

Fonction	Intervenant	Adresse		
Maître d'ouvrage	Ministère de la Culture	182 Rue Saint Honoré, 75001 Paris		
Maître d'ouvrage Délégué	OPPIC	30 rue du Château des Rentiers 75013 Paris		
A. Maître d'œuvre	NP2F architectes	25 Boulevard Poissonnière 75002 Paris		
	Marion Bernard	24 rue Neuve sainte Catherine 13007 Marseille		
	Point Supreme	Gennaiou Kolokotroni 68 11741 Petralona Athene, Grèce		
	Odile Seyler Jacques Lucan	42 rue des Jeuneurs 75002 Paris		
B. Paysagiste	Atelier Roberta	8 rue des Dunes 75019 Paris		
C. BET Structure	DVVD	15 rue Léon Frot 75011 Paris		
D. BET Fluides	ALTO	1 Avenue du Gué Langlois 77600 Bussy-Saint-Martin		
E. BET Economiste	VPEAS	40 Rue de la Rousselle 33000 Bordeaux 80 rue du Faubourg St Denis 75010 Paris		
F. BET Acoustique	PEUTZ	10 B rue des messageries 75010 PARIS		
G. Concepteur Lumière	8-18	176 avenue du Prado 13008 Marseille		
H. BET VRD	AVR	19, rue de l'Université 93160, Noisy le Grand		
I. BET Dépollution	ERG Environnement	14 Drailles des Tribales Bâtiment E, 13127, Vitrolles		
Phase	Date	Emetteur	Lot	Indice
DCE	11/10/2019	PEUTZ	-	-

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

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

Institut Méditerranéen de la Ville et des Territoires à Marseille (13)

ZAC Saint-Charles

DCE

Note acoustique

Maître d'Ouvrage : OPPIC
30 rue du château des rentiers
75013 Paris

Architecte : NP2F
188bis rue de Crimée
75018 Paris
Tel : 09 70 19 29 28
Contact : Edouard Champalle

Date : 22/10/2019

Réf. : S7683-09

Auteur(s) : DC

SOMMAIRE

1	INTRODUCTION	5
2	DIAGNOSTICS ENVIRONNEMENTAUX	6
3	ENJEUX ACOUSTIQUES	7
4	OBLIGATIONS DES ENTREPRISES	8
4.1	Généralités.....	8
4.2	Notion d'équivalence	9
4.3	Documents à fournir par les entreprises avant commande et mise en œuvre.....	9
4.4	Autocontrôles	13
4.4.1	Objet des autocontrôles	13
4.4.2	Procédure d'autocontrôle.....	13
4.4.3	Calfeutrements et rebouchages.....	14
4.4.4	Mesures acoustiques à charge du lot E.....	15
4.5	Mesures acoustiques de fin de chantier réalisées par la maîtrise d'œuvre	18
5	PROGRAMME ACOUSTIQUE	19
5.1	Document de référence	19
5.2	Objectifs acoustiques.....	20
5.2.1	Isolement aux bruits aériens vis-à-vis de l'extérieur.....	20
5.2.2	Isolement aux bruits aériens entre locaux	22
5.2.3	Niveau de bruit de choc	25
5.2.4	Durées de réverbération et aires d'absorption équivalente	26
5.2.5	Niveaux de bruit d'équipements.....	28
5.2.6	Niveau de bruit généré dans l'environnement	28
6	PRÉCONISATIONS ACOUSTIQUES	31
6.1	Lot A - Cahier 1.1 Gros œuvre	31
6.1.1	Façades, voiles et parois maçonnées	31
6.1.2	Dalles	31
6.1.3	Dalles désolidarisées	32
6.2	Lot A - Cahier 1.2 Façade Mur Ossature Bois.....	35
6.2.1	Façade bois	35
6.3	Lot A - Cahier 1.4 Couverture – étanchéité	36
6.3.1	Matelas antivibratiles pour dalle désolidarisée extérieure	36
6.3.2	Sous-couche acoustique et drainante pour chapes extérieures	36
6.3.3	Ouvrants désenfumage.....	36

6.4	Lot A – Cahier 1.5 Sols béton de finition	37
6.5	Lot B – Cahier 2 Menuiseries extérieures bois.....	38
6.5.1	Menuiseries extérieures.....	38
6.6	Lot C – Cahier 3 Menuiseries extérieures aluminium.....	39
6.6.1	Murs rideaux	39
6.6.2	Menuiseries extérieures.....	42
6.7	Lot D – Cahier 4 Serrurerie Métallerie	49
6.7.1	Blocs portes	49
6.7.2	Cloisons et châssis vitrées	49
6.7.3	Grilles acoustiques.....	50
6.7.4	Habillage des gaines de ventilation verticales	50
6.7.5	Capot acier pour passage de câbles	50
6.8	Lot E – Cahier 5 Menuiseries intérieures	51
6.8.1	Doublage bois absorbants	51
6.8.2	Doublage bois isolant.....	52
6.8.3	Cloisons et allèges bois	53
6.8.4	Cloisons et châssis vitrées	54
6.8.5	Raccord cloison bois sur cloison vitrée.....	55
6.8.6	Blocs portes bois.....	56
6.8.7	Blocs portes vitrées.....	57
6.8.8	Stores acoustiques	58
6.8.9	Rideau absorbant.....	58
6.8.10	Sièges amphithéâtres	58
6.8.11	Mobilier rangement ateliers	59
6.8.12	Mobilier salle de musique	59
6.9	Lot F - Cahier 6 Cloisons – Doublages – Faux-plafonds.....	60
6.9.1	Boite en boite légère	60
6.9.2	Cloisons à parements en plaques de plâtre	61
6.9.3	Doublages.....	62
6.9.4	Plafonds absorbants	63
6.9.5	Plafonds isolants.....	64
6.9.6	Encoffrement des poutres des amphithéâtres.....	64
6.10	Lot F – Cahier 8 Revêtements de sol	65
6.11	Lot G – Cahier 7 Mur Mobile.....	65
6.12	Lot H – Cahier 10.1 Chauffage – Ventilation – Climatisation	66
6.12.1	Panneaux thermo-acoustiques	66
6.12.2	Entrées d'air	67
6.12.3	Sortie d'air	68
6.12.4	Atténuation du bruit sur les réseaux de ventilation.....	68
6.12.5	Bouches d'extraction.....	69

6.12.6	Habillage des gaines de ventilation	70
6.12.7	Filtrage antivibratoires des équipements	71
6.12.8	Vitesse d'air dans les gaines	72
6.12.9	Aéroréfrigérants	72
6.12.10	Brasseurs d'air	72
6.12.11	Traversées de séparatifs	72
6.13	Lot H – Cahier 10.2 Plomberie sanitaires	73
6.13.1	Descentes EU/EV/EP et conduits CO	73
6.13.2	Canalisations	73
6.14	Lot I – Cahier 11.1 Electricité courant fort / courant faibles / photovoltaïque	74
6.14.1	Filtrage antivibratoires des équipements	74
6.14.2	Traversées de séparatifs	74
6.15	Lot I – Cahier 11.2 Eclairage	74
6.16	Lot J - Cahier 13 Ascenseur	75
6.17	Lot K – Cahier 14.1 VRD	75
REPÉRAGE DES OBJECTIFS D'ISOLEMENT DE FAÇADE		76
REPÉRAGE DES PERFORMANCES DES FAÇADES EXTÉRIEURES		80
REPÉRAGE DES CLOISONS		82
REPÉRAGE DES PORTES		86
DEFINITION DES GRANDEURS ACOUSTIQUES		90

1 INTRODUCTION

Cette notice acoustique concerne la construction de l'Institut Méditerranéen de la Ville et des Territoires dans la ZAC Saint Charles à Marseille (13)

Ce projet va regrouper 3 établissements d'enseignement sur un même site en ville : L'Ecole Nationale Supérieure d'Architecture de Marseille (ENSA-M), l'antenne marseillaise de l'Ecole Nationale Supérieure de Paysage (ENSP) et l'Institut d'Urbanisme et d'Aménagement Régionale (IUAR).

Le projet héberge 6 Pôles répartis dans 3 bâtiments qui s'articulent autour de 3 cours.

Les différents Pôles du projet sont décrits brièvement ci-après :

- **Pôle Accueil Forum** : ce pôle regroupe les espaces mutualisés de l'IMVT (hall d'accueil, amphithéâtres, foyers, salle du conseil et soutenance des thèses, etc..) et les locaux associés (bureaux, logistiques, etc...). La plupart de ces locaux sont situés au RDC mais la salle du conseil est placée en toiture.
- **Pôle Bibliothèque – Documentation** : ce pôle est situé au R+4 au-dessus du pôle Administration Enseignants.
- **Pôle de Vie** : ce pôle qui accueille tous les locaux de la vie étudiante (locaux BDE, salle de musique, etc...) et la cafeteria) est situé au RDC.
- **Pôle Formation** : il s'agit du pôle principal en termes de surfaces. Ce pôle comprend essentiellement les ateliers et salles d'enseignement. Ce pôle occupe un bâtiment à lui seul (hors RDC).
- **Pôle Administration Enseignants** : ce pôle qui regroupe les bureaux. Il se trouve au niveau R+2 et R+3 au-dessus du forum
- **Pôle Recherche Expérimentation** : situé au-dessus des amphithéâtres, ce pôle héberge le plateau d'expérimentation, les locaux de recherche et les locaux des doctorants.

Afin de faciliter la lecture du document, on utilisera les dénominations suivantes :

- **Rez-de-Chaussée et Espaces Partagés** : Le RDC est commun à l'ensemble des bâtiments. Il regroupe la plupart des locaux du Pôle Accueil Forum (amphithéâtres, hall, etc...) et le Pôle de Vie.
- **Pôle Ateliers** : Bâtiment qui abrite le Pôle formation dans les étages
- **Pôle Commun** : Bâtiment hébergeant les locaux du Pôle Administration Enseignants en R+2 et R+3 (comprenant aussi les bureaux du pôle Accueil Forum), du Pôle Bibliothèque – Documentation en R+4 et R+5, et la salle du conseil et de soutenance de thèses en R+6
- **Pôle Recherche** : Bâtiment avec Pôle Recherche Expérimentation dans les étages.

La répartition de ces 3 pôles principaux est illustrée ci-après :

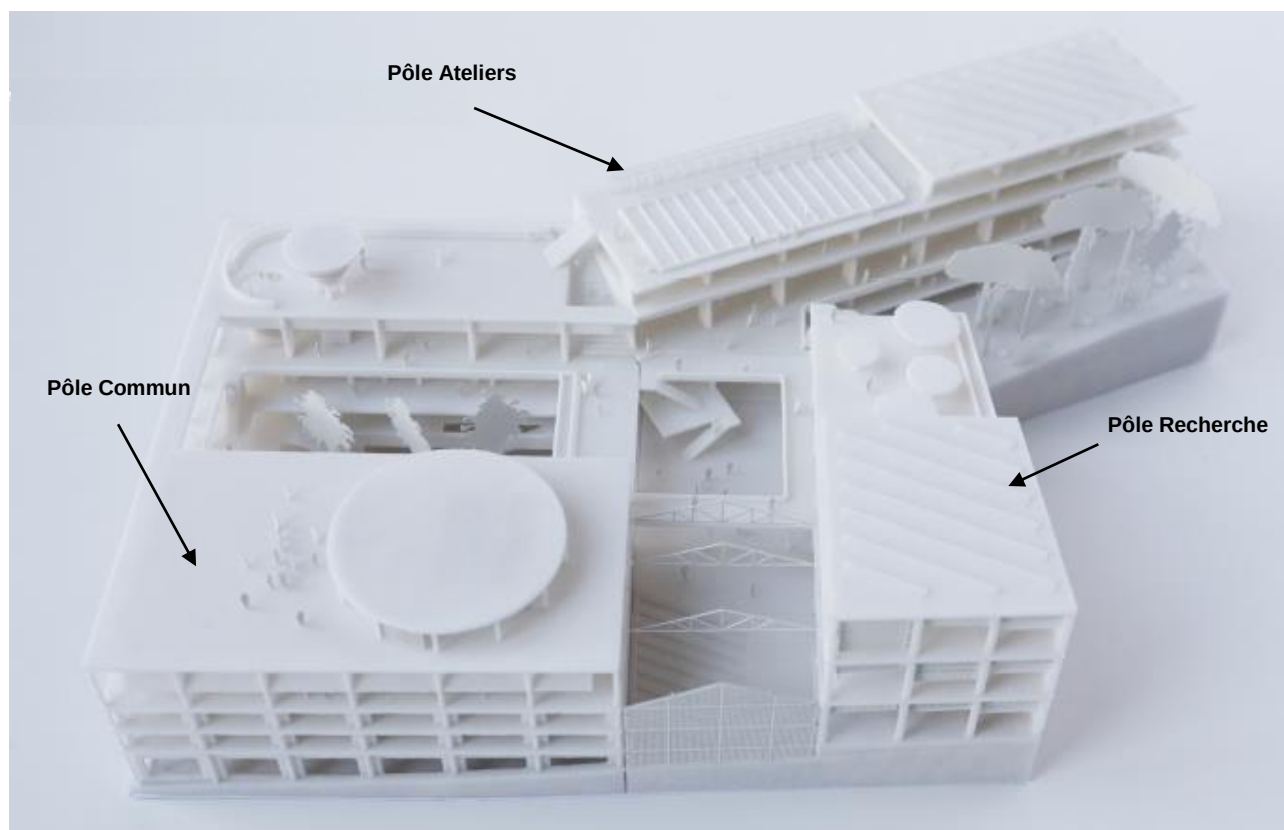


Figure 1 : Repérage des différents bâtiments

Cette notice définit :

- Les obligations des entreprises
- Le programme acoustique opposable aux entreprises pour les aspects concernant l'isolement aux bruits aériens vis-à-vis de l'extérieur, l'isolement aux bruits aériens entre locaux, le niveau de bruit d'impact dans les locaux, l'acoustique interne des locaux et le bruit généré par les équipements techniques tant à l'intérieur des locaux qu'à l'extérieur.
- Le dimensionnement des ouvrages détaillés par lots

2 DIAGNOSTICS ENVIRONNEMENTAUX

Des diagnostics environnementaux acoustiques et vibratoires ont été menés sur site par le bureau d'études SIXENSE ENVIRONNEMENT les 28 et 29 juin.

La localisation du projet, situé partiellement au-dessus des lignes de métro 1 et 2, avait soulevé des inquiétudes en APS quant à l'exposition aux vibrations des bâtiments lors des passages de trains. Néanmoins, le diagnostic a montré que les passages des trains ne génèrent aucune émergence vibratoire perceptible en différents points de la parcelle et dans le bâtiment voisin (EMD). Cet aspect ne fera donc l'objet d'aucune précaution particulière.

En ce qui concerne le diagnostic acoustique environnemental, celui-ci a permis de quantifier les niveaux de bruit ambiant et niveaux de bruit résiduels en plusieurs points de la parcelle. Cela servira pour la définition des objectifs réglementaires de bruit généré par les équipements techniques en limite de propriété des tiers.

3 ENJEUX ACOUSTIQUES

Les enjeux acoustiques sur ce projet sont nombreux. Les demandes programmatiques qui mettent l'accent sur la flexibilité et l'évolutivité d'une part, et le parti architectural innovant et audacieux d'autre part, multiplient les problématiques acoustiques.

