

Agence de Lyon
3 rue Hippolyte Flandrin
69001 LYON
Tél. +33 (0)4 78 39 78 32
Fax : +33 (0)4 78 39 77 52
Email : lyon@peutz.fr

Siège Social
10 B rue des Messageries
75010 PARIS
Tél. +33 (0)1 45 23 05 00
Fax : +33 (0)1 45 23 05 04
Email : info@peutz.fr

CO'MET

ORLEANS (45)

Etude d'impact acoustique de la salle de sport

Maîtrise d'ouvrage	ORLEANS METROPOLE Espace Saint Marc 5 place du 6 juin 1944, 45058 ORLEANS CEDEX 1
Constructeur	BOUYGUES BATIMENT CENTRE SUD OUEST 2, rue du Greffoir - BP 1827 45008 ORLEANS CEDEX 1
Architecte Salle de sport	AGENCE JACQUES FERRIER ARCHITECTURES 24 rue Dareau, 75014 PARIS
Architecte Palais des Congrès et Parc des Expositions	CHAIX ET MOREL 16 rue des Haies, 75020 PARIS

Date : 18/02/2019

Réf. : B7538-03C

Auteur : JB/SM

SOMMAIRE

1	OBJET DE L'ETUDE	3
2	RAPPEL REGLEMENTAIRE	3
2.1	Diffusion de sons amplifiés	3
3	RAYONNEMENT SONORE DE LA SALLE	4
3.1	Spectre normalisé et cas de l'octave 63 Hz	4
3.2	Hypothèses d'étude	4
3.2.1	Situation du projet	4
3.2.2	Production sonore dans la salle	5
3.2.3	Niveaux de bruit résiduel à considérer	5
3.2.4	Performances acoustiques des éléments de l'enveloppe	6
3.3	Modélisation du site	7
3.4	Paramètres de calcul	9
3.5	Résultats d'étude	9
3.5.1	Cartographie de la propagation du bruit – Configuration sport	9
3.5.2	Estimation des niveaux sonores en façade des bâtiments les plus proches	10
3.5.3	Estimation des émergences sonores	10
3.5.4	Analyse	10
4	CONCLUSION	11
	ANNEXES I TERMINOLOGIE	12
	ANNEXES II ELEVATION DES FACADES	15

1 OBJET DE L'ETUDE

La présente étude acoustique s'inscrit dans le cadre des études de conception du projet CO'Met comprenant la création d'une salle de sport de 10 000 places, d'un centre de congrès et d'un parc des expositions.

Pour le centre de congrès et le parc des expositions, la sonorisation d'ambiance n'est pas en mesure de générer de forts niveaux sonores et ne font donc pas l'objet d'une étude d'impact particulière.

Cette étude acoustique vise à évaluer l'impact sonore de la grande salle de sport sur le voisinage, en vue de respecter les exigences réglementaires relatives aux lieux recevant du public et diffusant des sons amplifiés.

À ce titre, le code de l'environnement demande en effet à l'exploitant d'établir une étude d'impact acoustique visant à estimer les nuisances sonores vis-à-vis des tiers et comportant les documents suivants :

- L'étude acoustique ayant permis d'estimer les niveaux de pression acoustique, tant à l'intérieur qu'à l'extérieur des locaux, et sur le fondement de laquelle seront effectués, par l'exploitant ou le MOA dans le cas présent, les travaux d'isolation acoustique nécessaires.
- La description des dispositions prises pour limiter le niveau sonore et les émergences sonores aux valeurs fixées par le décret en vigueur, notamment par des travaux d'isolation phonique et l'installation d'un limiteur de pression acoustique.

L'étude d'impact acoustique de l'exploitation de la salle sur le voisinage a été réalisée au moyen de simulations sur modèle de propagation sonore dans l'environnement (3D) et est présentée dans ce document.

Par ailleurs, les bruits d'équipements techniques du projet devront également respecter les contraintes réglementaires et la tranquillité du voisinage. L'étude de ces équipements ne fait pas l'objet du présent rapport, mais nous définirons des recommandations à intégrer au marché et les entreprises en charge des lots concernés devront fournir des notes de calcul justifiant le respect de la réglementation et du cahier des charges.

2 RAPPEL REGLEMENTAIRE

2.1 Diffusion de sons amplifiés

Une nouvelle réglementation est parue en 2017 et remplaçant le décret 98-1143 du 15/12/98 applicable jusqu'ici. Il s'agit du **décret n°2017-1244 du 7 août 2017** relatif à la prévention des risques liés aux bruits et aux sons amplifiés applicable à partir d'octobre 2018.

Ce nouveau décret définit des contraintes acoustiques renforcées applicables à tout lieu ouvert au public accueillant des activités impliquant de la diffusion de sons amplifiés et non plus seulement de musique. Ces nouveaux critères visent également à renforcer la protection de l'ouïe des personnes exposées à de forts niveaux sonores et à renforcer la tranquillité du voisinage.

- Concernant le seuil de protection de l'audition, ce texte impose une réduction du niveau sonore d'exploitation à 102 dB(A) en valeur moyenne et 118 dB(C) en valeur crête sur 15 minutes glissantes, au lieu de 105 dB(A) en valeur moyenne sur 10 minutes glissantes et 120 dB en valeur crête.
- Pour la protection des riverains, le décret abaisse les émergences maximales à respecter à 3 dB(A) en valeur globale et 3 dB sur les bandes d'octaves centrées sur 125, 250, 500, 1000, 2000 et 4000 Hz sans distinction entre les périodes réglementaires diurne et nocturne.

