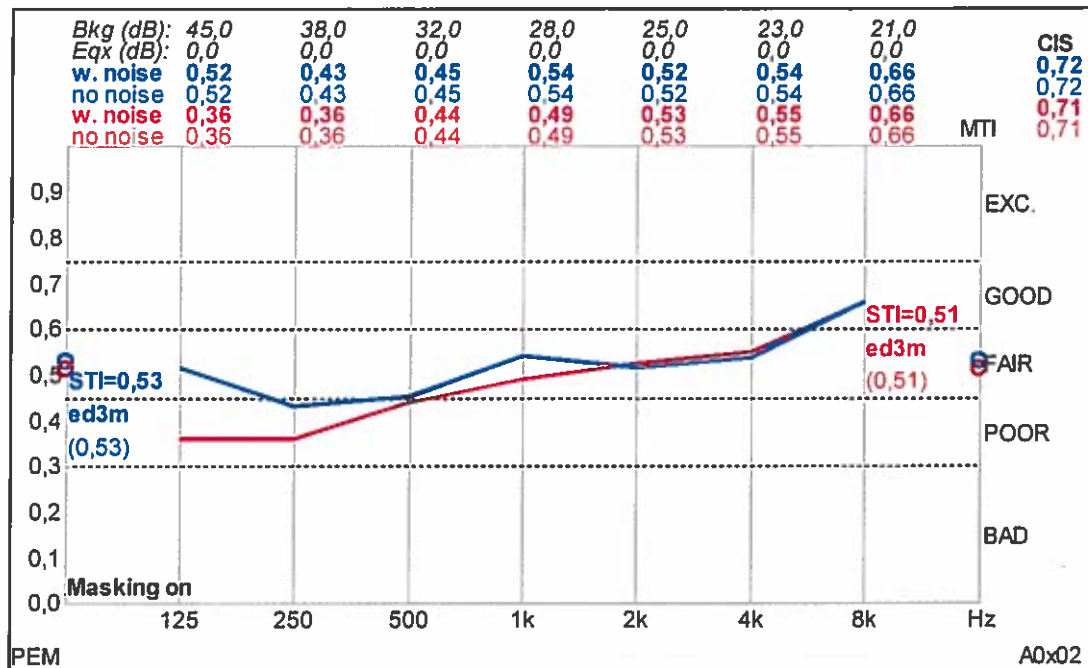


Figure 8 : Résultats des simulations – Cartographie de durée de réverbération à 4000 Hz.

### Résultats concernant l'intelligibilité de la parole :



On constate que le STI en acoustique naturelle est proche de 50% dans la quasi-totalité du hall. Une sélection et une mise en œuvre judicieuse du système de sonorisation permettront donc l'obtention d'une intelligibilité des messages amplifiés largement supérieure à 0.70 sur l'échelle commune d'intelligibilité (cf. norme NF EN 60849) et donc de bonne qualité.

## 4.2.2. Salles d'attente

La correction acoustique des salles d'attentes (zones travail, zones enfants, zones confort) seront réalisées soit :

- A l'aide de faux plafonds absorbants de type OPTA A de marque ECOPHON ou équivalent.
- A l'aide de faux plafonds en plaque de plâtre perforés ou métal perforé.

En plus du faux plafond présentant un indice d'évaluation de l'absorption  $\alpha_w \geq 0.7$ , des panneaux muraux et des ilots acoustiques suspendus seront mis en œuvre afin d'améliorer le confort acoustique dans ces locaux, ils pourront être constitués de laine minérale ou de bois perforé.

## 4.2.3. Espaces de vente

La correction acoustique des espaces de vente seront réalisées soit :

- A l'aide de faux plafonds absorbants de type OPTA A de marque ECOPHON ou équivalent.
- A l'aide de faux plafonds en plaque de plâtre perforés ou métal perforé.

En plus du faux plafond présentant un indice d'évaluation de l'absorption  $\alpha_w \geq 0.7$ , des ilots acoustiques et des panneaux muraux seront disposés au plus près des zones de dialogue (guichets, bureaux...) afin d'améliorer l'intelligibilité le confort acoustique dans ces locaux. Ils pourront être constitués de laine minérale ou de bois perforé.