- À la demande du MOA, les 2 amphithéâtres au RDC peuvent être regroupés en un seul grand amphithéâtre grâce à un dispositif de mur mobile.
L'objectif réglementaire applicable aux salles polyvalentes (D_{nTA} de 50 dB) sera recherché ce qui permettra une bonne utilisation simultanée des amphithéâtres en mode voix parlée de part et d'autre. Cet objectif sera difficile à atteindre malgré des performances élevées annoncées par les constructeurs sur des mesures laboratoires (affaiblissement acoustique $R_w + C$ de 57 dB). Pour des diffusions sonores amplifiées (> 85 dB(A)), un isolement supérieur serait souhaitable mais ne peut être atteint avec le dispositif de mur mobile simple.
- La salle du conseil et de soutenance de thèses est conçue comme une salle hémisphérique. L'obtention d'une intelligibilité de la parole élevée dans cette salle sensible constitue un défi acoustique car la paroi courbe va générer un effet de focalisation sonore qui va perturber la répartition homogène des sons dans la salle et donc l'intelligibilité. Des rideaux seront déployés pour atténuer ce phénomène au détriment de la vue sur l'extérieur.
- Les ateliers du pôle de formation, de surface 100 m² chacun, sont pensés comme des espaces évolutifs que les utilisateurs pourront utiliser séparément ou regroupés. Le séparatif entre les ateliers est donc un élément amovible (mais pas mobile), imaginé comme une « cloison – meuble », dont la conception permet de respecter les exigences acoustiques réglementaires en terme d'isolement aux bruits aériens entre locaux.
- Le bel étage du bâtiment Ateliers comprend des ateliers en double hauteur qui sont communicants. Il est prévu une division possible en ateliers de 200 ou 300 m² grâce à des portes doubles vantaux de très grandes dimensions. L'objectif réglementaire d'isolement aux bruits aériens entre « compartiments » ne pourra être atteint dans cette configuration mais des précautions seront prises pour qu'un isolement de 35 dB au moins soit atteint entre ateliers tel que validé par la MOA à travers la validation du dossier APD et en particulier du point 7 de la pièce A29
- Dans le Pôle Recherche Expérimentation, l'espace incubateur Jeunes Diplômes se trouve en mezzanine du plateau d'expérimentation où seront localisées des activités et machines bruyantes. Les précautions particulières portant sur le plancher et sur les parois vitrées de l'incubateur sont décrites dans la notice.
- En termes d'acoustique interne, la volonté de laisser un maximum de béton apparent en plancher haut a conduit à envisager un traitement mixte avec flocage acoustique en plafond et habillage acoustique mural en imposte et en allège.
- Le projet se trouve dans un secteur affecté par le bruit des infrastructures routières avec des voies classées au titre du bruit qui bordent la parcelle. Les isollements acoustiques des façades seront donc renforcés par rapport aux valeurs usuellement recherchées pour ce type d'établissement. La façade est dimensionnée pour offrir ces forts isollements mais devra faire l'objet de détails minutieux en phase EXE du fait des solutions atypiques envisagées.

4 OBLIGATIONS DES ENTREPRISES

4.1 Généralités

La présente Notice Acoustique constitue l'élément de référence en ce qui concerne les obligations de résultats qui sont imposées aux entreprises sur les aspects acoustiques.

La Notice Acoustique définit des spécifications acoustiques minimales relatives aux caractéristiques des matériaux et aux techniques à mettre en œuvre. Toutefois, les moyens définis dans la Notice Acoustique n'ont qu'un caractère indicatif dans la mesure où les entreprises devront justifier leurs propositions pour satisfaire les objectifs acoustiques par des notes de calcul, des plans d'exécution, des P.V. d'essais acoustiques attestant les caractéristiques des matériels et des matériaux.

Les éléments détaillés nécessaires au respect des exigences acoustiques énoncées dans la présente Notice Acoustique figurent dans les descriptifs de chacun des lots et dans les différents plans de la maîtrise d'œuvre. Néanmoins, le présent document, commun à tous les corps d'état, est conçu comme une synthèse des contraintes acoustiques que chaque entreprise doit prendre en compte, puisqu'il existe des interactions entre les différents corps d'état.

Il appartient donc aux entreprises d'établir leurs études tant techniques qu'économiques de façon à respecter les performances requises indiquées dans la présente Notice Acoustique. L'omission d'une quelconque recommandation dans la présente Notice Acoustique ou des différences par rapport aux descriptifs des lots ne saurait diminuer la responsabilité des entreprises quant aux garanties de résultat qui leur sont demandées.

Les éventuelles demandes de précisions ou d'informations et la découverte de toute discordance entre la présente Notice Acoustique et d'autres documents du dossier de consultation devront être communiquées à la Maîtrise d'œuvre avant la signature des marchés. Dans le cas contraire, les entreprises sont réputées avoir pris connaissance des différentes pièces du marché et répondre aux exigences et dispositifs les plus contraignants de chacune d'elles.

L'obtention des résultats définis dans le présent cahier des charges demande une synthèse précise entre les divers corps d'état et une mise en œuvre soignée.

4.2 Notion d'équivalence

Les spécifications techniques décrites dans le présent document sont généralement suivies d'une référence de matériau-type ou de matériel-type, suivies du terme « ou équivalent ».

Cette notion d'équivalence s'entend pour tous les aspects liés à la qualité acoustique du matériau ou du matériel cité, à savoir :

- La performance acoustique intrinsèque du matériau ou du matériel, à la fois en valeur globale (indice d'affaiblissement acoustique $R_w + C$ et $R_w + C_{tr}$, coefficient d'absorption acoustique α_w , niveau de puissance acoustique L_w , etc...) et en valeurs par bandes de fréquence sur un spectre établi au minimum de 63 Hz à 4 kHz ; cette performance acoustique doit avoir été mesurée dans un laboratoire acoustique agréé.
- La garantie d'une mise en œuvre permettant d'obtenir les performances acoustiques visées.
- La pérennité des performances acoustiques.

Dans tous les cas, c'est l'acousticien de la maîtrise d'œuvre qui jugera du caractère équivalent des produits proposés par les entreprises.

4.3 Documents à fournir par les entreprises avant commande et mise en œuvre

Avant commande des matériels et matériaux et réalisation des ouvrages, les pièces justifiant des performances acoustiques devront être fournies à la maîtrise d'œuvre pour avis.

Les performances propres aux matériaux ou complexes de matériaux et matériels devront avoir été établies par des mesures réalisées par un laboratoire agréé. Par défaut, les données acoustiques seront fournies en valeur globale et par octave de 125 à 4000 Hz. Pour le bruit des équipements techniques, les valeurs à l'octave 63 Hz doivent également être présentées.

Lorsque spécifié, les rapports d'essais acoustiques en laboratoire devront également être transmis à la maîtrise d'œuvre pour avis.

Les rapports d'essais acoustiques en laboratoire devront répondre aux exigences suivantes :

- essais acoustiques réalisés par un laboratoire européen agréé
- rapports d'essais de moins de 15 ans
- rapports d'essais rédigés en français, anglais, espagnol ou italien.
- rapports d'essais complets comportant, outre le résultat des mesures par tiers d'octave et en valeur globale, la référence à la norme de mesure, la méthodologie utilisée, ainsi qu'un descriptif du poste de mesure et un descriptif exhaustif de l'élément testé
- les conditions de montages du chantier doivent correspondre aux conditions de montage en laboratoire pour l'établissement du rapport d'essai.

Tout document dérogeant à ces exigences sera refusé.

Il est précisé que seule la MOE sera en mesure d'apprécier la validité et la représentativité des rapports d'essais acoustiques en laboratoire présentés par les entreprises. La MOE exigera la réalisation d'essais acoustiques spécifiques en laboratoire si les pièces présentées sont insuffisantes. Ces essais seront à la charge des entreprises.

Les pièces à fournir à minima sont renseignées dans le tableau ci-après :

Tableau 1 : Pièces à fournir par les entreprises pour VISA – lots architecturaux

N°Lot	Lot	Documents à fournir
A1.1	Gros Œuvre	- Plans et coupes avec indication des constitutions et des épaisseurs des planchers et parois verticales. - Rapport d'essai acoustique en laboratoire présentant l'indice d'affaiblissement acoustique R_w+C des parois maçonnées et planchers bois - Fiche technique, Note de calcul détaillée de dimensionnement acoustique des appuis antivibratiles du double plancher au-dessus des amphithéâtres et calepinage des appuis. - Détails d'exécution des doubles dalles et traitement du joint de désolidarisation
A1.2	Façade Mur Ossature Bois	- Plan de repérage des façades à ossature bois - Rapports d'essai acoustique en laboratoire présentant l'indice d'affaiblissement acoustique $R_w (C, C_{tr})$ de la façade avec doublage intérieur - Détail d'exécution de l'intégration des châssis et entrées d'air dans la façade
A1.4	Couverture - étanchéité	- Rapports d'essai acoustique en laboratoire présentant l'indice d'amélioration au bruit de choc ΔL_w de la sous-couche acoustique sous chapes extérieures. - Fiche technique et Note de calcul détaillée de dimensionnement acoustique du matelas antivibratiles du double plancher extérieur au-dessus des amphithéâtres - Détail d'exécution de la dalle désolidarisée et des chapes extérieures - Rapport d'essai acoustique en laboratoire présentant l'indice d'affaiblissement acoustique R_w+C_{tr} des lanterneaux
A1.5	Sols Béton de finition	- Plan de repérage des chapes avec spécification du type de sous-couche pour chaque chape - Rapports d'essai acoustique en laboratoire présentant l'indice d'amélioration au bruit de choc ΔL_w de la sous-couche acoustique
B2 C3	Menuiseries extérieures bois Menuiseries extérieures alu	- Plan de repérage des menuiseries extérieures avec légende renseignant la performance acoustique des vitrages - Rapports d'essai acoustique en laboratoire présentant l'indice d'affaiblissement acoustique $R_w(C, C_{tr})$ des menuiseries extérieures et ouvrants DSF - Détail d'exécution de l'intégration des châssis dans la façade bois - Détail de jonctions entre menuiseries extérieures et bâti (cloisons, poteaux et nez-de-dalle) - Détail de constitution des précadres (Pôle ateliers)

Tableau 2 : Pièces à fournir par les entreprises pour VISA – lots architecturaux (suite)

N°Lot	Lot	Documents à fournir
D4	Serrurerie	- Plan de repérage des blocs portes associé au tableau de porte avec légende détaillée - Rapports d'essai acoustique en laboratoire présentant l'indice d'affaiblissement acoustique $R_w(C,C_{tr})$ des blocs portes métalliques et cloisons vitrées - Plan de repérage des grilles acoustiques extérieures (VB et VH) et rapport d'essai acoustique en laboratoire présentant l'indice d'affaiblissement acoustique $R_w(C,C_{tr})$
E5	Menuiseries intérieures	- Plan de repérage des blocs portes bois et vitrées associé au tableau de porte avec légende détaillée - Rapports d'essai acoustique en laboratoire présentant l'indice d'affaiblissement acoustique $R_w(C,C_{tr})$ des blocs portes et trappes acoustiques - Plan de repérage des habillages, stores et rideaux absorbants - Rapports d'essai acoustique en laboratoire présentant le coefficient d'absorption α_w des habillages, voilages, rideaux et faux-plafonds acoustiques absorbants - Plan de localisation et détail de mise en œuvre des cloisons bois, cloisons vitrées et châssis vitrés - Rapports d'essai acoustique en laboratoire présentant l'indice d'affaiblissement acoustique $R_w(C,C_{tr})$ des cloisons bois, cloisons vitrées et châssis vitrés - Détail de constitution des sièges de l'auditorium - Constitution et calepinage des éléments de mobilier bois dans la salle de musique
F6	Cloisons – doublages – faux-plafond	- Plan de repérage des cloisons, doublages et gaines techniques avec légende détaillée - Rapports d'essai acoustique en laboratoire présentant l'indice d'affaiblissement acoustique $R_w(C,C_{tr})$ des cloisons, doublages et gaines techniques - Plan de repérage des plafonds suspendus avec légende détaillée - Rapports d'essai acoustique en laboratoire présentant le coefficient d'absorption α_w des faux-plafonds acoustiques absorbants - Détails d'exécutions relatifs à la réalisation du portique autoportant de la salle de musique.
F8	Sols souples	- Plan de repérage des revêtements de sol avec légende détaillée - Rapports d'essai acoustique en laboratoire présentant l'indice d'amélioration au bruit de choc ΔL_w des revêtements de sol
G7	Murs Mobiles	- Plan de localisation et détail de mise en œuvre du mur mobile - Rapports d'essai acoustique en laboratoire présentant l'indice d'affaiblissement acoustique $R_w(C,C_{tr})$ des murs mobiles

Tableau 3 : Pièces à fournir par les entreprises pour VISA – lots techniques

N°Lot	Lot	Documents à fournir
H10.1	CVC	- Plans et coupes des réseaux faisant apparaître les pièges à sons - Fiche technique des plots antivibratiles assortie des notes de calcul des performances de filtrage vibratoire sous les équipements techniques concernés - Caractéristiques L_w par octave sur 63 à 4000 Hz des équipements - Feuilles de calculs des réseaux de ventilation établies en dynamique (atténuations et régénérations), démontrant l'efficacité du dimensionnement des dispositifs réducteurs de bruit (pièges à sons, ...) sur les niveaux sonores dans les différents locaux types et en extérieur - Niveau de puissance acoustique L_w des terminaux de ventilation pour le débit considéré, y compris vers l'extérieur - Niveau de puissance acoustique L_w des aérorefrigérants en toiture - Niveau de puissance acoustique L_w des brasseurs d'air - Plan de calepinage des panneaux thermo-acoustiques et rapport acoustique en laboratoire présentant le coefficient d'absorption α_w des panneaux - Plan de localisation des entrées et sorties d'air - Rapport d'essai en laboratoire justifiant de l'indice d'affaiblissement D_{new} (C, C_{tr}) des entrées et sorties d'air et des bouches d'extraction - Fiche technique et principe de mise en œuvre des habillages des gaines
H10.2	Plomberie Sanitaire	- Fiche technique des plots antivibratiles ou ressorts assortie des notes de calcul des performances de filtrage vibratoire sous les équipements techniques concernés - Fiche technique des résilients pour les traversées de parois ou planchers - Plan de repérage des EU/EV/EP
I11.1	Electricité courants forts – courants faibles – photovoltaïque	Fiche technique des plots antivibratiles assortie des notes de calcul des performances de filtrage vibratoire sous les transformateurs
J13	Ascenseurs	- Descriptif technique des ascenseurs et méthodologie de mise en œuvre - Niveau de puissance acoustique L_w des ascenseurs
	Équipements de cuisine	Niveau de puissance acoustique L_w des hottes et extracteurs associés

4.4 Autocontrôles

Pour le bon déroulement des mesures acoustiques de fin de chantier, les entreprises devront réaliser au préalable un certain nombre d'autocontrôles décrits ci-après.

4.4.1 Objet des autocontrôles

Il est expressément demandé aux entreprises de procéder à des autocontrôles en cours de réalisation. Celles-ci doivent s'engager sur le fait que les ouvrages respectent les exigences de constitutions et de finitions et répondent le cas échéant aux remarques formulées par la MOE en phase de chantier.

Si les contrôles effectués lors de la campagne de mesures acoustiques de fin de travaux s'avéraient négatifs du fait d'une carence identifiée d'une ou plusieurs entreprises ou d'une absence d'autocontrôle préalable, les entreprises auraient à supporter, outre la mise en conformité des ouvrages, l'intégralité des coûts des essais acoustiques pour lever les réserves et des frais afférents.

4.4.2 Procédure d'autocontrôle

Les dossiers d'autocontrôle réalisés par les entreprises devront comporter les informations suivantes (liste non exhaustive et à adapter selon les corps d'états) :

- La date et l'heure d'exécution des mesures ou vérifications
- Un dossier de plans de niveaux (format A3) avec localisation des ouvrages contrôlés
- Un jeu de photos validant la bonne mise en œuvre des éléments ou la bonne exécution des finitions (calfeutrements, réglage des joints, etc...)