Il s'agit donc de critères plus contraignants que ceux applicables jusqu'ici, notamment dans le cas des émergences restreintes dans les basses fréquences qui sont les plus difficiles à confiner.

Ces nouveaux seuils sont pris en compte dans cette étude.

3 RAYONNEMENT SONORE DE LA SALLE

3.1 Spectre normalisé et cas de l'octave 63 Hz

La gamme de fréquences normalisée et réglementée, dite spectre, s'étend sur les bandes d'octaves centrées de 125 Hz à 4000 Hz.

Les bandes d'octave en dessous de 125 Hz ne sont pas incluses dans la réglementation, cependant l'énergie sonore à l'octave centrée sur 63 Hz voire 31.5 Hz que peuvent générer les sonorisations aujourd'hui, contribue souvent à augmenter le niveau sonore global.

Nous avons choisi de prendre en compte dans la conception la bande d'octave 63 Hz malgré les incertitudes sur les propriétés des matériaux à ces fréquences.

Les valeurs à 63 Hz sont donc données à titre indicatif et ne peuvent prétendre constituer une garantie de résultat.

3.2 Hypothèses d'étude

3.2.1 Situation du projet

Trois ensembles de logements sont situés à proximité du projet (au Nord et à l'Est). Ces logements représentés dans la figure ci-dessous sont à protéger des émissions sonores du projet COMET

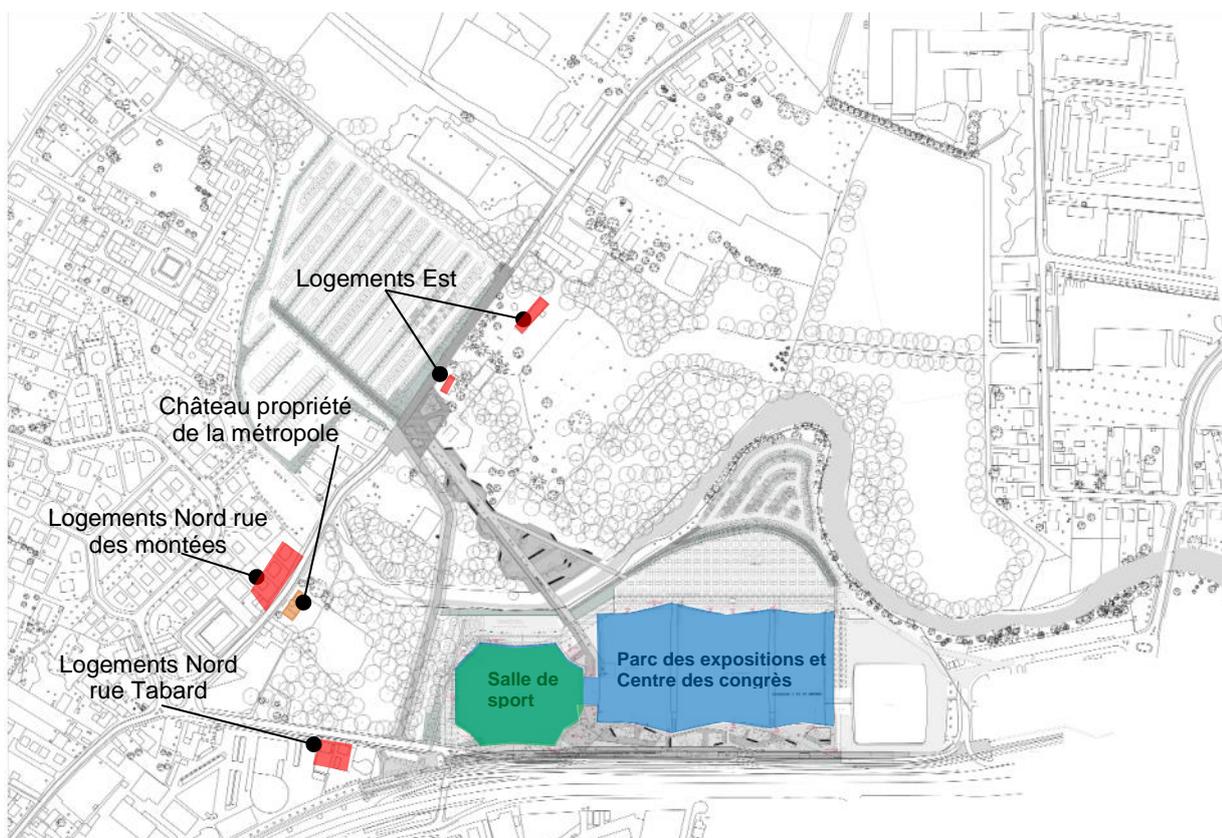


Figure 1 – Vue aérienne du site avec repérage du projet et du voisinage sensible le plus proche

Note : Le château au nord du projet, situé rue des montées, propriété de la métropole, actuellement désaffecté n'est pas considéré réputé pouvoir être à terme un établissement de logements. Les premiers riverains considérés dans le secteur rue des montées se trouvent donc de l'autre côté de la rue.