## 4.2.4. Zones de restauration

La correction acoustique des zones de restauration sera réalisées soit :

- A l'aide de faux plafonds absorbants de type OPTA A de marque ECOPHON ou équivalent.
- A l'aide de faux plafonds en plaque de plâtre perforés ou métal perforé.

En plus du faux plafond présentant un indice d'évaluation de l'absorption  $\alpha_w \geq 0.7$ , des ilots acoustiques suspendus et des panneaux muraux seront disposés au plus près des zones de dialogue (guichets, bureaux...) afin d'améliorer l'intelligibilité le confort acoustique dans ces locaux. Les panneaux muraux pourront être constitués de laine minérale ou de bois perforé.

## 4.2.5. Isolement de la halle contre les bruits en provenance des quais

Des bruits importants peuvent être générés sur les quais, soit au passage des trains à grande vitesse, soit lors des annonces sonores sur les quais.

Il est donc souhaitable d'isoler autant que possible le hall de ces bruits. Deux ouvertures sont concernées :

### 4.2.5.1. Traitement des escalators

Les escalators sont autant d'ouverture sur les quais et sont donc susceptibles de laisser pénétrer les bruits des trains et annonces dans le hall.

Un sas acoustique est donc prévu sous forme d'un traitement des parois latérales des escalators sur une hauteur de 2.50 m (2m au niveau du plancher + 50 cm de retombée).

### 4.2.5.2. Ouvertures de ventilation

Pour raison de ventilation, la baie vitrée est ouverte sur une hauteur de 1,50 m entre 3.5 et 5 m au-dessus du sol du hall. Un traitement spécifique devra être prévu pour limiter le bruit entrant par cette ouverture : création d'un écran ou traitement acoustique des ventelles.

## 4.3. Quais

### 4.3.1. Correction acoustique

Afin de respecter les objectifs de durée de réverbération, d'optimiser l'intelligibilité de la parole transmise par la sonorisation, pour le confort acoustique sur les quais et pour limiter les niveaux sonores en provenance des trains traversant la gare sans s'arrêter ou de l'autoroute, des matériaux absorbants seront mis en œuvre. Ce traitement acoustique pourra être réalisé à l'aide de plaques de béton de fibre mis en œuvre horizontalement en fond de plafond (cf. Figure 9). Environ 75 % de la surface totale du plafond sera ainsi traitée.

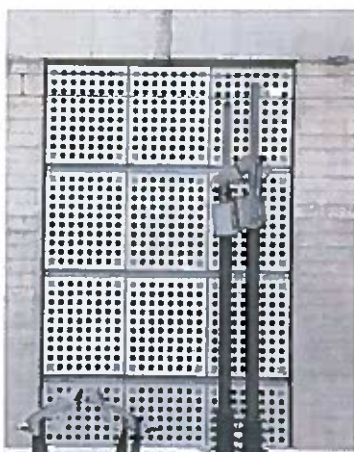


Figure 9 : Plaques de béton de fibre absorbantes.

Une étude approfondie sera réalisée afin d'optimiser l'intelligibilité à la parole et l'écoute des systèmes de diffusion sonore en tout point des quais.

## 4.3.2. Ecrans acoustiques pour le bruit des trains sans arrêt

Afin de limiter le niveau sonore émis par la circulation des trains sans arrêt (TGV et fret) sur les quais et au niveau des autres zones extérieures accessibles au public, des écrans acoustiques seront mis en œuvre le long des voies (cf. Figure 10 et Figure 11).