Les autocontrôles à fournir à l'acousticien sont détaillés dans le tableau récapitulatif suivant :

Tableau 4 : Descriptif des autocontrôles

N°Lot	Lot	Autocontrôle à fournir
A1.1	Gros Œuvre	- Vérification du respect de la nature, épaisseur et performance acoustique des parois, planchers et couvertures Vérification exhaustive des rebouchages et calfeutrement pour tous les séparatifs ayant fait l'objet d'une réservation. - Vérification des calfeuttements au niveau des jonctions entre éléments
B2 C3	Menuiseries extérieures bois Menuiseries extérieures alu	Vérification de la bonne compression des joints iso phoniques sur les dormants
E5	Menuiseries intérieures	- Vérification de la bonne compression des joints iso phoniques des blocs portes et du bon réglage des joints en traverse basse des vantaux pour l'absence de jour - Vérification exhaustive des rebouchages et calfeutrement pour tous les séparatifs ayant fait l'objet d'une réservation
F6	Cloisons – doublages – faux-plafond	- Vérification exhaustive des rebouchages et calfeutrement pour tous les séparatifs ayant fait l'objet d'une réservation - Vérification de l'épaisseur du flocage acoustique (mesure à effectuer au niveau des creux)
H10.1 H10.2 I11.1	CVC Plomberie sanitaire Electricité	- Vérification des calfeuttements et rebouchages au niveau des traversées de paroi - Mesure et au réglage des débits d'air dans les divers réseaux et organes. - Vérification du respect de contraintes de niveau sonore dans l'environnement par mesurages à 2m des grilles et dans les LT lorsque que chaque équipement est en fonctionnement. Rapport d'essais - Vérification de l'écrasement des appuis antivibratiles sous les équipements
J13	Ascenseurs	Vérification du niveau sonore généré par le fonctionnement des ascenseurs. Rapport d'essais

4.4.3 Calfeuttements et rebouchages

Un suivi attentif doit être effectué sur cet aspect pendant toute la durée du chantier en coordination avec les lots 1.1 Gros Œuvre, 5.1 Menuiseries Intérieures et 5.2 Cloisons - Doublages qui réaliseront les travaux de rebouchage ou calfeutrement sur leurs ouvrages, et les lots techniques dont les éléments traversent ponctuellement les séparatifs.

Tous les éléments traversants (câbles, gaines, canalisations, conduits et luminaires) devront être revêtus d'un fourreau résilient et le rebouchage ou calfeutrement sera effectué à pleine épaisseur au mortier ou au plâtre selon la nature du séparatif concerné.

4.4.4 Mesures acoustiques à charge du lot E

Afin de vérifier les performances des ouvrages pendant et à la fin du chantier, des mesures acoustiques auront lieu.

Ces mesures concernent tous les lots mais seront à charge du lot Menuiseries intérieures E cahier 5 qui devra confier une mission à un acousticien indépendant pour la réalisation de ces mesures.

Il appartiendra à l'acousticien qui réalise ces mesures de dresser une liste de réserves dans le cas où les objectifs ne seraient pas atteints, d'identifier les lots responsables des éventuelles carences et de définir les travaux palliatifs à prévoir.

Il appartiendra au lot E cahier 5 Menuiseries intérieures de choisir un acousticien, de piloter l'organisation des mesures acoustiques, de garantir la tenue des mesures acoustiques dans de bonnes conditions et de transmettre les rapports à l'ensemble des acteurs du projet.

Le choix de l'acousticien devra être acté 1 mois au moins avant la finalisation du témoin.

4.4.4.1 Mesures acoustique dans local témoin

Des mesures de durée de réverbération seront effectuées dans un local témoin de type atelier / salle de cours pour valider la mise en œuvre des principes de traitement de l'acoustique interne. Les mesures devront être effectuées dans une salle fermée de 50 m² au moins.

La salle devra être meublée pour la réalisation des mesures.

Si possible, des mesures d'isolement seront également effectuées pour valider la performance des cloisons bois.

4.4.4.2 Mesures acoustiques de fin de chantier à charge des entreprises

Une fois les travaux achevés et les rapports d'autocontrôle de chaque entreprise transmis à l'acousticien de maîtrise d'œuvre, la campagne de mesures acoustiques de fin de travaux pourra avoir lieu.

Les entreprises devront prendre toute disposition pour permettre ces essais de contrôle de conformité. Toute mesure ne pouvant pas être exécutée le jour prévu pour le contrôle du fait d'une carence d'une entreprise sera réalisée ultérieurement à la charge de ladite entreprise.

Les essais comprendront au minimum :

Type de mesure	Description
Isolement des locaux vis-à-vis de l'espace extérieur (indice $D_{nTA,tr}$)	2 mesures par façade pour chaque étage de chaque bâtiment 1 mesure obligatoire pour l'amphithéâtre 250 et pour la salle des thèses
Isolement aux bruits aériens entre locaux adjacents (indice D_{nTA})	2 mesures d'isolement entre locaux de vie pour chaque étage de chaque bâtiment 2 mesures d'isolement entre circulations et locaux de vie pour chaque étage de chaque bâtiment 2 mesures d'isolement entre local technique et local de vie 1 Mesure entre amphithéâtres avec le mur mobile fermé
Isolement aux bruits aériens entre locaux superposés (indice D_{nTA})	2 mesures pour chaque bâtiment
Niveau de bruit d'impact (L'_{nTw})	2 mesures pour chaque bâtiment 2 mesures en réception dans les amphis avec émission dans la halle d'expérimentation et émission dans la cour des expérimentations
Durée de réverbération dans les locaux (T_r)	2 mesures dans ateliers 100 m ² 1 mesure dans atelier 200 m ² (double hauteur) 1 mesure dans chaque amphithéâtre 1 mesure dans espace repas 1 mesure dans espace de consultation 2 mesures dans bureaux (Pôle Commun et Pôle Recherche) 1 mesure dans salle de conseil 1 mesure dans le hall 1 mesure dans halle d'expérimentation 1 mesure dans incubateur 1 mesure dans salle de musique <i>Remarque : 1 mesure = moyenne sur 3 points au moins</i>
Mesures du bruit des équipements techniques à l'intérieur des locaux	2 mesures par étage pour les bâtiments
Mesures du bruit des équipements techniques dans l'environnement	Mesures en limite de propriété sur 4 points au moins

Un repérage des mesures sera à fournir pour validation par l'acousticien de la MOE avant la réalisation de la campagne de mesures.

4.4.4.3 Rapports de mesures

Les rapports détaillés des mesures devront inclure les courbes brutes par bandes d'octaves des résultats sur les bandes d'octaves centrées sur 125 Hz à 4000 Hz au minimum.

Les rapports devront comprendre :

- L'identification de l'intervenant réalisant les mesures
- La date et l'heure d'exécution des mesures
- Un dossier de plans de niveaux (format A3) avec localisation des mesures effectuées
- Les conditions de mesures
- Les observations visuelles (avec photos à l'appui) pouvant aider à la compréhension des résultats de mesure, par exemple : liste des travaux non terminés pouvant avoir une incidence sur les résultats (absence de portes, absence de grilles de ventilation, etc...perturbations présentes pendant les mesures du fait de l'activité extérieure à l'espace) considéré
- La liste des matériels utilisés pour la réalisation des mesures et leurs numéros de série
- Les mesures acoustiques seront réalisées conformément aux normes en vigueur, notamment : NF S 31.077 « Acoustique – Mesurage de l'isolement dû aux bruits aériens et de la transmission des bruits de choc ainsi que du bruit des équipements – Méthode de contrôle » (NF EN 10-052), NF S 31.010 « Caractérisation et mesurage des bruits de l'environnement – Méthodes particulières de mesurage ».

Les travaux modificatifs seront autocontrôlés par les entreprises et elles informeront la maîtrise d'œuvre de l'achèvement des travaux modificatifs.

Pour tout résultat non conforme, les entreprises identifiées devront procéder à la mise en conformité et supporter les charges correspondantes aux essais acoustiques supplémentaires à faire réaliser par l'acousticien de leur choix.

Les essais devront impérativement être effectués avant la fin des OPR pour intégrer les réserves d'ordre acoustique. Si cela s'avérait impossible, les PV de réception de l'ouvrage devront porter la mention « *sous réserve des résultats d'essais acoustiques* ».

4.5 Mesures acoustiques de fin de chantier réalisées par la maîtrise d'œuvre

Une fois les travaux achevés et les rapports de mesurages et d'autocontrôle de chaque entreprise transmis à l'acousticien de la maîtrise d'œuvre, des mesures acoustiques complémentaires de fin de chantier seront menées par l'acousticien de la maîtrise d'œuvre avec l'assistance de l'entreprise (mise en fonctionnement / arrêt des équipements, accès aux locaux, etc...).

Pour tout résultat non conforme, les entreprises identifiées devront procéder à la mise en conformité et supporter les charges correspondantes aux essais acoustiques supplémentaires à faire réaliser par l'acousticien de leur choix.

Les essais devront impérativement être effectués avant la fin des OPR pour intégrer les réserves d'ordre acoustique.

Si cela s'avérait impossible, des réserves acoustiques seraient incluses de fait jusqu'à la fourniture des résultats d'essais acoustiques.

5 PROGRAMME ACOUSTIQUE

5.1 Document de référence

Les textes réglementaires applicables au projet sont listés ci-dessous :

- **Arrêté du 25 avril 2003** relatif à la limitation du bruit dans les établissements d'enseignement.

Cet arrêté fixe les principaux objectifs en termes de protection acoustique (isolement aux bruits aériens et niveaux de bruit d'impact) des locaux et qualité acoustique interne (durée de réverbération, niveau de bruit de fond).

- **Arrêté du 23 juillet 2013** modifiant l'arrêté du 30 mai 1996 relatif aux modalités de classement des infrastructures de transports terrestres et à l'isolement acoustique des bâtiments d'habitation dans les secteurs affectés par le bruit

Cet arrêté définit les exigences acoustiques en termes d'isolement vis-à-vis des bruits extérieurs.

- **Arrêté du 20 avril 2017** relatif à l'accessibilité aux personnes handicapées des établissements recevant du public lors de leur construction et des installations ouvertes au public lors de leur aménagement

Cet arrêté définit les exigences en termes de surfaces absorbantes dans les espaces réservés à l'accueil et à l'attente du public ainsi que des salles de restauration (uniquement dans le cas où ces espaces ne sont pas concernés par les textes réglementaires spécifiques au type d'établissement).

- **Décret no 2006-1099 du 31 août 2006** relatif à la lutte contre les bruits de voisinage et modifiant le code de la santé publique (dispositions réglementaires)

Ce décret fixe les émergences sonores admissibles en limite de propriété des tiers.

- **Arrêté du 23 juin 1978** relatif aux installations fixes destinées au chauffage et à l'alimentation en eau chaude sanitaire des bâtiments d'habitation, de bureaux ou recevant du public (ERP).

Cet arrêté fixe les niveaux de bruits maximaux générés par la chaufferie à l'intérieur des locaux et en façade des bâtiments (y compris ceux du projet)

Ce projet ne s'inscrit pas dans une démarche de certification environnementale.

5.2 Objectifs acoustiques

La définition des indices acoustiques est donnée en annexe.

5.2.1 Isolement aux bruits aériens vis-à-vis de l'extérieur

La parcelle du projet se trouve dans une ZAC qui fait l'objet d'un réaménagement dans le cadre du projet Euroméditerranée.

Selon l'arrêté préfectoral du 9 mai 2016 portant sur la révision du classement sonore des infrastructures de transport terrestres du Département des Bouches-du-Rhône, la parcelle est aujourd'hui affectée par plusieurs voies bruyantes et classées au titre du bruit :

Nom de l'infrastructure	Catégorie	Distance à la façade la plus exposée	Angle de vue	Isolement $D_{nT_{Atr}}$ à rechercher sur façade plus exposée
Boulevard Nedelec	3	≤ 15 m	$>135^\circ$	≥ 38 dB
Avenue Camille Pelletan	3	≤ 65 m	$>135^\circ$	≥ 32 dB
Rue Jules Ferry	3	≤ 50 m	0° (façade masquée)	≥ 30 dB

Elles sont repérées ci-dessous :

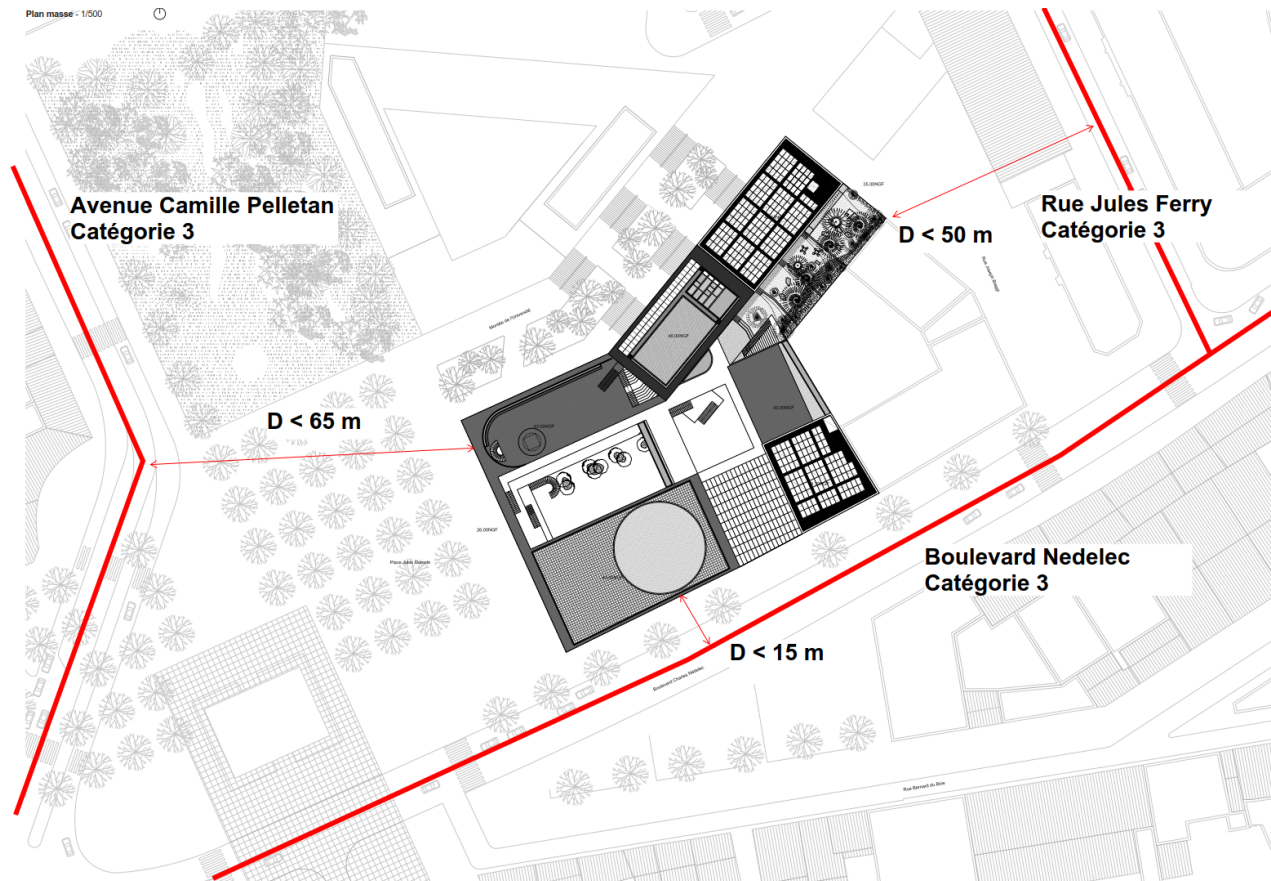


Figure 2 : Repérage des voies bruyantes affectant la parcelle

Les objectifs d'isolement déterminés par la méthode forfaitaire de la réglementation sont donnés en annexe.