3.2.2 Production sonore dans la salle

La salle est prévue pour accueillir des manifestations sportives.

Il s'agit donc d'une sonorisation d'ambiance pendant les rencontres sportives. L'hypothèse de niveau maximal d'exploitation défini par le constructeur en accord avec le Maître d'Ouvrage est limitée à un niveau global de 101 dB(A) avec la répartition fréquentielle suivante :

Tableau 1 : Spectre sonore considéré dans la salle de sport

Bande d'octave	Niveau sonore (dB)							Global dB(A)
	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1kHz	2kHz	4kHz	
Niveau sonore	90	90	95	95	95	95	95	101

Ce niveau sonore est considéré comme étant le niveau intérieur de l'enceinte en tout point du volume principal de la salle de sport. Au niveau des déambulateurs et du grand salon un niveau de pression intérieur moins élevé a été considéré compte tenu de l'atténuation due aux menuiseries intérieures (portes) et aux faibles surfaces de communication entre ces volumes.

Nota : Un limiteur de pression acoustique sera installé dans la salle.

Ce limiteur permettra de garantir la protection de l'ouïe du public et de contrôler le niveau sonore dans la salle, en niveau global et dans chaque bande d'octave comprise 63 Hz et 4 kHz.

3.2.3 Niveaux de bruit résiduel à considérer

Le dimensionnement de l'isolement acoustique des ouvrages tient compte du bruit de fond mesuré sur site lors du diagnostic acoustique environnemental réalisé par le cabinet ORFEA. (cf. rapport RAP2-A1605-036-01-V1 et données transmises par tableau Excel).

Les niveaux de bruits résiduels de référence pour l'évaluation des émergences sonores réglementaires au niveau des riverains les plus proches sont mentionnés le tableau ci-dessous. Ils correspondent au niveau de bruit mesuré à minuit à proximité de ces logements, heure d'exploitation tardive de la salle. L'indice L_{90} a été retenu pour la caractérisation de ces niveaux de bruits résiduels. Les points de mesures utilisés sont les points LD2 pour la rue des montées et le point LD7 pour la rue Tabard.

Tableau 2 : Niveaux spectraux de bruit résiduel en période nocturne en dB et niveau global en dB(A)

Point	Niveau sonore (dB)							Global dB(A)
	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1kHz	2kHz	4kHz	
Rue Tabard	47	49	46	45	42	38	31	47
Rue des montées	39	31	30	31	29	21	15	33

3.2.4 Performances acoustiques des éléments de l'enveloppe

Le tableau suivant présente les performances acoustiques des éléments rayonnant dans l'environnement considérés dans le modèle.

Tableau 3 : Indices d'affaiblissement acoustique des éléments constitutifs de l'enveloppe rayonnante

Bande d'octave (Hz)	Indice d'affaiblissement acoustique							Global (R_w+C_{tr}) en dB
	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1kHz	2kHz	4kHz	
Toiture double peau	22	30	51	67	71	73	77	45
Parois angle (Béton + doublage)*	55	60	71	80	89	98	107	74
Bardage standard	18	27	36	46	57	63	64	40
Bardage renforcé	35	58	80	95	100	100	100	69
Porte sur extérieur	20	29	36	43	44	47	59	40
Vitrage	15	24	31	38	39	42	54	35
Sas poids lourd	20	30	40	45	46	46	50	40

Les élévations fournies en annexes permettent de visualiser la position des différents éléments de façade précités.

3.3 Modélisation du site

Afin d'estimer les niveaux sonores rayonnés dans l'environnement par la diffusion de son amplifié dans la salle, un modèle acoustique du site et de la salle a été réalisé, avec un logiciel de propagation acoustique dans l'espace : CadnaA version 2018 MR1 (build : 163.4824).

La modélisation géométrique de la salle a été réalisée sur la base des plans fournis par l'architecte en date du 15/10/2018. Elle consiste à discrétiser la salle en multiples facettes, ayant chacune un comportement acoustique particulier.

La modélisation géométrique du site a été réalisée en prenant en compte les dimensions des bâtiments riverains (altimétrie notamment).

En prenant en compte le niveau sonore d'exploitation envisagé à l'émission (voir §3.2.2), un calcul de rayonnement sonore est effectué dans l'environnement extérieur, permettant d'évaluer le niveau sonore résultant dans le voisinage de l'enveloppe du bâtiment.

Les niveaux sonores ont été calculés en façade des bâtiments les plus exposés autour du site.

La figure ci-après illustre la modélisation avec les bâtiments concernés et les points de calcul correspondants (en jaune).