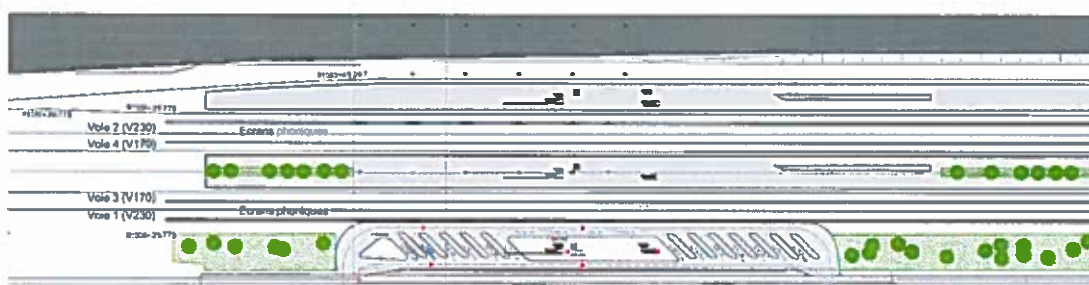


Figure 10 : Mise en œuvre de protections phoniques le long des voies - Vue en plan.

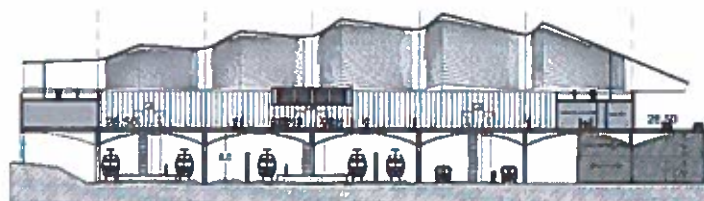


Figure 11 : Mise en œuvre de protections phoniques le long des voies - Vue en coupe.

La constitution et l'implantation de ces écrans permettront de protéger le public vis-à-vis des sources sonores suivantes :

- Bruit de contact roue-rail, principale source du bruit des trains classiques.
- Bruit aérodynamique pour les TGV.
- Bruit de crissement en freinage.

Ils présenteront les caractéristiques acoustiques minimales suivantes :

- Absorbant sur les deux faces.
- Indice unique d'évaluation de l'absorption : catégorie A4 (selon la norme NF EN 1793-1) soit  $DL_{\alpha} \geq 11$  dB.
- Indice unique d'évaluation de l'isolation aux bruits aériens : catégorie B3 (selon la norme NF EN 1793-2) soit  $DL_r \geq 24$  dB.
- Hauteur : environ 2 m (à optimiser).

Les écrans pourront être constitués de cassettes de type CYCLEFOAM de marque DECEUNINCK ou techniquement équivalent (cf. Figure 12).

#### SERALE

Liste de 4 (ou 5) éléments principaux :  
 )  
 acoustique, épaisseur 60 mm (B)

(D)  
 vec rainures)

ments constituent une cassette acoustique  
 aspe et 50 cm de haut. Le remplissage absorbant  
 ce par la géométrie interne de la face avant et arrière.  
 ère sont fixées l'une à l'autre par des vis  
 auventrale à côté).

figue de la face arrière est pourvue de rainure et  
 angue offre une performance acoustique  
 : accumulation de cassettes afin de créer un mur  
 ien horizontal de l'ensemble.

l'écran acoustique est réalisé par empilement  
 aux en acier HEA.

ours réalisé avec la face perforée orientée vers  
 en outre peut être réalisée horizontalement et

B: remplissage absorbant acoustique

D: Clips en acier inoxydable

C: Face avant perforée

A: Structure de support

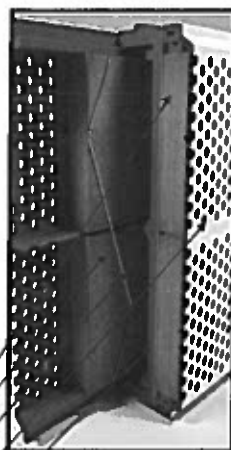


Figure 12 : Principe constitutif des protections phoniques le long des voies.

Afin de s'assurer de l'efficacité de ces protections phoniques, des premières simulations ont été réalisées à l'aide du logiciel PREDICTOR de marque BRUEL & KJAER.



#### 4.3.2.1. Impact sur le bruit ferroviaire

Ces simulations montrent que la mise en œuvre des écrans permet une atténuation du niveau global de 13 à 30 dB au niveau des quais (cf. Figure 13).