Pour la façade en vue directe sur le Boulevard Nedelec, l'isolement de façade est élevé et nécessitera des façades particulièrement performantes en termes d'affaiblissement acoustique.

Il est proposé le même isolement pour la façade circulaire de la salle du conseil. Bien qu'une partie de la façade soit partiellement masqué, il semble pertinent de préserver la continuité de la façade.

Sur les pignons internes du Pôle Commun et du Pôle Recherche, l'exigence réglementaire dépend de la distance par rapport au boulevard et son angle de visibilité.

Il est proposé pour ces pignons d'étendre l'objectif D_{nTAtr} de 35 dB à l'ensemble du pignon.

Sur les autres façades, l'isolement sera égal au minimum réglementaire, sauf pour le pignon Ouest du Pôle des Ateliers qui est affecté par l'Avenue Camille Pelletan où l'isolement est légèrement renforcé mais cela n'aura pas de conséquence majeure sur le dimensionnement de la façade.

En ce qui concerne les amphithéâtres, l'isolement D_{nTAtr} sera limité à 40 dB environ en l'absence de double façade. Cet ordre de grandeur d'isolement permet une protection conséquente de l'amphithéâtre dans le cas général, mais les bruits émis dans le patio adjacent pourront être perçus dans l'amphithéâtre en cas d'intensité sonore élevée.

5.2.2 Isolement aux bruits aériens entre locaux

Les objectifs d'isolement sont exprimés par l'indice standardisé et pondéré D_{nTA} . Ils ont été définis pour respecter lorsque possible les exigences réglementaires.

Les définitions des indices et grandeurs acoustiques utilisés pour définir les objectifs figurent en annexe.

Les objectifs proposés ce projet sont indiqués ci-après pour chaque bâtiment :

Tous BATIMENTS – Cas général		
Locaux concernés		Objectif D_{nTA} en dB
Local 1	Local 2	
Circulations	Sanitaires, locaux techniques	35
Sanitaires	Local d'activité ¹	50
Entre blocs sanitaires		40
Local technique bruyant ²	Local d'activité sans porte de communication	50
Entre étages		50
Remarques		
1) Local d'activité : tout local impliquant l'occupation prolongé de personnes.		
2) Local avec $L_p \geq 75$ dB(A)		

RDC ET ESPACES PARTAGES		
Locaux concernés		Objectif D_{nTA} en dB
Local 1	Local 2	
Espace repas (C7)	Plateau partagé (C2)	53
Salle de musique (C3)	Autres locaux (y compris locaux R+2)	60
Amphithéâtre 250 (A9)	Amphithéâtre 200 (A8)	50
Circulation	Amphithéâtres (A8 et A9)	35
Forum (A5)	Amphithéâtres (A8 et A9)	50
Forum (A5)	Salles banalisées R+1 (A7 /D14.1 et D14.2)	53
Bureau confrencier (A13)	Locaux Déchets (A25)	50
Amphithéâtres (A8 et A9)	Halle d'expérimentation R+2 (F11)	55
Hall d'entrée (A0)	Espace repas (C7.1), Forum (A5)	30
Hall d'entrée (A0)	Accueil (A1), bureau surveillants (A4)	30

POLE ATELIERS		
Locaux concernés		Objectif D_{nTA} en dB
Local 1	Local 2	
R+2 à R+7 (hors R+4)		
Atelier (D1), salle d'enseignement	Autre atelier (D1) adjacent avec porte de com.	40 ¹
Atelier (D1), salle d'enseignement	Atelier superposé	43
Circulation intérieure	Atelier ou salle d'enseignement	30
Sanitaires	Atelier ou salle d'enseignement	50
R+4		
Grand atelier	Autre grand atelier	35 ¹
Remarques 1) La présence d'une porte double vantaux entre les locaux rend cet objectif difficile à obtenir. Un soin particulier devra être porté à la mise en œuvre des portes de façon à garantir une compression homogène des joints y compris en traverse basse. 2) Cet objectif n'est pas réglementaire et a fait l'objet d'une demande de dérogation validée par le MOA compte tenu de la spécificité de cet étage. En effet, le R+4 est sur double hauteur et fonctionnera comme un unique volume avec possibilités de recoupement par des portes de très grandes dimensions pour former des ateliers de 200 m ² ou 300 m ² .		

POLE RECHERCHE		
Locaux concernés		Objectif D_{nTA} en dB
Local 1	Local 2	
R+2 / R+3		
Halle d'expérimentation (F11)	Bureau responsable (F9)	40
Halle d'expérimentation (F11)	Incubateur Jeunes Diplômes (F12) au R+1	50
Atelier Maquette (F10)	Incubateur Jeunes Diplômes (F12) au R+1	50
R+4 à R+7		
Bureau (y compris bureau ouvert)	Autre bureau avec porte de communication	40
Bureau	Autre bureau sans porte de communication	43
Plateau technique (F8)	Bureaux doubles R+5 (F3)	43

POLE COMMUN		
Locaux concernés		Objectif D_{nTA} en dB
Local 1	/ Local 2	
R+1		
Local ventilation Forum	/ Salles banalisées R+1 (A7 /D14.1 et D14.2)	50
R+2 / R+3		
Bureau	/ Autre bureau avec porte de communication	40
Bureau	/ Autre bureau sans porte de communication	43
Circulation	/ Salle de réunion (E15, E21, E23)	30
Salle de réunion	/ Autre salle de réunion	50
Salle de réunion	/ Autre local avec porte de communication	40
R+4 / R+5		
Salles de travail (B8)	/ Espace de consultation (B7), Repro, Accueil	40
Salle de travail (B8)	/ Autre salle de travail (B8)	35 ¹
Bureau (B11)	/ Bureau (B12)	40
Bureaux (B11 et B12)	/ Bibliothèque (R+4)	43
R+6		
Salle du conseil (A10)	/ Sanitaires (A15)	50
Remarques		
1) L'isolement entre salles de travail d'une bibliothèque n'est pas réglementé. Un isolement D_{nTA} de 35 dB au moins est recommandé et c'est l'objectif minimal proposé pour ces salles. Les séparatifs seront néanmoins dimensionnés pour que l'isolement D_{nTA} soit plus proche de 40 dB.		

5.2.3 Niveau de bruit de choc

Les objectifs de niveau de bruit de choc sont exprimés par l'indice standardisé et pondéré L'_{nTw} . Ils sont renseignés dans le tableau ci-après ; les valeurs indiquées sont des valeurs maximales à ne pas dépasser :

Locaux concernés	Objectif L'_{nTw} en dB
Amphithéâtres	45 ¹
Autres locaux	60 ²
Remarques 1) Les amphithéâtres sont situés sous la halle d'expérimentation considérée comme un atelier bruyant. L'exigence réglementaire dans ce cas est plus sévère. Les amphithéâtres sont aussi situés en partie sous la cour des expérimentations. Afin de protéger au mieux les amphithéâtres des impacts de forte intensité prévisibles aussi bien dans la halle d'expérimentation (manipulation d'objets lourds, utilisation d'outils générant des impacts de type marteau, etc...) que dans la cour des expérimentations (charge et décharge de matériel, etc...), une double dalle désolidarisée est envisagée dans cette zone. Cette disposition va au-delà de la stricte exigence réglementaire qui pourrait probablement être atteinte avec une chape flottante mais qui ne permettrait pas de protéger efficacement les amphithéâtres. À titre informatif, le niveau de bruit d'impact est déterminé avec une machine à chocs normalisée qui excite très peu les planchers en basses fréquences qui n'est donc en rien représentative des impacts prévisibles dans la halle d'expérimentation ou dans la cour des expérimentations. Le seul respect de la valeur réglementaire ne permettrait pas d'assurer une protection suffisante pour les amphithéâtres. 2) En l'absence de revêtements de sol souples sur ce projet, mis à part dans la zone administration du Pôle Commun, l'atténuation des bruits de chocs se fera par mise en œuvre systématique de chapes flottantes reposant sur des matériaux élastiques adaptés dans les locaux. En l'absence de revêtement de sol souple, ces chapes devront être indépendantes pour chaque local pour que les bruits d'impacts ne soient pas transmis entre locaux adjacents.	

5.2.4 Durées de réverbération et aires d'absorption équivalente

Nous avons définis à ce stade les objectifs de durées de réverbérations (T_r) que nous conseillons de rechercher dans les espaces compte tenu de leur fonction et en réponse aux exigences réglementaires.

La faisabilité de leur obtention n'est pas encore acquise

Ils sont donnés dans les tableaux ci-après.

Pour les durées de réverbérations, les objectifs correspondent à la valeur moyennée sur les bandes d'octave 500 Hz, 1000 Hz et 2000 Hz pour des locaux meublés non occupés.

RDC ET ESPACES PARTAGES	
Locaux concernés	Objectif T_r en s
Espace repas polyvalent (C7) Salles de réunion (C5), BDE (C1), Bureau Partagé (C2) Local musique (C3) Amphi 250 (A9), amphi 200 (A8) Forum (A5) Hall (A0) Accueil (A1) / Bureau Surveillants (A4) Salles banalisées (A7 / D14.2)	$\leq 1,2$ $0,4 \leq T_r \leq 0,8$ $0,4 \leq T_r \leq 0,6$ $\leq 0,9$ $\leq 2,1$ ($V \approx 2785 \text{ m}^3$) $\leq 1,2$ ($V \leq 500 \text{ m}^3$) $0,4 \leq T_r \leq 0,8$ ¹ $0,4 \leq T_r \leq 0,8$ ²
Remarque 1) Dans l'accueil A1, l'objectif ne pourra être atteint qu'avec le rideau acoustique déployé	

POLE ATELIERS	
Locaux concernés	Objectif T_r en s
R+2 à R+7 Ateliers (D1), salle d'enseignement de volume inférieur à 250 m^3 Ateliers (D1), salle d'enseignement de volume supérieur à 250 m^3	$0,4 \leq T_r \leq 0,8$ $0,6 \leq T_r \leq 1,2$

POLE RECHERCHE	
Locaux concernés	Objectif T_r en s
R+2 / R+3 Halle d'expérimentation (F11) Atelier Maquette (F10) Espace incubateur Jeunes diplômé (F12)	$T_r \leq 1,6$ ($V \approx 1160 \text{ m}^3$) $T_r \leq 1,0$ $0,6 \leq T_r \leq 1,2$
R+4 / R+7 Plateau technique (F8) Bureaux direction (F1) Bureaux simples ou doubles (F2, F3) Espace de travail partagé (F15)	$T_r \leq 1,65$ ($V \approx 1400 \text{ m}^3$) $0,4 \leq T_r \leq 0,8$ $0,4 \leq T_r \leq 0,8$ $T_r \leq 1,2$
Remarque <i>Pour les locaux accessibles aux élèves et de volume supérieur à 512 m^3, l'objectif de durée de réverbération réglementaire est donné par $T_r \leq 0.15 \times \sqrt[3]{V}$</i>	

POLE COMMUN	
Locaux concernés	Objectif T_r en s
R+2 / R+3 Bureaux et salles de réunion	$0,4 \leq T_r \leq 0,8$
R+4 / R+5 Espaces de consultation Salles de travail (B8), bureaux (B11, B12)	$0,4 \leq T_r \leq 0,8$ $0,4 \leq T_r \leq 0,8$
R+6 Salle du conseil (A10) ¹	$0,4 \leq T_r \leq 0,8$
Remarque 1) <i>Dans la du conseil, outre la maîtrise de la durée de réverbération, l'atténuation de la focalisation sonore générée par la forme hémisphérique de la salle sera nécessaire pour atteindre une bonne intelligibilité en tout point de la salle. Des rideaux absorbants sont envisagés pour atténuer la focalisation. Nous indiquons toutefois que l'efficacité des rideaux est limitée en termes d'absorption acoustique et que cela ne permettra pas d'éliminer le phénomène qui risque d'altérer l'intelligibilité en certains points. D'autre part, si les utilisateurs souhaitent bénéficier de la vue et ne pas déployer les rideaux, cela se fera au détriment de la qualité acoustique et de l'intelligibilité.</i>	

En complément de ces objectifs de résultats, la réglementation oblige à une obligation de moyen pour certains espaces.

Celle-ci est décrite en termes d'aire d'absorption équivalente AAE :

Cas général	
Locaux concernés	Exigence AAE en m²
Circulations horizontales	AAE ≥ 50 % de la Surface au sol
Tout Local technique	AAE ≥ 50 % de la Surface au sol

L'aire d'absorption équivalente AAE d'un matériau se calcule en multipliant sa surface S par son coefficient d'absorption α_w . L'aire d'absorption équivalente AAE totale est le cumul des AAE de chaque surface.

5.2.5 Niveaux de bruit d'équipements

La valeur du niveau de pression normalisé L_{nAT} généré par les équipements techniques ne devra pas dépasser les valeurs indiquées dans le tableau ci-dessous.

Locaux concernés	Objectif L_{nAT} en dB(A)
Amphithéâtres (A8 et A9), salle du conseil (A10), salle de musique (A3), Espaces de consultation (B5 à B9)	33 limité à NR28
Ateliers, salles d'enseignement, locaux administratifs	38 limité à NR33
Atelier maquette (F10)	38 limité à NR33 50 limité à NR45 avec aspiration bois en fonctionnement
Autres locaux (or locaux techniques)	42 limité à NR38

Pour les locaux équipés de brasseurs d'air, l'objectif de bruit de fond pourra être augmenté de 5 dB(A) lors de leur mise en fonctionnement.

5.2.6 Niveau de bruit généré dans l'environnement

Nous rappelons dans le tableau ci-après les émergences sonores maximales admissibles en limite de propriété des tiers lorsque l'ensemble des équipements est en fonctionnement.

Ces valeurs sont issues de la réglementation relative aux bruits de voisinage.

Nous proposons que ces objectifs soient également recherchés sur le patio et les terrasses accessibles du projet.

Période	Émergence sonore en dB
Diurne (7h - 22h)	5
Nocturne (22h - 7h)	3

En fonction de la durée d'apparition du bruit, un terme correctif pourra être appliqué à ces valeurs. Il est considéré à ce stade que les équipements fonctionnent en continu.

Par ailleurs, nous recommandons que le niveau sonore L_{Aeq} soit limité aux valeurs suivantes :

Localisation	Niveau sonore L_{Aeq} en dB(A)
À 2 m des façades ouvrantes du projet côté cour	≤ 45
Patio et terrasses - jardins accessibles	≤ 45

D'après le diagnostic acoustique environnemental effectué par SIXENSE Environnement en date du 28 et 29 juin 2018, les niveaux de bruit de fond résiduel en limite de propriété sont indiqués ci-dessous.

Nous avons retenu l'indice acoustique L_{50} pour la valeur du niveau de bruit résiduel diurne car cet indice est adapté pour décrire un niveau de bruit dans un environnement urbain avec un trafic routier constant.

Pour le niveau de bruit résiduel nocturne en revanche nous avons retenu l'indice L_{90} pour le point de référence ayant fait l'objet d'une mesure nocturne car cet indice est plus représentatif du niveau de bruit entre les passages ponctuels de véhicules.

Dans les autres cas, le niveau de bruit nocturne est estimé sur la base des mesures effectuées au point de référence. En l'occurrence, une différence de 9 dB est observée entre le niveau de bruit résiduel diurne et le niveau de bruit résiduel nocturne.