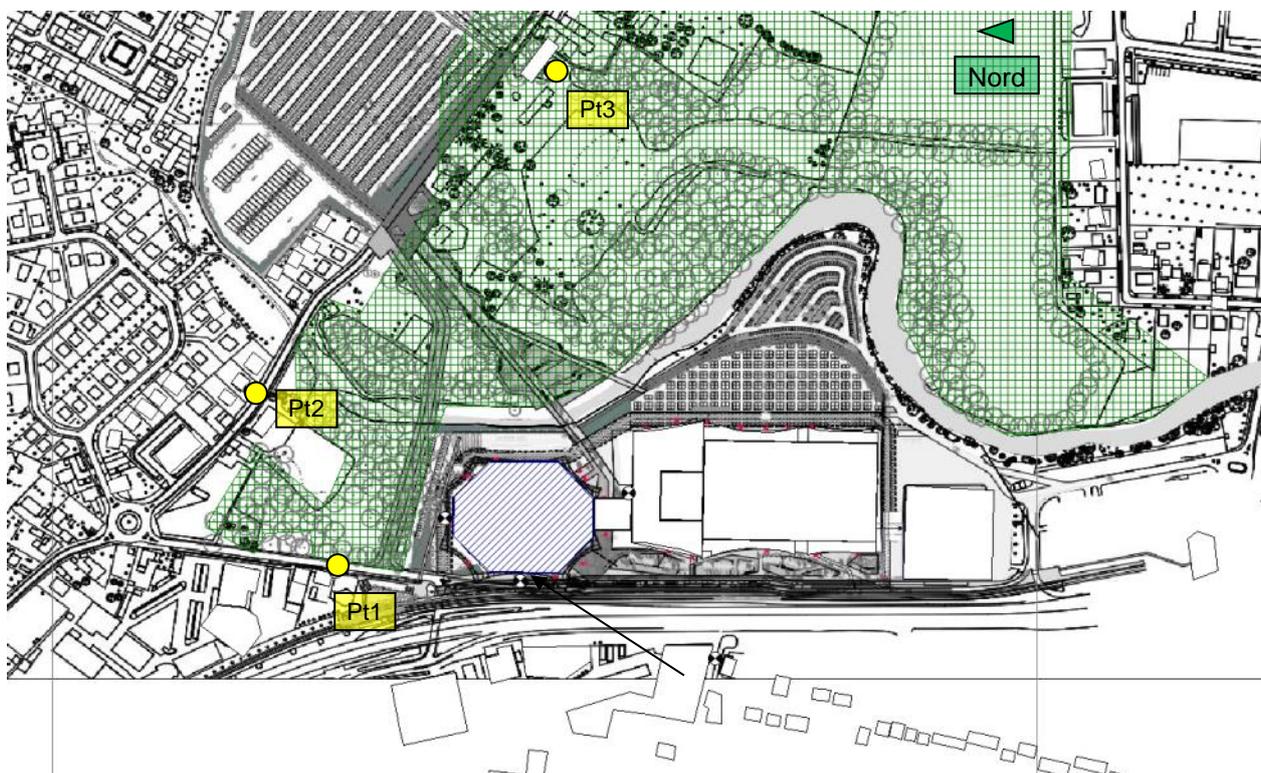
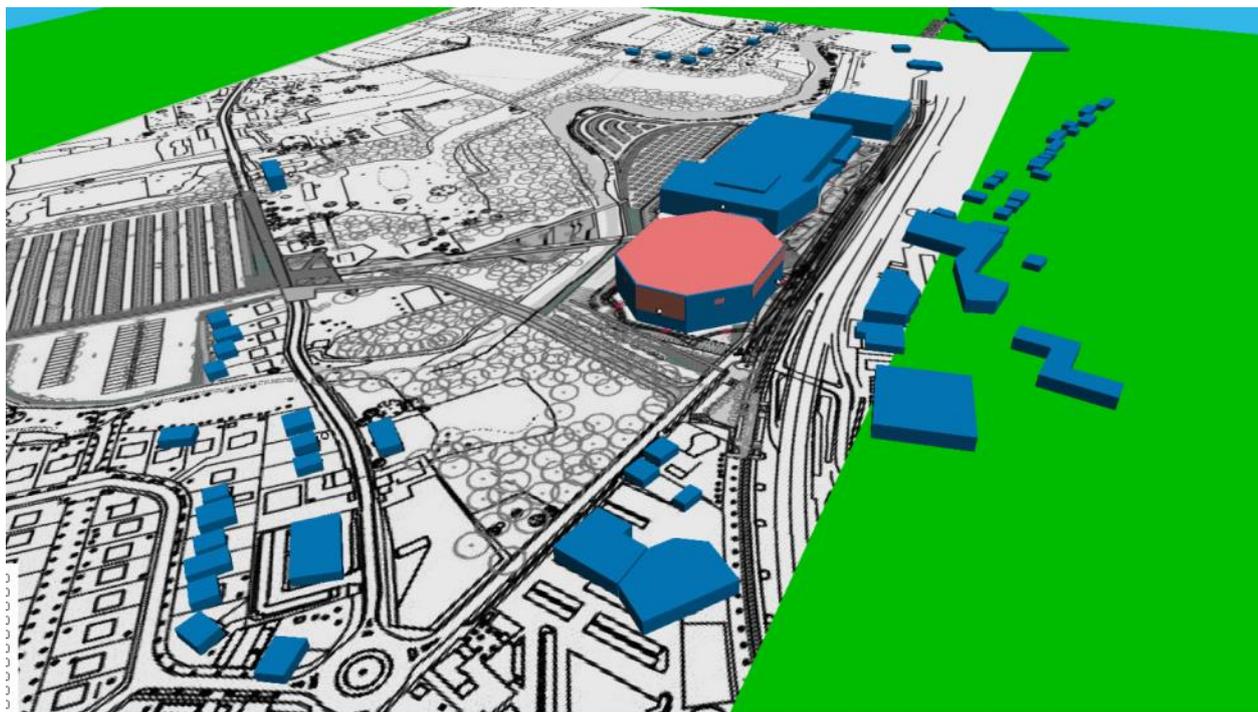


Figure 2 : Modélisation avec repérage des points de calcul

Les figures suivantes montrent la modélisation en 3D avec les éléments rayonnants de la salle de sport.