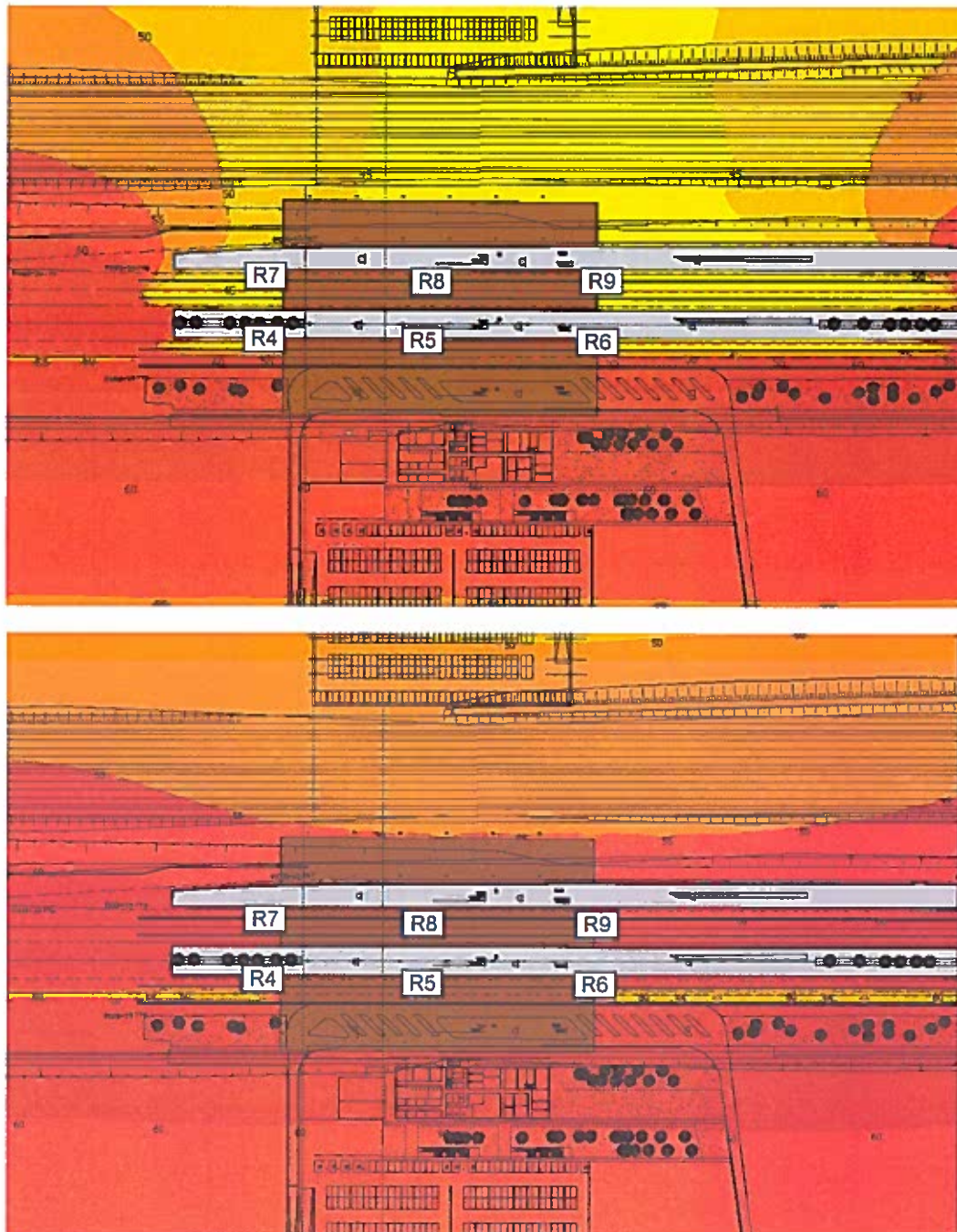


Figure 13 : Cartes de bruit réalisées à l'aide du logiciel PREDICTOR avec (en haut) et sans protection phonique (en bas) pour une source de bruit ferroviaire. L'échelle de niveau sonore est relative et non absolue.