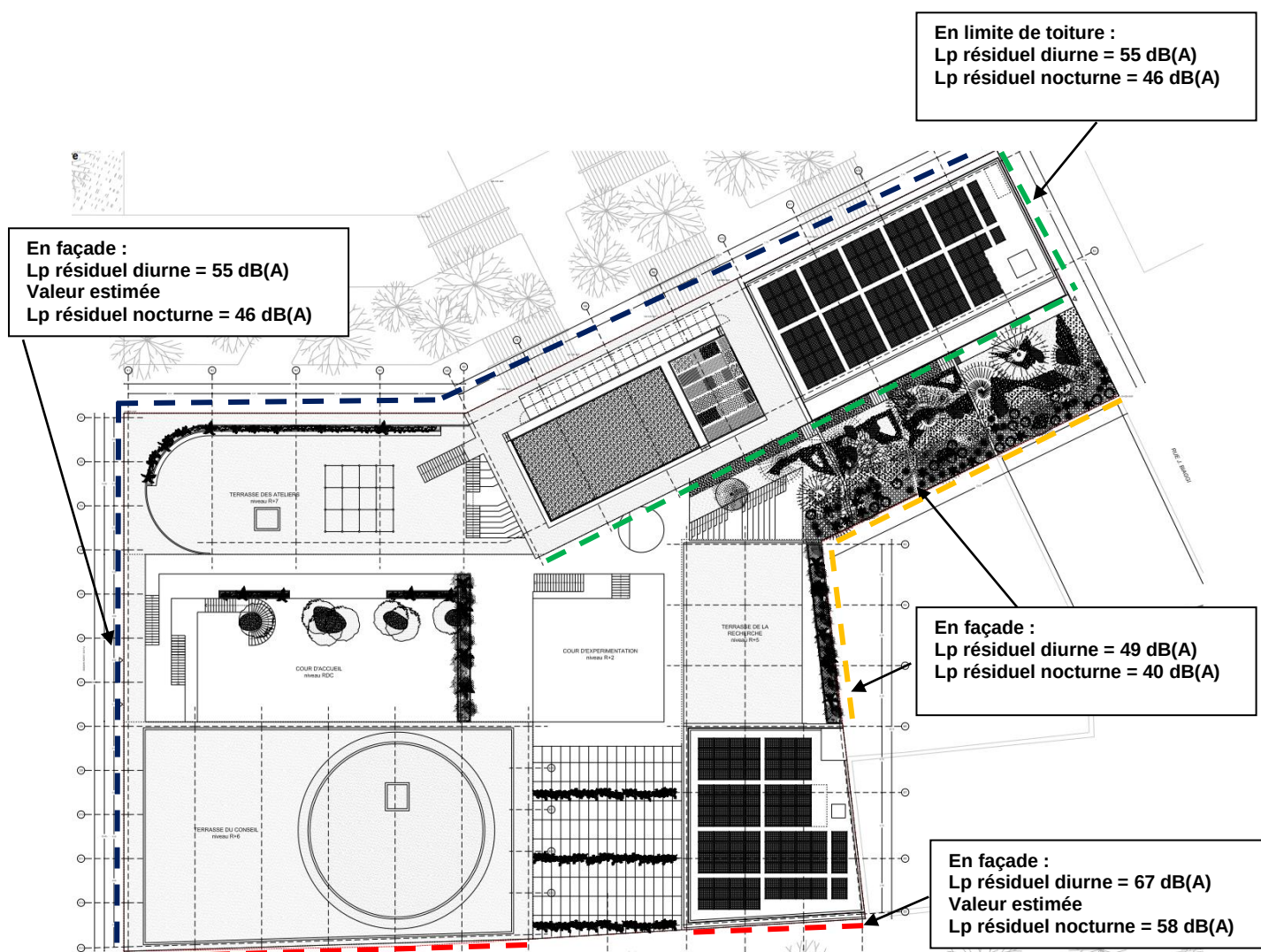


Figure 3 : Niveau de bruit de fond résiduel en limite de propriété

Nous précisons que ces niveaux de bruit vont vraisemblablement baisser car les bâtiments du projet vont créer un effet de masque par rapport aux axes routiers. Le niveau sonore dans les cours et aires extérieures protégées sera a priori inférieur à 50 dB(A) à la fin des travaux.

Enfin, ce diagnostic confirme le diagnostic fourni par le MOA en début de projet, à savoir que le bruit du passage des métros n'est pas perceptible en l'état actuel depuis le puits Jules Guesde au cœur de la parcelle du projet.

6 PRECONISATIONS ACOUSTIQUES

Le dimensionnement des ouvrages est détaillé ci-après pour chaque lot :

6.1 Lot A - Cahier 1.1 Gros œuvre

6.1.1 Façades, voiles et parois maçonnées

Les parois maçonnées en béton du projet sont décrits ci-dessous :

Tableau 5 : Description voiles et refends

Description	Caractéristiques acoustiques	Localisation
Voile plein 20 cm ou parpaings pleins 20 cm avec enduit mortier 2 faces	Indice d'affaiblissement acoustique : $R_w + C \geq 58$ dB	<u>Cas général</u> Locaux techniques vis-à-vis des locaux d'activités, parois amphithéâtre Trémies ascenseur, cage d'escalier, sanitaires
Façade en béton préfabriqué d'épaisseur 15 cm au moins	Indice d'affaiblissement acoustique : $R_w + C \geq 55$ dB	<u>Cas général</u> Façades béton

6.1.2 Dalles

Toutes les dalles du projet sont décrites ci-dessous :

Tableau 6 : Description des dalles

Description	Caractéristiques acoustiques	Localisation
Dalle alvéolaire 28 cm + chape de compression 7 cm	Indice d'affaiblissement acoustique : $R_w + C \geq 61$ dB Niveau de bruit d'impact : $L_{n,w} \leq 80$ dB	Plancher haut amphithéâtres
Dalle alvéolaire 20 cm + chape de compression 5 cm	Indice d'affaiblissement acoustique : $R_w + C \geq 58$ dB Niveau de bruit d'impact : $L_{n,w} \leq 80$ dB	Cas courant sauf cas mentionné ci-après
Dalle pleine 30 cm	Indice d'affaiblissement acoustique : $R_w + C \geq 58$ dB Niveau de bruit d'impact : $L_{n,w} \leq 70$ dB	<u>Pôle Commun</u> Plancher bas R+5
Plancher bois type bois lamellé-croisé d'épaisseur 20 cm au moins Remarque : plancher revêtu d'une chape flottante à charge du lot 1.5	Indice d'affaiblissement acoustique : $R_w + C \geq 58$ dB Niveau de bruit d'impact : $L_{n,w} \leq 80$ dB	<u>Pôle Recherche</u> Plancher bas R+3, R+5 et R+7

6.1.3 Dalles désolidarisées

Au-dessus des amphithéâtres, des dalles désolidarisées seront mise en œuvre pour offrir une protection maximale aux amphithéâtres vis-à-vis des activités de la halle d'expérimentation et de l'accès logistique. Ces dalles sont décrites ci-dessous :

Tableau 7 : Description des dalles désolidarisées

Localisation	Description
Plancher bas halle d'expérimentation (F11)	Dalle armée d'épaisseur 12 cm au moins sur fond coffrage perdu posé sur appuis néoprène ponctuels de fréquence propre sous charge inférieure ou égale ou 8 Hz. Système de type CDM-SEB, CDM-QDECK ou équivalent. Précautions de mise en œuvre : Mise en place d'une laine de roche d'épaisseur 50 cm sur les bords verticaux du coffrage sur une hauteur correspondant au niveau fini de la dalle et protection par polyane. Réalisation de plots en béton ou autre système équivalent pour récupérer l'altimétrie finie de la dalle extérieure. Hauteur sera à ajuster selon le type de plots et épaisseur du fond de coffrage. Mise en place du fond de coffrage muni des appuis antivibratiles sur les plots en béton ou « cales » dont la Préalablement, une laine de roche sera mise en œuvre entre les plots ou les cales. La laine de roche pourra également être contrecollée sous le fond de coffrage. L'épaisseur de laine de roche sera de 50 mm au moins. Recouvrements des joints entre panneaux de coffrage par bande adhésive pour éviter les coulures. Synthèse à effectuer avec le lot 1.2 Couverture – étanchéité pour garantir la continuité de l'altimétrie entre l'intérieur et l'extérieur.
Accès logistique (extérieur)	Dalle armée d'épaisseur 13 cm au moins pour voirie lourde sur matelas antivibratiles de fréquence propre sous charge inférieur ou égal à 15 Hz. Système de type REGUPOL SOUND 17 (2 couches) des Ets. BSW ou équivalent à charge du lot 1.2 Couverture – étanchéité.

L'entreprise devra commander une assistance pour la mise en œuvre auprès du fournisseur des appuis antivibratiles. Le coulage de la dalle désolidarisée fera l'objet d'un bon pour coulage de la part du fournisseur et de l'acousticien de la MOE.

Les dalles désolidarisées sont schématisées ci-après :

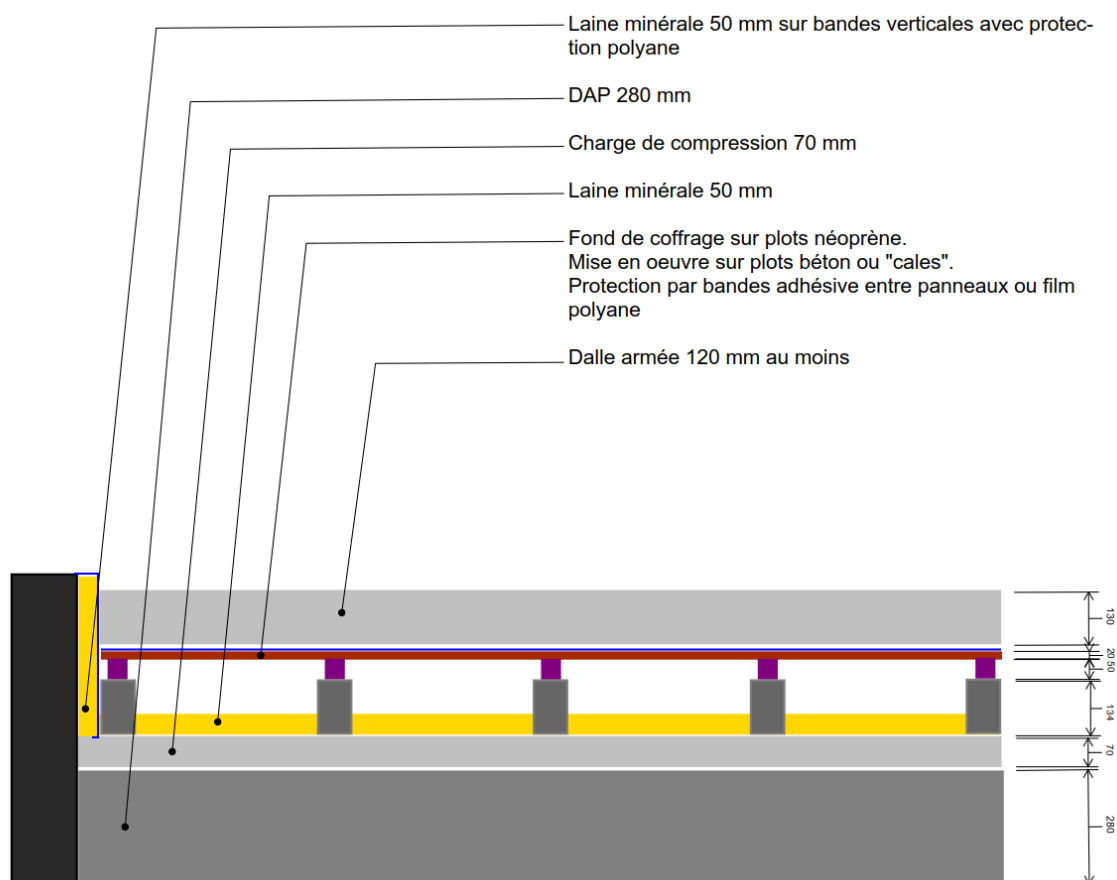


Figure 4 : Principe de la dalle désolidarisée de la halle d'expérimentation

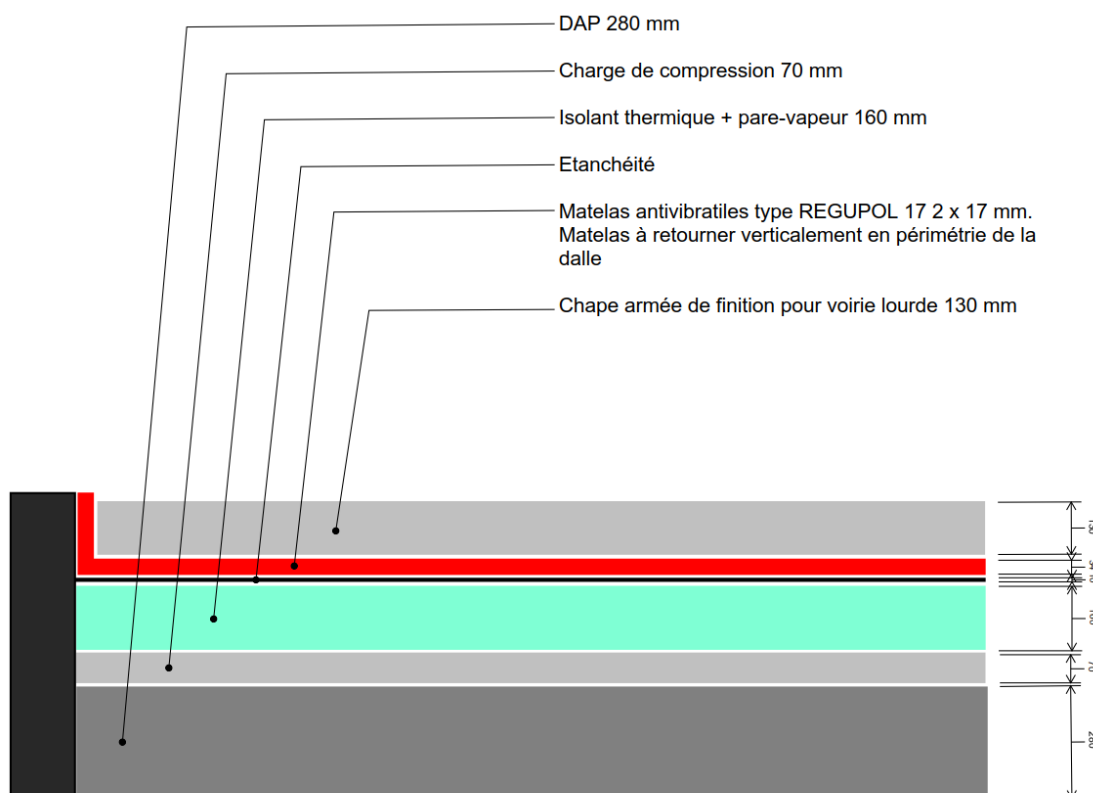


Figure 5 : Principe de la dalle désolidarisée de l'accès logistique (extérieur)

L'emprise des dalles désolidarisées est représentée ci-dessous :

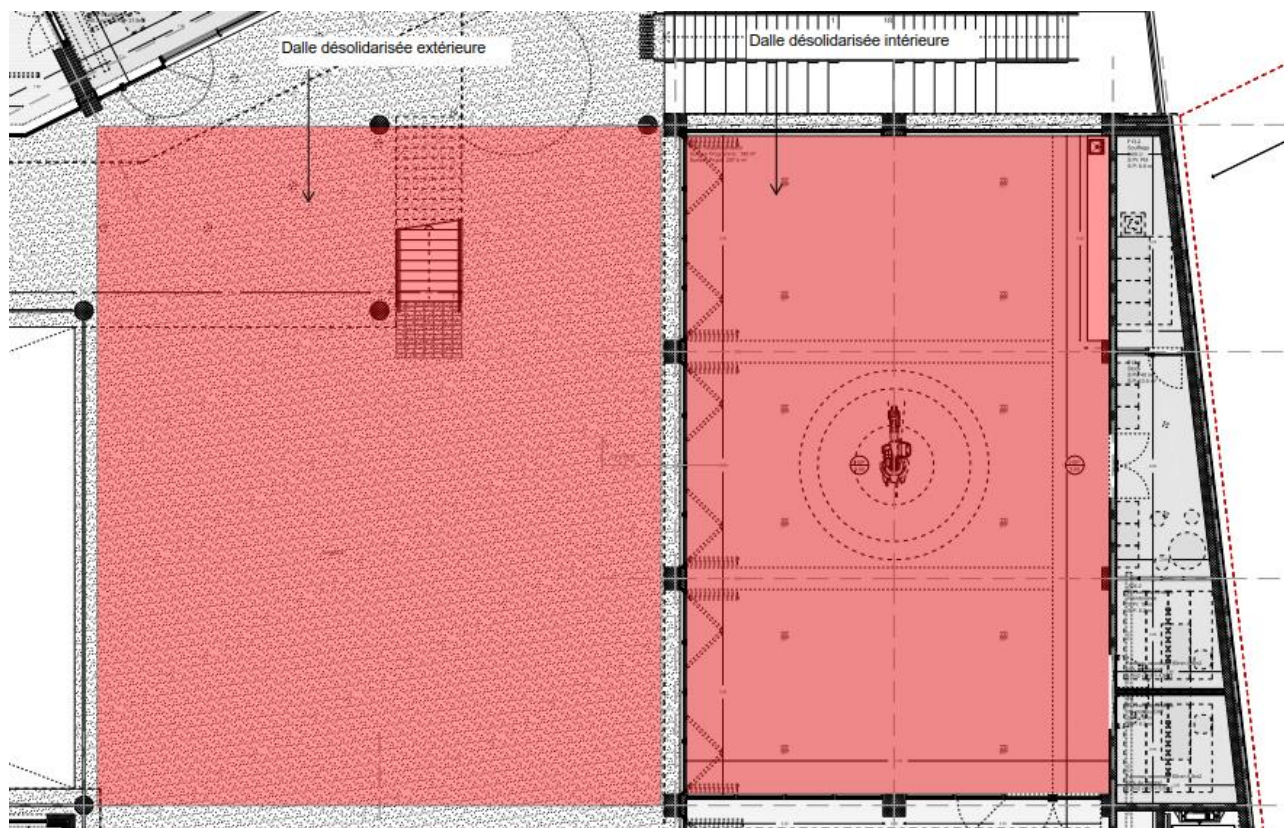


Figure 6 : Repérage des dalles désolidarisées

En périphérie des dalles désolidarisées, un joint de désolidarisation sera ménagé pour permettre le libre débattement des dalles.