Figures 3 : Modélisation 3D avec surfaces rayonnantes en rose



3.4 Paramètres de calcul

Les données d'entrées considérées pour les calculs sur le logiciel CadnaA sont rappelées dans le tableau ci-dessous.

Tableau 4 : Données d'entrées et paramètres de calcul

Paramètres	Valeur
Nombre de réflexion	3
Type de sol	Réfléchissant (G = 0)
Absorption des bâtiments	G = 0,21
Evaluation des niveaux sonores en façade des bâtiments	Distance récepteur / façade : 2 m
Cartographie	Maillage par pas de 1 m

3.5 Résultats d'étude

3.5.1 Cartographie de la propagation du bruit

Les figures suivantes illustrent la propagation dans l'environnement du bruit induit par la diffusion de sons amplifiés dans la grande salle.

Il est présenté une cartographie du niveau sonore en dB(A) selon le plan horizontal (à 5 m du sol, le voisinage étant essentiellement constitué de bâtiment en R+1).

Le maillage est réalisé par pas de 1 m.

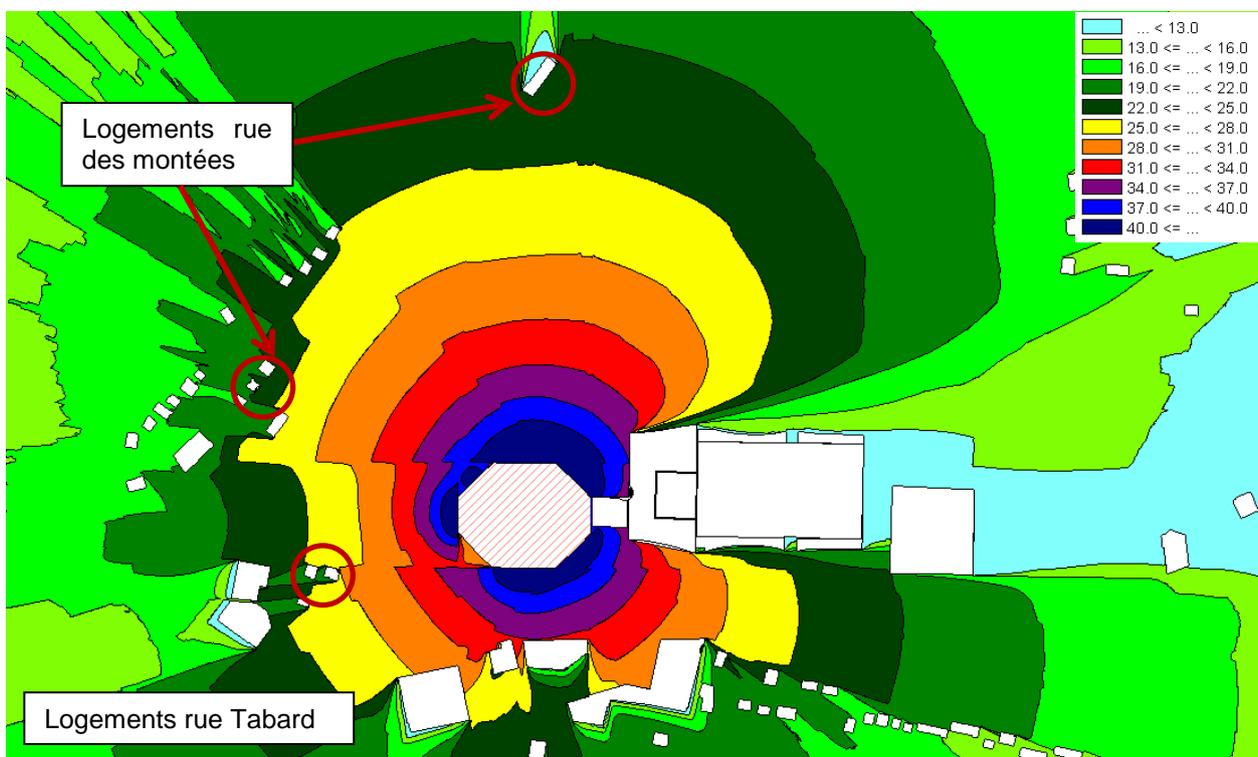


Figure 4 : Cartographie horizontale

La cartographie montre que les tiers les plus exposés reçoivent un rayonnement sonore en provenance de la salle inférieur 31 dB(A) pour les logements rue Tabard et inférieur à 25 dB(A) pour les logements rue des montées.