#### 4.3.2.2. Protection contre le bruit en provenance de l'autoroute

Etant donné la présence d'une infrastructure de transport terrestre de catégorie 1 (autoroute) aux abords de la gare, il est nécessaire de mettre en œuvre un écran acoustique au niveau de la dernière voie (cf. Figure 10). En effet sans traitement acoustique, le niveau sonore en provenance de l'autoroute serait de 75 dB(A) au niveau du premier quai.

Le traitement retenu est sous forme de merlon d'une hauteur de 3 m loin de la gare, hauteur augmentant progressivement jusqu'à 4 m en s'approchant de la gare. Le merlon vient alors s'adosser au bâtiment qui participe ainsi également de l'effet d'écran

Merlon de hauteur variable permettant de protéger les quais du bruit en provenance de l'autoroute

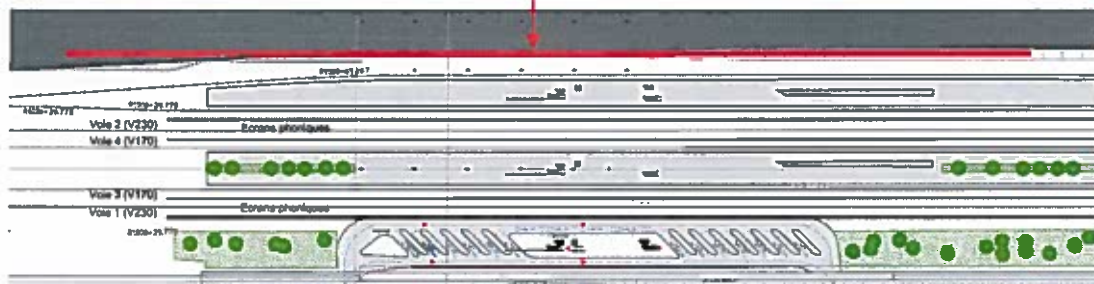
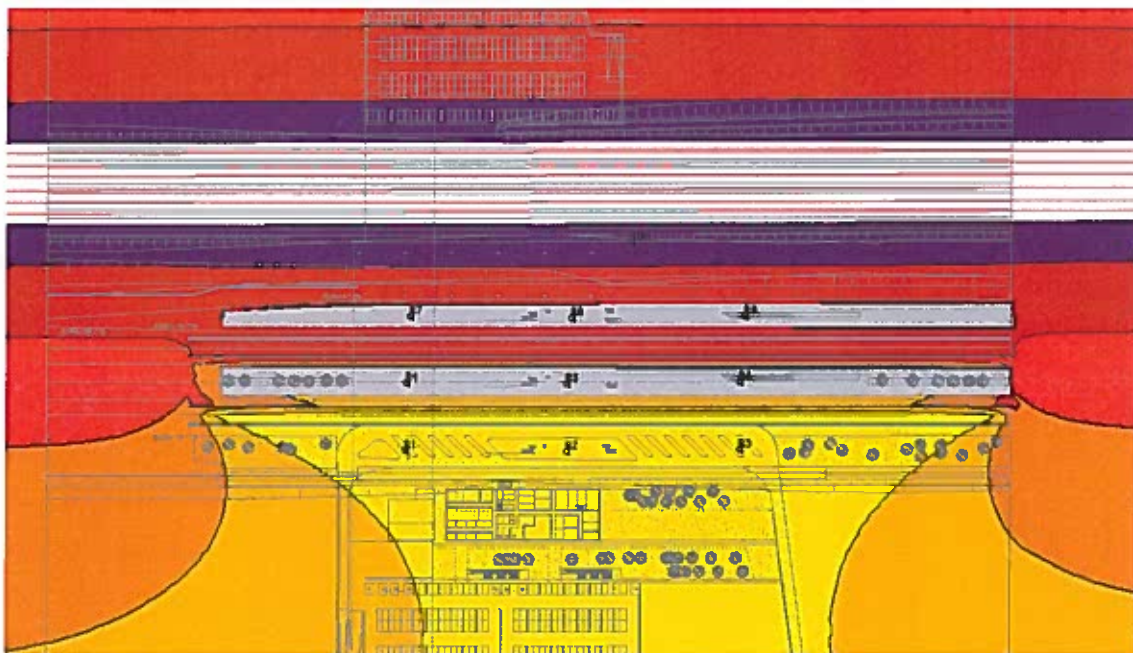


Figure 14 : Mise en œuvre de protections phoniques le long des voies - Vue en plan.