Dans le cas général, un panneau de laine de roche de 50 mm au moins protégé par un polyane sera mis en œuvre verticalement le long des parois verticales, poteaux, décaissés, etc... avant coulage des dalles.

Les travaux préparatoires pour la réalisation des dalles désolidarisées devront être validés sur site par l'acousticien de la MOE avant coulage des dalles.

Des zones permettant l'inspection visuelle des appuis seront prévues.

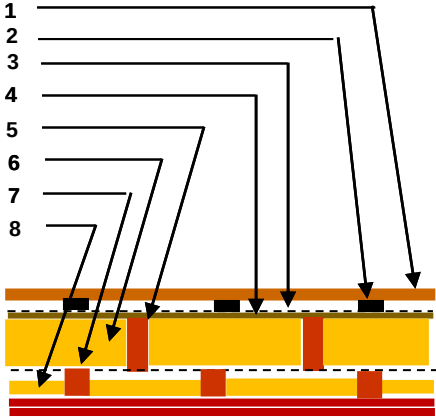
Après coulage des dalles, une protection sera prévue en tête des joints de désolidarisation pour éviter l'infiltration de débris et gravats sous les dalles désolidarisées.

6.2 Lot A - Cahier 1.2 Façade Mur Ossature Bois

6.2.1 Façade bois

Les façades bois du projet sont décrites ci-dessous :

Tableau 8 : Descriptif des façades bois

Indice d'affaiblissement acoustique façade	Description	Localisation
$R_w + C_{tr} \geq 49$ dB (façade + doublage)	Façade bois constituée comme suit (de l'extérieur vers l'intérieur) : • Bardage bois 21 mm (assemblage rainure-languette) - 1 • Liteaux bois ménageant lame d'air de 25 mm - 2 • Pare-pluie - 3 • Panneau OSB 12 mm - 4 • Ossature bois 145x45 mini avec entraxe 400 mm mini - 5 • Laine minérale 140 mm entre montants - 6 • Pare-vapeur - 7 • A charge du lot 5.1 : Doublage intérieur sur ossature bois indépendante avec laine minérale de 50 mm entre montants et parements de masse surfacique 20 kg/m² au moins - 8 	<u>Pôle Commun</u> Façades Sud et Ouest des niveaux R+2 et R+3

6.3 Lot A - Cahier 1.4 Couverture – étanchéité

6.3.1 Matelas antivibratiles pour dalle désolidarisée extérieure

Conformément aux figures 5 et 6, une dalle désolidarisée sera réalisée dans l'accès logistique au-dessus de l'amphithéâtre.

La dalle désolidarisée devra être mise en œuvre sur un matelas antivibratiles de fréquence propre sous charge inférieure ou égale à 15 Hz, type REGUPOL SOUND 17 en 2 couches des Ets. BSW ou équivalent. Les couches seront posées à joints croisés et une bande adhésive sera prévue pour protéger les joints.

Le matelas antivibratiles sera mis en œuvre sur le complexe d'étanchéité et sur l'isolant thermique (cf. figure 5). Il sera également mis en œuvre verticalement en périmétrie de la dalle désolidarisée.

L'entreprise devra commander une assistance pour la mise en œuvre auprès du fournisseur. Le coulage de la dalle désolidarisée fera l'objet d'un bon pour coulage de la part du fournisseur et de l'acousticien de la MOE.

6.3.2 Sous-couche acoustique et drainante pour chapes extérieures

Les chapes béton des zones extérieures et terrasses accessibles seront mises en œuvre sur couche drainante de performance d'atténuation aux bruits de chocs $\Delta L_w \geq 15$ dB de type DRAINA G10 des Ets. SIPLAST ou équivalent.

6.3.3 Ouvrants désenfumage

Les ouvrants désenfumages donnant sur des espaces de consultation du pôle commun seront sélectionnés sur la base de leur performance acoustique. Ils sont décrits ci-dessous :

Tableau 9 : Descriptif des ouvrants DSF

<i>Indice d'affaiblissement acoustique façade</i>	<i>Description</i>	<i>Localisation</i>
$R_w + C_{tr} \geq 32$ dB	Ouvrant avec remplissage en tôle isolée avec laine minérale, type CERTICIEL des Ets. SOUCHIER ou équivalent. Les costières devront présenter la même performance acoustique.	<u>Pôle Commun</u> Espaces de consultation

6.4 Lot A – Cahier 1.5 Sols béton de finition

Des chapes flottantes sont envisagées dans tous les locaux d'activité où une finition de sol en béton est prévue

Tableau 10 : Description des chapes

Description	Caractéristiques acoustiques	Localisation
Chape thermo-acoustique d'épaisseur 6 cm sur	Réduction du bruit d'impact : $\Delta L_w \leq 20$ dB Système de plancher chauffant / rafraichissant d'épaisseur totale 80 mm (dalle à plot + chape) type ROTHERM ICE 075 des Ets. ROTH ou équivalent	<u>RDC et Espaces Partagés</u> Espace repas polyvalent, Plateau partagé, Forum <u>Pôle Ateliers</u> Ateliers du R+2 au R+7
Chape mortier d'épaisseur 7 cm au moins sur laine minérale	Réduction du bruit d'impact : $\Delta L_w \leq 26$ dB Sous-couche acoustique en panneaux de laine de roche 40 mm type DOMISOL LR 40 des Ets. ISOVER ou équivalent.	<u>RDC et Espaces Partagés</u> Salle de musique (C3) <u>Pôle recherche</u> Incubateur R+3 (F12), Bureaux R+5 et R+7 (locaux sur plancher bois)
Chape Quartzé sur sous.couche acoustique mince	Réduction du bruit d'impact : $\Delta L_w \leq 20$ dB Chape Quartzé d'épaisseur 5 cm au moins sur sous-couche acoustique type Assour chape ou équivalent	<u>Pôle Recherche</u> Locaux du R+2, R+4 et R+6

Dans le cas où les locaux ne reçoivent pas un revêtement de sol souple, les chapes devront être interrompues pour éviter la transmission de bruits d'impact entre locaux. Une bande d'arrêt de coffrage sera mise en œuvre lors du coulage des chapes pour ménager un joint de désolidarisation. En alternative, les chapes pourront être coulées en une fois puis être découpées par un trait de scie au droit des cloisons. La méthode d'interruption des chapes sera au choix de la MOE selon les différents cas de figure.

Les ateliers et le plateau partagé sont concerné notamment. Le principe est illustré ci-dessous :

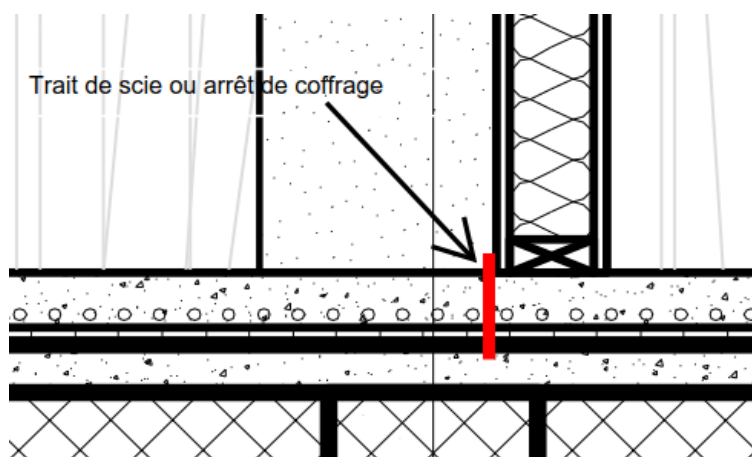


Figure 7 : Principe d'interruption des chapes

6.5 Lot B – Cahier 2 Menuiseries extérieures bois

Pour les menuiseries extérieures, l'indice d'affaiblissement R_w est corrigé du terme C_{tr} alors que pour les menuiseries intérieures, la correction est effectuée avec le terme C . Il est très important de vérifier la valeur du terme correctif à l'heure de sélectionner les produits verriers car les différences entre le terme C_{tr} et C sont significatives.

6.5.1 Menuiseries extérieures

Toutes les menuiseries fixes sont prévues en bois. La description des menuiseries est donnée dans le tableau ci-dessous. Les épaisseurs indiquées s'entendent comme des minimums à respecter. Le dimensionnement définitif est à valider selon étude thermique.

Tableau 11 : Description des menuiseries extérieures

Indice d'affaiblissement acoustique	Description	Locaux concernés	Façade
$R_w + C_{tr} \geq 40$ dB	Châssis vitré fixe avec double vitrage d'épaisseur 38 mm minimum constitué de vitrages feuilletés d'épaisseur dissymétrique.	<u>Pôle Commun</u> Locaux administratifs en R+2 et R+3 Salle du conseil R+6	Façade Sud Est sur Boulevard Nedelec (y compris retours sur façade latérale pour locaux d'angle) Toute façade
$R_w + C_{tr} \geq 35$ dB	Châssis vitré fixe avec double vitrage d'épaisseur 30 mm minimum constitué de vitrages d'épaisseur dissymétrique incorporant au moins un feuilleté acoustique.	<u>RDC et espaces communs</u> Forum A5.1 Salle banalisée A7 / D14.2	Façade Sud Est sur boulevard Nedelec
$R_w + C_{tr} \geq 30$ dB	Châssis vitré fixe avec double vitrage d'épaisseur dissymétrique avec ou sans feuilleté acoustique	<u>RDC et Espaces Partagés</u> Forum, Espace repas	Façade Ouest Façade Nord (sur montée de l'université) Façade Sud Est sur cour
		<u>Pôle Commun</u> Locaux administratifs en R+2 et R+3	Façade Nord Ouest sur cour d'accueil (y compris retours sur façade latérale pour locaux d'angle)

Les performances des menuiseries extérieures sont repérées en annexe.

6.6 Lot C – Cahier 3 Menuiseries extérieures aluminium

Pour les menuiseries extérieures, l'indice d'affaiblissement R_w est corrigé du terme C_{tr} alors que pour les menuiseries intérieures, la correction est effectuée avec le terme C . Il est très important de vérifier la valeur du terme correctif à l'heure de sélectionner les produits verriers car les différences entre le terme C_{tr} et C sont significatives.

Les performances des menuiseries extérieures sont repérées en annexe.

6.6.1 Murs rideaux

6.6.1.1 Caractéristiques

La description des murs rideaux y compris ouvrants, est donnée dans le tableau ci-dessous. Les épaisseurs indiquées s'entendent comme des minimums à respecter. Le dimensionnement définitif est à valider selon étude thermique.

Tableau 12 : Description des murs rideaux

Indice d'affaiblissement acoustique	Description	Locaux concernés	Façade
$R_w + C_{tr} \geq 38 \text{ dB}$	Mur rideau avec double vitrage d'épaisseur 36 mm minimum constitué de vitrages feuilletés d'épaisseur dissymétrique.	<u>Pôle Commun</u> Niveaux R+4 à R+6	Façade Sud Est sur Boulevard Nedelec Pour la salle de conseil (A10) cette performance sera conférée à l'ensemble de la façade
$R_w + C_{tr} \geq 35 \text{ dB}$	Mur rideau avec double vitrage d'épaisseur 30 mm minimum constitué de vitrages d'épaisseur dissymétrique incorporant au moins un feuilleté acoustique.	<u>Pôle Commun</u> Niveaux R+4 et R+5	Façade Nord Est sur cour d'expérimentation Façade Ouest sur place Jules Guesde
$R_w + C_{tr} \geq 30 \text{ dB}$	Mur rideau avec double vitrage d'épaisseur 30 mm minimum constitué de vitrages d'épaisseur dissymétrique	<u>Pôle Commun</u> Niveaux R+4 et R+5	Façade Nord Ouest sur cour d'accueil

6.6.1.2 Jonctions mur-rideau / bâti

Les épines du mur rideau devront présenter les caractéristiques suivantes :

- Indice d'atténuation latérale $D_{nfw}+C \geq 47$ dB
- Type : montant extrudé en **acier** d'épaisseur 5 mm au moins

La jonction entre le mur rideau et les poteaux ou les cloisons devra présenter les caractéristiques suivantes :

- Indice d'atténuation latérale $D_{nfw+C} \geq 47$ dB
- Type : plat en **acier** soudé d'épaisseur 10 mm au moins

Le principe est illustré ci-dessous :

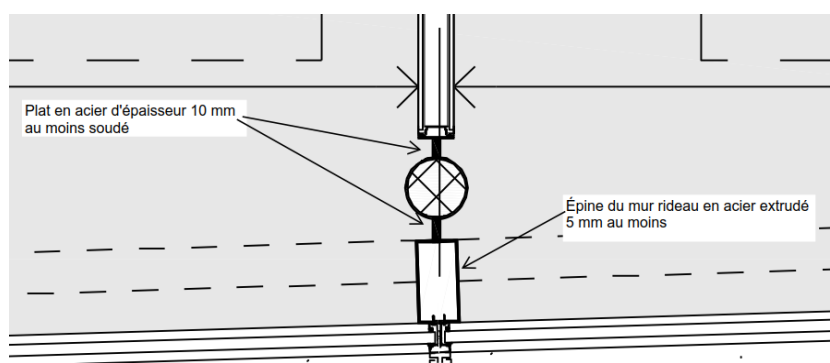


Figure 8 : Principe de jonction mur-rideau / poteau et poteau / cloison

Les différents cas de figure sont repérés ci-dessous :