3.5.2 Estimation des niveaux sonores en façade des bâtiments les plus proches

Compte tenu de l'hypothèse de niveau sonore dans la salle, de l'affaiblissement acoustique de l'enveloppe et de la configuration du site, les niveaux sonores résultants estimés en façade des bâtiments voisins les plus impactés sont les suivants, par bande de fréquence (en dB) et en valeur globale (en dB(A)) :

Tableau 5 : Niveaux de pression acoustique en façade des bâtiments les plus proches en période nocturne

Point de calcul	Niveaux de pression acoustique en dB							Global dB(A)
	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1kHz	2kHz	4kHz	
Point 1	45,1	36,0	31,7	23,1	19,5	16,2	4,0	28,2
Point 2	39,2	31,2	25,8	17,3	14,0	10,0	-4,4	22,6
Point 3	40,1	31,3	27,0	17,9	13,3	8,5	-8,2	23,0

Ces niveaux sonores résultent uniquement du bruit généré à l'intérieur de salle. Il faut ensuite ajouter ces niveaux au bruit résiduel mesuré sur site pour obtenir le bruit ambiant. Les émergences calculées ci-après correspondent à la différence entre le bruit ambiant et le bruit résiduel.

3.5.3 Estimation des émergences sonores

Le tableau ci-dessous détaille les émergences globales et par bande d'octave aux différents points de réception les plus impactés.

Ces émergences sont calculées par rapport au bruit de résiduel retenu pour les périodes diurne et nocturne.

Tableau 6 : Émergences diurnes aux différents points de réception

Point de calcul	Niveaux de pression acoustique en dB							Global dB(A)
	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1kHz	2kHz	4kHz	
<i>Nouvelle réglementation</i> ⁽¹⁾	$\gamma^{(2)}$	3	3	3	3	3	3	3
Point 1	2	0	0	0	0	0	0	0
Point 2	3	3	1	0	0	0	0	0
Point 3	4	3	2	0	0	0	0	0

⁽¹⁾ émergence réglementaire future donnée à titre indicatif : décret n°2017-1244 du 7 août 2017 relatif à la prévention des risques liés aux bruits et aux sons amplifiés, en attente d'un arrêté d'application.

⁽²⁾ valeur d'émergence non réglementaire mais recommandée

3.5.4 Analyse

D'après les résultats obtenus suite au calcul, nous pouvons déduire que :

- En valeur globale et dans les moyennes et hautes fréquences, les émergences sonores sont nulles.
- Dans les bandes d'octave 63, 125 Hz et 250 Hz, les émergences varient entre 1 et 4 dB selon les cas et restent inférieures ou égales aux exigences de la nouvelle réglementation envisagée par le décret en attente d'application, pour le niveau d'exploitation retenu.

4 CONCLUSION

Les dimensionnements définis au § 3.2.4 et dans la notice acoustique PRO sont compatibles avec une exploitation sonore de la grande salle à 101 dB(A) avec le spectre fréquentiel défini au § 3.2.2 pour des manifestations sportives dans le cadre de la réglementation actuellement applicable (code de l'environnement et décret 98-1143) et future (décret n°2017-1244 du 7 août 2017).

Des mesures acoustiques devront être réalisées par le maître d'ouvrage en fin de chantier sur la salle de sport équipée de son système de sonorisation, pour fixer définitivement le niveau sonore maximal d'exploitation qui respecte les émergences réglementaires chez les riverains.

Un limiteur acoustique sera installé en salle et vérifiera de manière continue que les niveaux sonores en salle ne dépassent pas ce seuil maximum autorisé.

En cohérence avec la présente étude d'impact, l'exploitant devra veiller à ce que toutes les portes de la salle et de ses accès restent fermées pendant les événements bruyants.

ANNEXES I

TERMINOLOGIE

DEFINITION DES GRANDEURS ACOUSTIQUES

GENERALITES

Afin de préciser la signification de la terminologie acoustique utilisée dans ce rapport, nous indiquons sommairement ci-dessous les principales définitions.

La force d'un son se caractérise par l'amplitude p de la variation de la pression par rapport à la pression atmosphérique moyenne.

L'échelle de perception des sons par l'oreille humaine n'est pas proportionnelle à cette amplitude.

En fait, la sensation varie comme le logarithme de l'excitation.

On emploie donc une unité physique relative pour définir la force d'un son, on parle de niveau de pression acoustique ou de niveau sonore.

Le **niveau de pression acoustique** est défini par le rapport logarithmique entre la pression acoustique p et une pression acoustique de référence p_0 ($2 \cdot 10^{-5}$ Pascal) :

$$L_p = 20 \log p/p_0, \text{ exprimé en décibel (dB).}$$

Lorsqu'on désire caractériser par un seul nombre la force d'un bruit dans lequel toutes les fréquences perçues par l'oreille (environ 20 à 20000 Hz) sont présentes, on peut insérer dans l'appareil de mesure un filtre.

Ce filtre dispose d'une courbe de pondération correspondant à la **sensibilité de l'oreille** aux différentes fréquences. Il est appelé **filtre ou pondération A**.

Toutes les fréquences composant le bruit sont alors évaluées sensiblement de la même manière qu'elles le seraient par l'oreille humaine.

Le niveau sonore est alors caractérisé par une valeur globale pondérée A, **exprimée en dB(A)**.

Le niveau de pression acoustique est un paramètre éminemment **variable dans le temps**.

Afin de caractériser un bruit fluctuant par une seule valeur, on calcule le niveau d'énergie moyen de ce bruit sur une durée de temps d'intégration, fonction du ou des phénomènes à mettre en évidence ou à quantifier.