Les simulations ont montré que le gain obtenu avec un talus d'une hauteur de 3m serait d'environ 10 dB(A) :





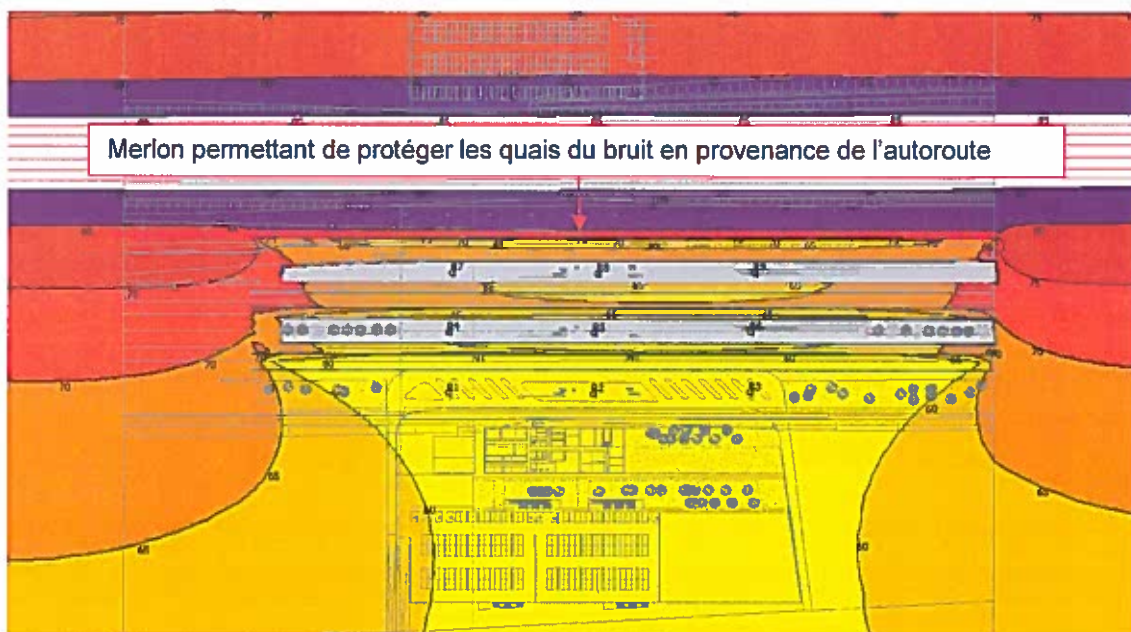


Figure 15 : Cartes de bruit réalisée à l'aide du logiciel PREDICTOR avec (en haut) et sans protection phonique (en bas) pour une source de bruit routier.

#### 4.3.2.3. Auvents sur les quais

Hors de la gare, des auvents sont prévus pour protéger les voyageurs des intempéries. Leur forme sera travaillée afin qu'ils ne viennent pas renforcer le bruit en provenance de l'autoroute en créant une réflexion. Cette forme sera donc horizontale ou bien quelconque mais présentant un point bas situé du côté de l'autoroute. Dans le cas contraire, un traitement absorbant sera mis en place.

#### 4.3.2.4. Locaux ayant vue sur l'autoroute

Le bâtiment faisant office d'écran entre la gare et l'autoroute présente une façade directement sur l'autoroute. Les locaux concernés sont des bureaux et l'isolement de façade nécessaire est donc  $D_{nTA,lr} \geq 40$  dB. Un couloir est néanmoins prévu entre les bureaux et la façade sur l'autoroute, les bureaux étant donc en second jour. Une étude détaillée permettra donc de définir l'isolement nécessaire pour assurer le confort dans la circulation et dans les bureaux selon la configuration détaillée. L'isolement de façade nécessaire pourra ainsi sans doute être ramené à environ 35 dB.