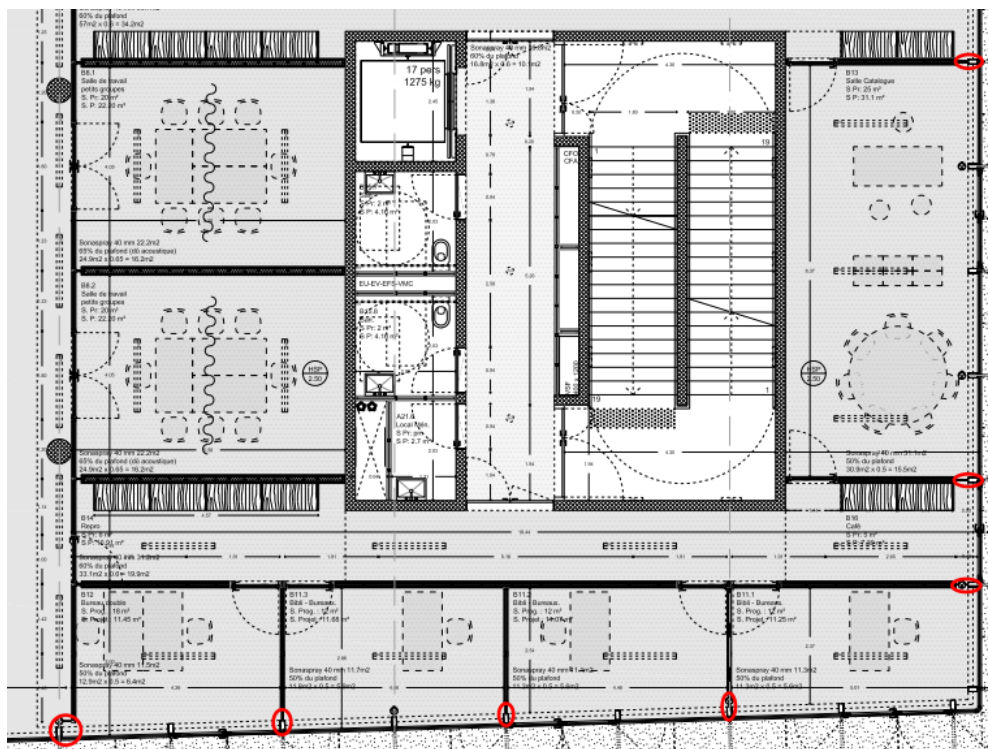


Figure 9 . Repérage des jonction mur rideau / bâti au R+4 du Pôle Commun

Les traverses du mur rideau devront présenter les caractéristiques suivantes :

- Indice d'atténuation latérale $D_{nfw}+C \geq 47$ dB
- Type : montant extrudé en **alu** d'épaisseur 2 mm au moins avec application sur les 2 faces d'une membrane viscoélastique de 5 kg/m² et d'un habillage par tôle ou cornière **acier** 20/10^{ème}.

Le principe est illustré ci-dessous :

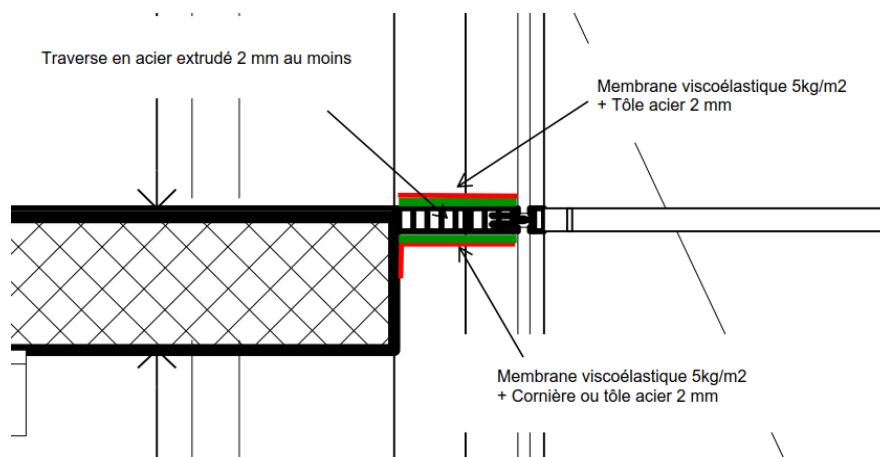


Figure 10 : principe de jonction mur-rideau / plancher

Si une constitution différente est envisagée pour les épines ou les traverses, alors toutes les précautions seront prises pour garantir l'objectif d'isolement entre locaux adjacents et superposés.

6.6.2 Menuiseries extérieures

6.6.2.1 Caractéristiques des châssis vitrés et ouvrants désenfumage

La description des menuiseries, y compris ouvrants désenfumage et baies pompiers, est donnée dans le tableau ci-dessous. Les épaisseurs indiquées s'entendent comme des minimums à respecter. Le dimensionnement définitif est à valider selon étude thermique.

Tableau 13 : Description des menuiseries extérieures

Indice d'affaiblissement acoustique	Description	Locaux concernés	Façade
$R_w + C_{tr} \geq 40$ dB	Châssis vitré avec double vitrage d'épaisseur 38 mm minimum constitué de vitrages feuilletés d'épaisseur dissymétrique.	<u>RDC et Espaces Partagés</u> Amphithéâtres	Toutes façades
		<u>Pôle Recherche</u> Bureaux, incubateur atelier maquette	Façade Sud Est (R+2 à R+7) sur Boulevard Nedelec
		<u>Pôle Commun</u> Locaux administratifs en R+2 et R+3	Façade Sud Est sur Boulevard Nedelec Façade Ouest entre files O12 et O13 Façade Nord Est entre files E13 et E14
$R_w + C_{tr} \geq 35$ dB	Châssis vitré avec double vitrage d'épaisseur 30 mm minimum constitué de vitrages d'épaisseur dissymétrique incorporant au moins un feuilleté acoustique. Les portes repliables du Pôle Recherche pourront être de type CF77 des Ets. REYNAERS ou JANISOL des Ets. JANSEN ou équivalent.	<u>Pôle Atelier</u> Ateliers	Façade Ouest sur place Jules Guesde
		<u>Pôle Commun</u> Locaux administratifs en R+2 et R+3	Façades Ouest entre files O8 et O12 Façade Nord Est sur cour d'expérimentation entre files O8 et E13
		<u>Pôle Recherche</u> Atelier maquette Bureaux, incubateur	Façade Sud sur cour des expérimentations entre files E6 et E9 (R+2 à R+7)
$R_w + C_{tr} \geq 30$ dB	Menuiseries avec double vitrage d'épaisseur dissymétrique avec ou sans feuilleté acoustique	<u>Pôle ateliers</u> Ateliers	Façade Nord Ouest sur Montée de l'université
		<u>RDC et Espaces Partagés</u> Forum	Façade Sud Est sur Boulevard Nedelec
		<u>Pôle Recherche</u> Bureaux, plateau tech. plateau exp.	Façade Sud sur cour des expérimentations entre files E3 et E6 (R+2 à R+7)

6.6.2.2 Caractéristiques des éléments opaques

Au niveau des trames des nez-de-dalle des planchers bois du Bâtiment Recherche, des éléments de façade opaques sont prévus.

Ces éléments sont dimensionner à la fois pour respecter l'objectif de bruit vis-à-vis de l'extérieur et pour respecter l'objectif d'isolement entre locaux. Ils sont décrits ci-dessous :

Tableau 14 : Description des éléments opaques

Bâtiment et façade concernés	Caractéristiques acoustiques minimales	Description	Schéma
<i>Pôle Recherche</i> Façade Boulevard Nedelec (au droit des planchers bois)	Indice d'affaiblissement acoustique : $R_w + C \geq 40$ dB Indice d'atténuation latérale $D_{nfw} + C \geq 47$ dB	Capot métallique constitué comme suit : - capot extérieur en aluminium 2 mm - laine de roche haute densité (70 kg/m³ au moins) d'épaisseur 40 mm au moins - Tôle intérieure en acier 2 mm avec membrane viscoélastique 5 kg/m² contre collée	

6.6.2.3 Jonctions Cloisons / Menuiseries extérieures

Pour toute occurrence de jonctions de cloisons surs menuiseries extérieures des détails spécifiques seront prévus.

La jonction présentera au minimum les caractéristiques suivantes :

- Indice d'atténuation latérale $D_{nfw+C} \geq 47$ dB
- Type : Montant extrudé en acier 5 mm, montant extrudé en alu 2 mm avec parois renforcées par membrane viscoélastiques 5 kg/m² et habillage par tôle acier 2 mm, etc...

Les locaux concernés sont les bureaux des niveaux R+2 et R+3 du Pôle Commun ainsi que les bureaux cloisonnés du Pôle Recherche tel qu'illustré ci-dessous :

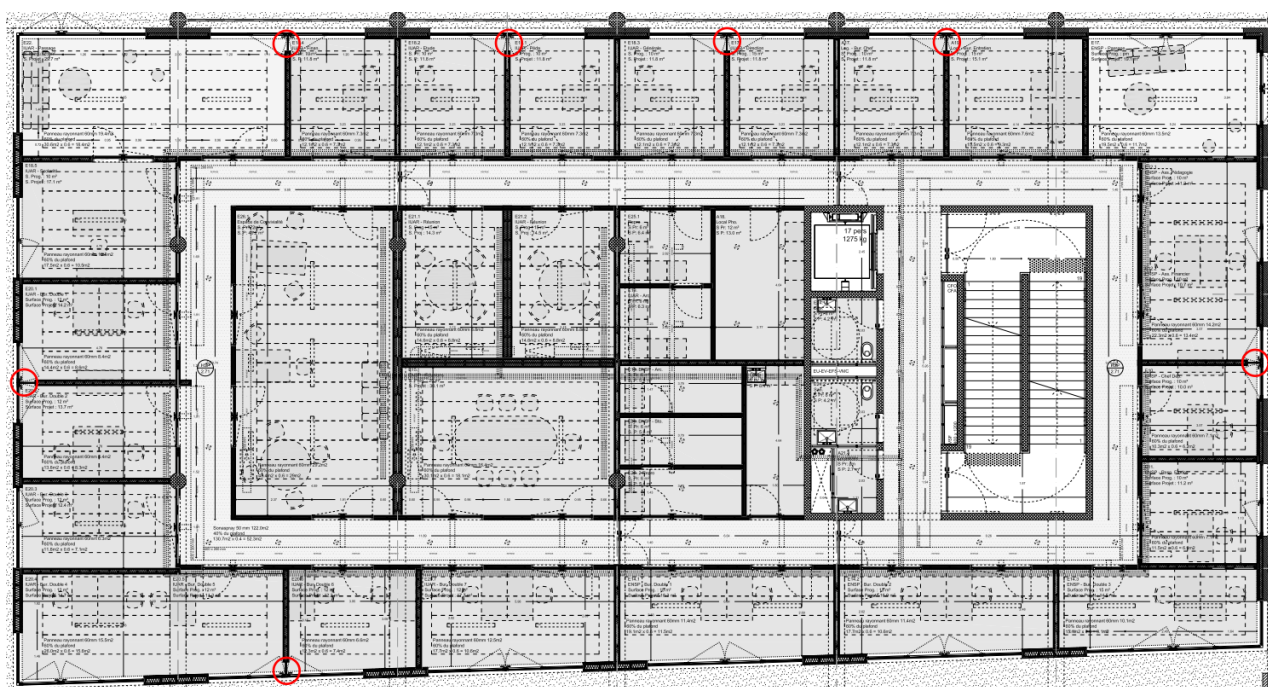


Figure 11 : Repérage des jonctions cloisons / menuiseries extérieures au R+2 du Pôle Commun

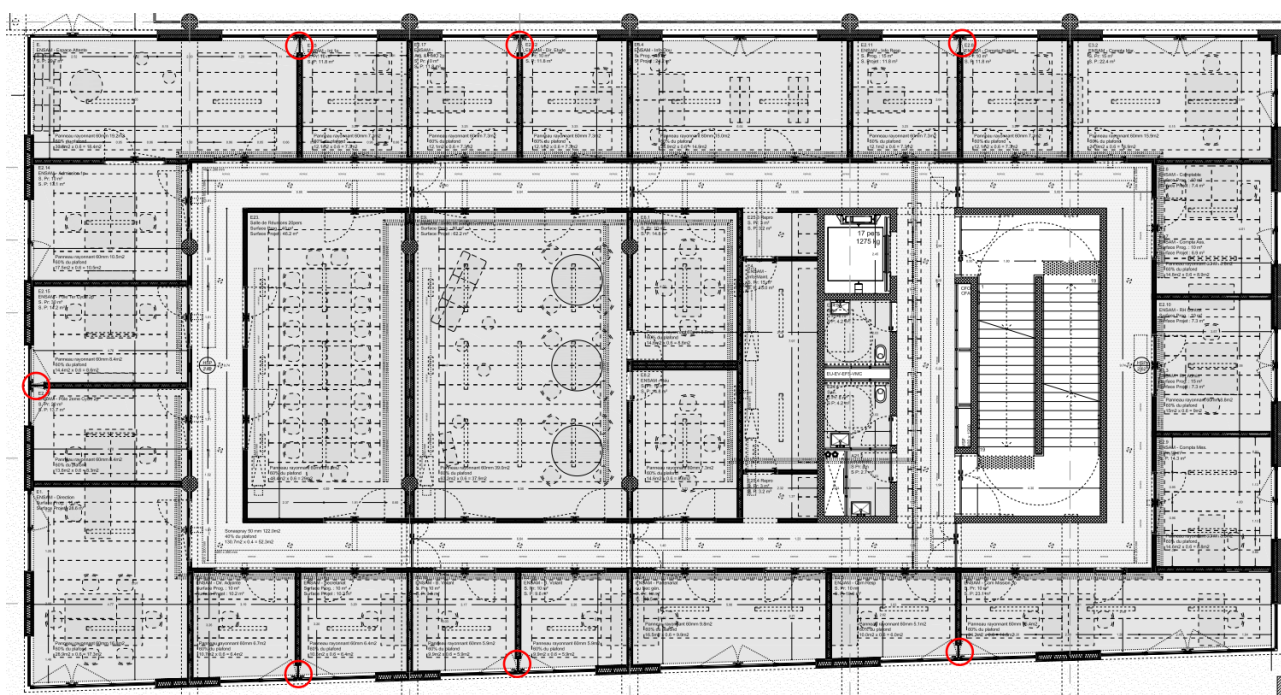


Figure 12 : Repérage des jonctions cloisons / menuiseries extérieures au R+3 du Pôle Commun





Figure 14 : Repérage des jonctions cloisons / menuiseries extérieures au R+6 du Pôle Recherche