Niveau de pression acoustique continu équivalent, noté $L_{eq,T}$, est par définition le niveau constant qui contiendrait autant d'énergie que le niveau réel fluctuant dans le temps au cours de la période T considérée. Il s'agit donc d'une moyenne temporelle.

Pratiquement, ce niveau est corrigé de la sensibilité de l'oreille, il est noté $L_{Aeq,T}$.

Il est donc exprimé en dB(A),

Sauf cas spécifique, les niveaux sonores considérés dans les normes françaises, européennes et internationales sont des niveaux équivalents.

Niveau de pression acoustique continu équivalent pondéré A « court », $L_{Aeq,t}$

Afin d'obtenir une représentation fine de l'évolution temporelle des événements acoustiques pendant l'intervalle de mesurage T, on peut acquérir cette grandeur en continu sur un intervalle de temps « court » t, appelé durée d'intégration.

La durée d'intégration retenue dépend de la durée des phénomènes que l'on veut mettre en évidence.

Elle est généralement de durée égale à 1s, voire 100 ou 125 ms.

ISOLEMENT AUX BRUITS AERIENS

Indice d'affaiblissement acoustique

L'indice d'affaiblissement acoustique R_w est la grandeur qui quantifie de façon intrinsèque la performance d'isolation acoustique d'une surface (cloison, vitrage, porte...).

Pour les éléments de construction de petites dimensions (entrée d'air, coffre de volet roulant, etc.), on détermine de la même façon que l'isolement standardisé pondéré $D_{nT,w}$, la valeur $D_{n,e,w}$.

Ces grandeurs R_w et $D_{n,e,w}$ sont obtenues en laboratoire.

Les locaux d'émission et de réception du laboratoire sont conçus de façon à ne permettre la transmission du son que par l'intermédiaire de l'échantillon testé.

Cette procédure permet de s'affranchir des transmissions structurelles.

Ces grandeurs servent donc aux dimensionnements des ouvrages. Elles ne doivent pas être confondues avec le résultat à obtenir une fois mis en œuvre, à savoir $D_{nT,w}$ et valeurs dérivées.

Dans la très grande majorité des cas, le résultat obtenu est inférieur à la performance intrinsèque mesurée en laboratoire

Comme pour les isolements, les indices d'affaiblissements acoustiques sont donnés dans les rapports d'essais acoustiques en laboratoire vis-à-vis d'un bruit « rose » $R_w + C$, ou vis-à-vis d'un bruit de trafic routier $R_w + C_{tr}$.

VOCABULAIRE

Bruit ambiant

Bruit total existant dans une situation donnée pendant un intervalle de temps donné. Il est composé de l'ensemble des bruits émis par toutes les sources proches et éloignées.

Bruit particulier

Composante du bruit ambiant qui peut être identifiée spécifiquement et que l'on désire distinguer du bruit ambiant notamment parce qu'il est l'objet d'une requête.

Ce peut être, par exemple, un bruit dont la production ou la transmission est inhabituelle dans une zone résidentielle ou un bruit émis ou transmis dans une pièce d'habitation du fait du non-respect des règles de l'art de la construction ou des règles de bon usage des lieux d'habitation.

Bruit résiduel

Bruit ambiant, en l'absence du (des) bruit (s) particulier (s), objet (s) de la requête considérée.

Ce peut être par exemple, dans un logement, l'ensemble des bruits habituels provenant de l'extérieur et des bruits intérieurs correspondant à l'usage normal des locaux et équipements.

Bruit de fond

Il s'agit d'une appellation d'usage qui peut représenter selon les cas, le bruit ambiant, le bruit particulier ou le bruit résiduel. Il est utilisé souvent lorsqu'il s'agit d'un niveau sonore mesuré à l'intérieur des locaux.

Bruit impulsif

Bruit consistant en une ou plusieurs impulsions d'énergie acoustique, ayant chacune une durée inférieure à environ 1 s et séparée(s) par des intervalles de temps, de durées supérieures à 0.2 s.

Emergence

L'émergence est la différence entre le niveau de bruit ambiant et le niveau de bruit particulier. Il s'agit de la modification du niveau du bruit ambiant induite par l'apparition ou la disparition d'un bruit particulier. Cette modification porte sur le niveau global ou sur le niveau mesuré dans une bande quelconque de fréquence.

Tonalité marquée

Parmi les facteurs aggravants d'un bruit perturbateur, un bruit possédant des intensités fortes à certaines fréquences est dit à tonalités.

La tonalité marquée est détectée dans un spectre non pondéré de tiers d'octave quand la différence de niveaux entre la bande de 1/3 d'octave et les quatre bandes de 1/3 d'octave les plus proches (les deux bandes immédiatement inférieures et les deux bandes immédiatement supérieures) atteint ou dépasse les niveaux indiqués dans le tableau 1 pour la bande considérée :

Cette analyse se fera à partir d'une acquisition minimale de 10 s.		
63 Hz à 315 Hz	400 Hz à 1250 Hz	1600 à 6.3 kHz
10 dB	5 dB	5 dB

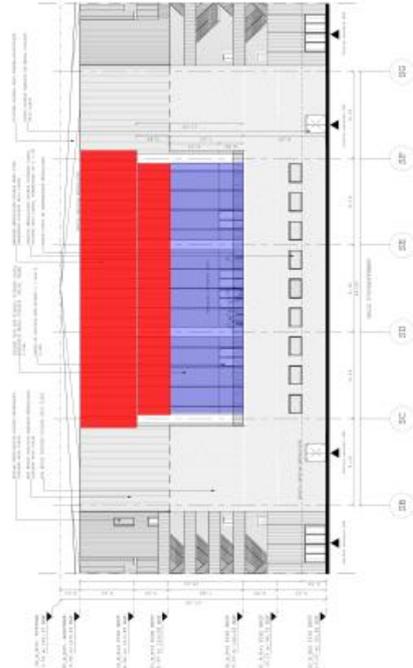
Les bandes sont définies par la fréquence centrale de tiers d'octave.