## 4.4. Propagation dans le voisinage

Afin de limiter la propagation du bruit des trains dans le voisinage, en particulier au Nord de l'autoroute, il était demandé de prévoir un écran sous forme de bâtiment ou d'écran en limite Ouest de la gare.  
L'idée générale était de profiter du projet urbain pour créer un écran continu dans cette zone, formant ainsi une « boîte » :

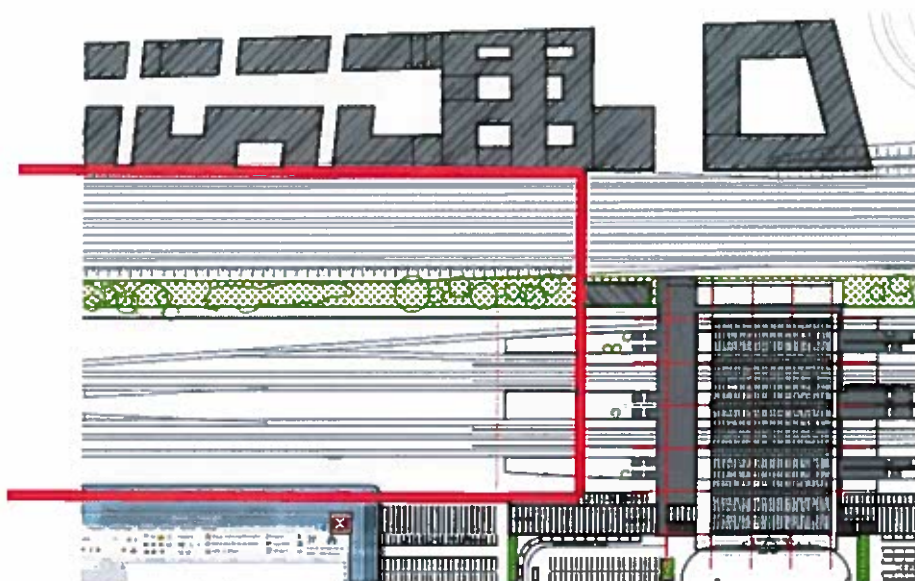


Figure 16 : Principe : une boîte créée par l'urbanisation limite la propagation du bruit de la voie ferrée au nord.

Ce principe se heurte à plusieurs difficultés importantes :

- Impossibilité de placer la gare sur la limite ouest du projet compte tenu de l'intensité de la circulation Nord / sud.
- La voie ferrée est déjà en contrebas, la dalle de la gare elle-même créant ainsi un écran d'une hauteur de 10 m par rapport aux voies. Compte-tenu de cet effet d'écran, un écran supplémentaire apporterait une augmentation par rapport à l'existant. Pour être significative, sa hauteur devrait être très importante : un écran de 3m au niveau de la dalle n'aurait aucun impact significatif à grande distance.
- Le bruit en provenance de la voie ferrée est masqué par celui en provenance de l'autoroute : le pont reliant la gare à la zone Nord est trop étroit pour avoir un effet significatif à grande distance, même si l'on y mettait un écran significatif.

Compte tenu de tous ces éléments, nous proposons de ne pas traiter spécifiquement ce point par des solutions spécifiques coûteuses dont l'efficacité acoustique semble très faible. De plus, le projet urbain situé au Nord serait dans ce dispositif le principal écran (il est lui efficace à la fois pour l'autoroute et pour le train) est encore peu connu.

Un principe alternatif pourrait être de prolonger cette barrière urbaine à l'Est afin de créer l'écran recherché, seules les voies seraient alors des percements dans cet écran :



Figure 17 : Principe alternatif : un écran de continuité urbaine prolongé vers l'Est limite la propagation du bruit de la voie ferrée et de l'autoroute au Nord de la gare.

Compte tenu des contraintes précédemment citées, cette alternative est plus efficace vis-à-vis du train et surtout permet d'améliorer également la situation à grande distance vis-à-vis du bruit de l'autoroute.