ANNEXES II ELEVATION DES FACADES

ELEVATION NORD-OUEST SANS RÉSILLE



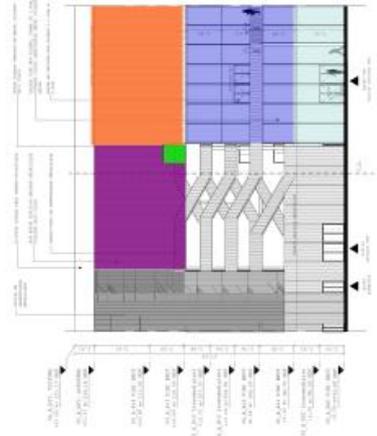
ELEVATION NORD SANS RÉSILLE



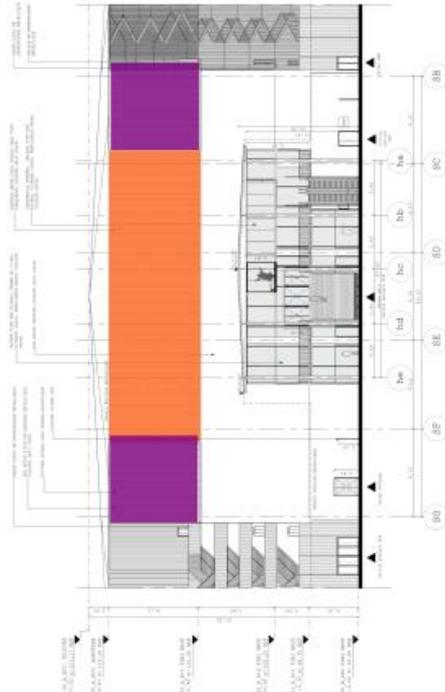
ELEVATION NORD-EST SANS RÉSILLE



ELEVATION SUD-EST SANS RÉSILLE



ELEVATION SUD SANS RÉSILLE



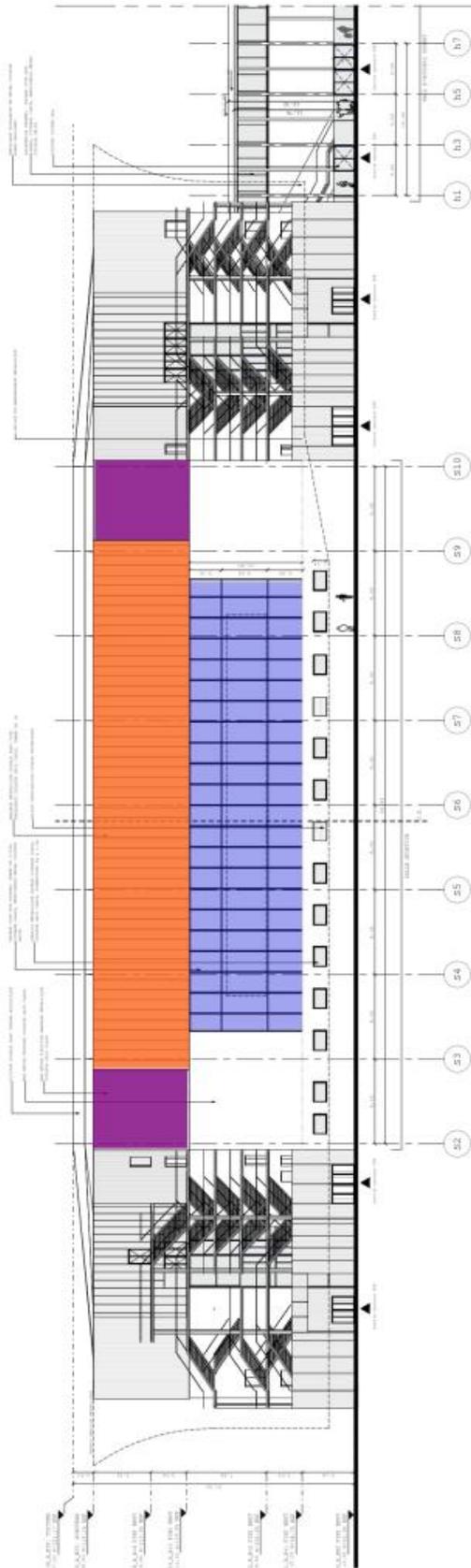
ELEVATION SUD-OUEST SANS RÉSILLE



- Bardage renforcé
- Façade béton 25 cm + doublage
- Bardage courant
- Vitrage $R_{a, tr}$ de 35 dB

Porte $R_{a, tr}$ de 40 dB

ELEVATION OUEST SANS RÉSILLE



ELEVATION EST SANS RESILLE