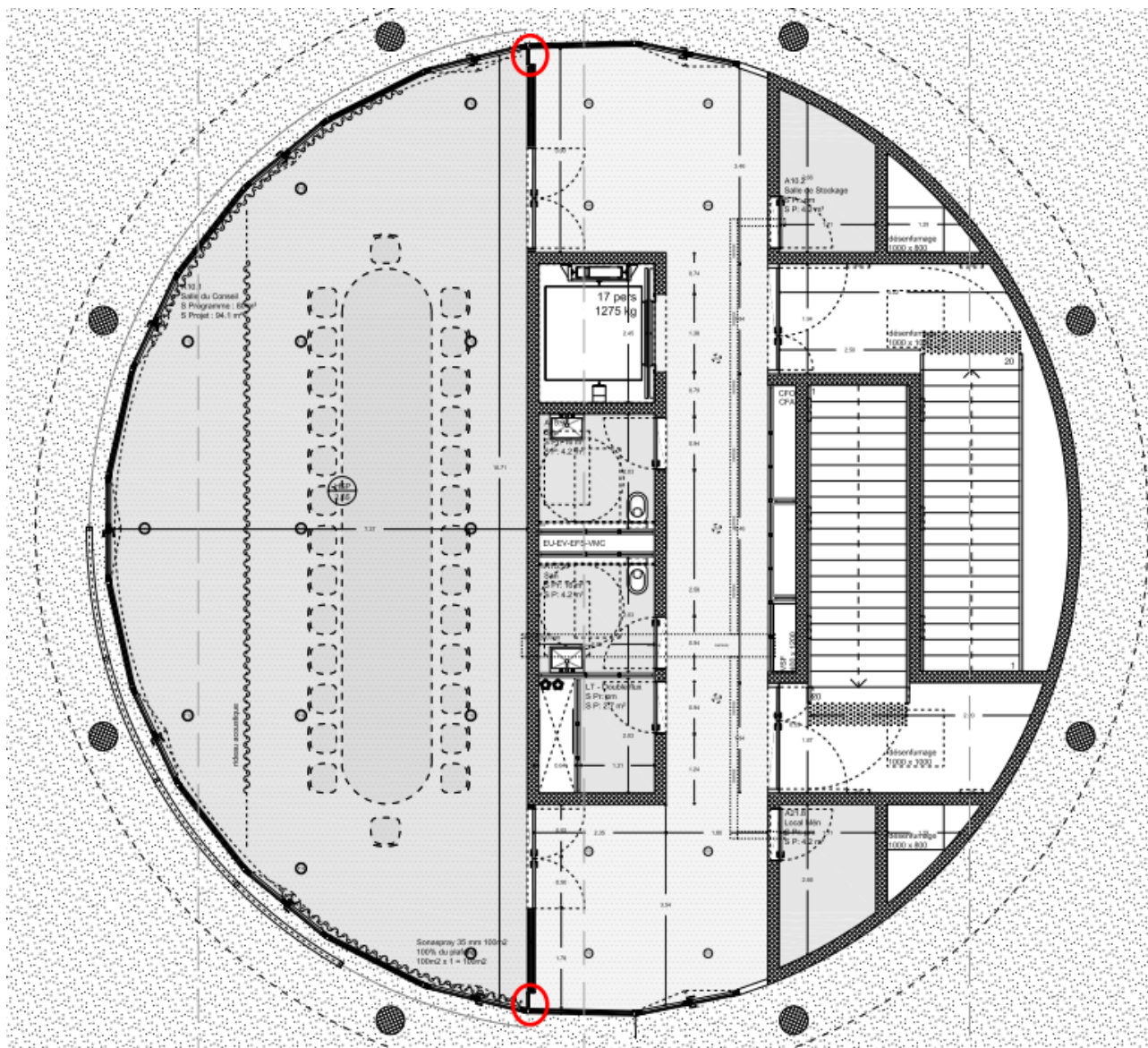


Figure 15 : Repérage des jonctions cloisons / menuiseries extérieures au R+6 du Pôle Commun

6.6.2.4 Précadre façade ateliers

Les ateliers sont pourvus d'une façade coulissante et d'un ouvrant à la française sur la coursive. L'ouvrant à la française est logé dans un précadre qui devra présenter les caractéristiques suivantes :

- Indice d'affaiblissement acoustique $R_w + C \geq 30$ dB
- Type : Double peau en aluminium 2 mm avec âme en laine minérale de 20 mm au moins

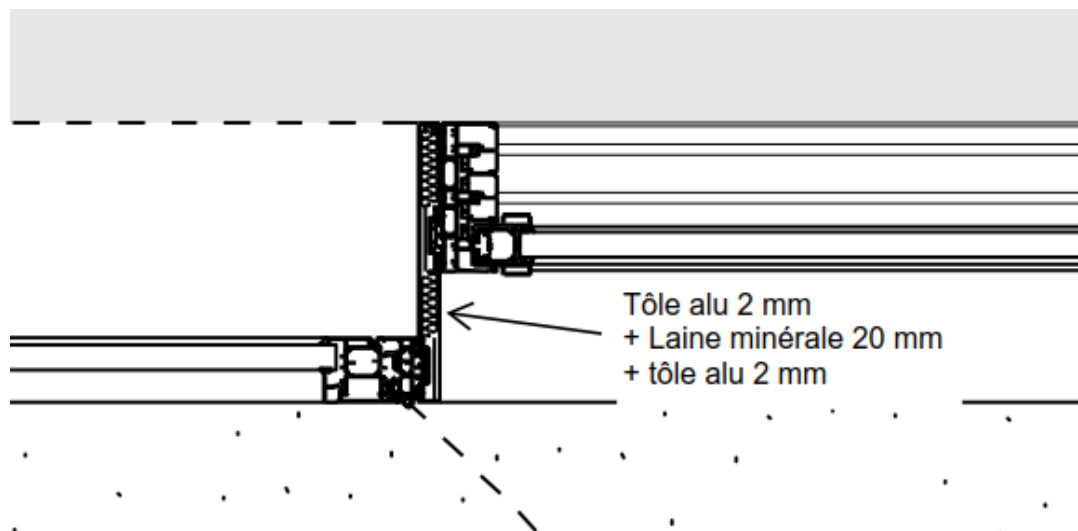


Figure 16 : Principe de réalisation du précadre des menuiseries extérieures des ateliers

6.7 Lot D – Cahier 4 Serrurerie Métallerie

6.7.1 Blocs portes

Les performances des blocs-portes sont données dans le tableau ci-après :

Tableau 15 : Description des blocs-portes

<i>Indice d'affaiblissement acoustique bloc-porte</i>	<i>Description</i>	<i>Localisation</i>
$R_w + C \geq 35 \text{ dB}$	Bloc-porte à âme pleine avec étanchéité quadrilatérale. Simple feuillure possible. Baguette de seuil en traverse basse ou plinthe automatique. Masse surfacique de 35 kg/m ² au moins Attention, si des grilles VB ou VH sont nécessaires, celles-ci seront dimensionnées de façon à ne pas détériorer la performance de la porte	<u>RDC et Espaces Communs</u> Local transformateur
$R_w + C \geq 30 \text{ dB}$	Bloc porte vitrée dans cadre en acier avec étanchéité quadrilatérale. Double joint balais en traverse basse.	<u>RDC et Espaces Communs</u> Accueil

6.7.2 Cloisons et châssis vitrées

Les cloisons vitrées sont décrites ci-dessous :

Tableau 16 : Description des cloisons vitrées

<i>Indice d'affaiblissement acoustique</i>	<i>Description</i>	<i>Locaux concernés</i>
$R_w + C \geq 32 \text{ dB}$	Cloison vitré constituée d'un ensemble menuisé avec simple vitrage d'épaisseur 10 mm incorporant feuilleté acoustique type 55.1 ou équivalent.	<u>RDC et espaces communs</u> Accueil (A1) et Bureaux Surveillants (A4)

6.7.3 Grilles acoustiques

Toutes occurrence de grilles VB et VH des locaux bruyants (locaux techniques avec niveau sonore $L_p \geq 75$ dB(A)) donnant directement sur l'extérieur seront dimensionnées en vue du respect des émergences réglementaires en limite de propriété.

En base, des grilles acoustiques type ATSON des Ets. FRANCE AIR ou équivalent seront prévues.

6.7.4 Habillage des gaines de ventilation verticales

Dans les ateliers du Pôle atelier, les gaines de soufflage transitent verticalement et desservent les ateliers superposés en série.

Afin de limiter le bruit transmis à travers ces gaines qui vont constituer une faiblesse en terme d'isolement entre locaux, les parois des gaines seront habillées par un revêtement consistant en 25 mm au moins de laine minérale avec habillage en tôle **acier** 6/10^{ème} en finition. Cet habillage sera mis en œuvre de dalle à dalle.

6.7.5 Capot acier pour passage de câbles

Dans les ateliers du Pôle atelier, les câbles CFO / CFA transitent verticalement et desservent les ateliers superposés en série.

Un capot en acier 6/10^{ème} sera mis en finition devant les câbles.

6.8 Lot E – Cahier 5 Menuiseries intérieures

6.8.1 Doublage bois absorbants

Certaines façades recevront un doublage à parement en lattes de bois qui participera à la correction acoustique des locaux :

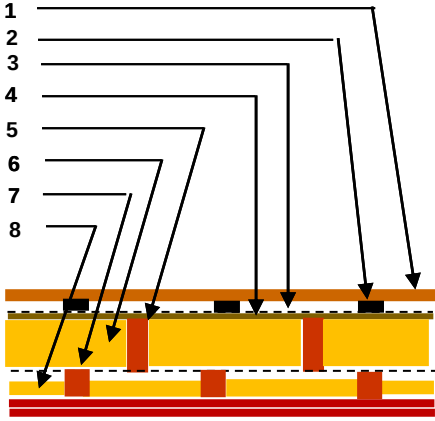
Tableau 17 : Descriptif des doublages bois absorbant

Coefficient d'absorption	Description	Localisation
$\alpha_w \geq 0.9$ (panneau absorbant) $\alpha_w \geq 0.5$ (panneau absorbant+ lattes de bois ajourées)	Doublage thermo-acoustique constitué comme suit : - Isolant thermique - Panneau d'épaisseur 40 mm au moins en laine minérale revêtu d'un voile de verre (teinte au choix de l'architecte) - Lattes de bois ajourées à 12% au moins, type lattes de largeur 100 mm espacées de 15 mm.	<u>RDC et Espaces Communs</u> Forum (A5), Espace repas (C7), plateau partagé (C2) – 100% façades opaques <u>Pôle Ateliers</u> Ateliers (tous niveaux) – 100% façades opaques
$\alpha_w \geq 0.9$ (panneau absorbant) $\alpha_w \geq 0.75$ (panneau absorbant+ lattes de bois ajourées)	Doublage acoustique constitué comme suit : - Panneau d'épaisseur 40 mm au moins en laine minérale revêtu d'un voile de verre (teinte au choix de l'architecte) - Lattes de bois ajourées à 20% au moins, type lattes de largeur 100 mm espacées de 25 mm.	<u>RDC et Espaces Communs</u> Amphithéâtre 250 – 100% paroi opaque de fond de salle Amphithéâtre 200 – 100% paroi opaque de fond de salle

6.8.2 Doublage bois isolant

Les doublages bois isolants sont décrits ci-après :

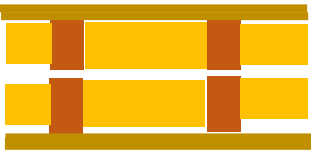
Tableau 18 : Description des doublages à ossature bois isolants

Caractéristique acoustique	Description	Localisation
Indice d'affaiblissement acoustique $R_w + C_{tr} \geq 49$ dB (façade + doublage)	Façade bois constituée comme suit (de l'extérieur vers l'intérieur) : - À charge du lot 1.3 : 1 à 7 - A charge du lot 5.1 : Doublage intérieur sur ossature bois indépendante avec laine minérale de 50 mm entre montants et parements de masse surfacique 20 kg/m² au moins - 8 	<u>Pôle Commun</u> Façades Sud et Ouest des niveaux R+2 et R+3
Indice d'atténuation latérale $D_{ntw} + C \geq 49$ dB	Doublage collé sur poteau béton consistant en un isolant en laine de roche rigide et un parement en bois de masse surfacique 20 kg/m² au moins. <i>Remarque : si le doublage est interrompu entre locaux, la masse surfacique du parement pourra être réduite à 10 kg/m².</i>	<u>Pôle Commun</u> En doublage intérieur des façades béton Nord et Est aux niveaux R+2 et R+3 <u>Pôle Recherche</u> Façades Ouest tous niveaux

6.8.3 Cloisons et allèges bois

Les cloisons bois et ensemble menuisés du projet sont décrites ci-dessous :

Tableau 19 : Descriptif des cloisons à ossature bois

Indice d'affaiblissement acoustique cloison	Description	Localisation
$R_w+C \geq 57$ dB	Cloison à ossature bois double d'épaisseur totale 29 cm au moins. Masse surfacique ≥ 40 kg/m² (hors montants). Laine de roche 100 mm entre montants Exemple constitution parements : 2 x CP 18 mm d'un côté et 1 x CP 18 mm + 1 x CP 22 mm de l'autre. 	<u>Pôle Commun</u> Entre salles de réunion Entre salles de réunion et autres locaux d'activités sans porte de communication <u>Pôle Recherche</u> Entre incubateur F12 (R+3) et halle d'expérimentation R11 (R+2) – allège uniquement
$R_w+C \geq 50$ dB	Cloison à ossature bois alternée d'épaisseur totale 18 cm au moins. Masse surfacique ≥ 40 kg/m² (hors montants). Laine de roche 100 mm entre parements. Exemple constitution parements : 2 x CP 18 mm d'un côté et 1 x CP 18 mm + 1 x CP 22 mm de l'autre. 	<u>Pôle Ateliers</u> Entre locaux cloisonnés (épaisseur 20 cm recommandée). <u>Pôle Commun</u> Entre bureaux Entre salles de réunions et locaux archives, repro, stockage, etc... Entre salle de réunions et locaux d'activités avec porte de communication Entre salles de travail (R+4) Entre salles de travail et accueil, repro (R+4) <u>Pôle Recherche</u> Entre bureaux cloisonnés - allège uniquement
$R_w+C \geq 40$ dB	Cloison à ossature bois simple d'épaisseur totale 12 cm au moins. Masse surfacique ≥ 40 kg/m² (hors montants). Laine de roche 60 mm entre montants. Exemple constitution parements : 2 x CP 18 mm d'un côté et 1 x CP 18 mm + 1 x CP 22 mm de l'autre. 	<u>Pôle Commun</u> Entre bureaux et circulations <u>Pôle Recherche</u> Cloisons de la zone bruyante de l'atelier maquette

6.8.4 Cloisons et châssis vitrées

Les cloisons vitrées sont décrites ci-dessous :

Tableau 20 : Description des cloisons vitrées

<i>Indice d'affaiblissement acoustique</i>	<i>Description</i>	<i>Locaux concernés</i>
$R_w + C \geq 52 \text{ dB}$ (ensemble) $R_w + C \geq 38 \text{ dB}$ (par cloison)	Double cloison ou châssis vitrée constituée d'ensembles menuisés avec simple vitrages incorporant feuilleté acoustique type 66.1 ou équivalent.	<u>RDC et espaces communs</u> Entre espace repas (C7) et plateau partagé (C2) <u>Pôle Recherche</u> Entre incubateur (F12) et Halle d'expérimentation (F11)
$R_w + C \geq 45 \text{ dB}$	Cloison ou châssis vitrée constituée d'un ensemble menuisé avec double vitrage incorporant 1 ou 2 feuilleté acoustique type 44.2Si(20)64.2 ou équivalent.	<u>Pôle Commun</u> Entre locaux R+4.
		<u>Pôle Recherche</u> Entre bureaux (F3.1) et Plateau technique (F8) Entre bureaux cloisonnés
$R_w + C \geq 42 \text{ dB}$	Cloison vitrée constituée d'un ensemble menuisé avec double vitrage incorporant 1 feuilleté acoustique type 10(20)44.1 ou équivalent.	<u>Pôle Commun</u> Entre Espace de consultation et salles de travail (B8.1 et B8.2). <u>Pôle Recherche</u> Entre bureaux et open space du R+4 au R+7
$R_w + C \geq 32 \text{ dB}$	Cloison vitré constituée d'un ensemble menuisé avec simple vitrage d'épaisseur 10 mm incorporant feuilleté acoustique type 55.1 ou équivalent.	<u>Pôle Commun</u> Entre Espace de consultation et banque d'accueil (B2) et Repro. (B9) Entre salle du conseil A10 et circulation <u>Pôle Recherche</u> Atelier maquette (F10) pour isoler la zone des machines. Entre circulations et Atelier Maquette (F10), Halle d'expérimentation (F11), Plateau technique (F8) et Salle de travail (F5.2)

6.8.5 Raccord cloison bois sur cloison vitrée

Au niveau R+4 du Pôle Commun, les cloisons bois sont raccordées sur des cloisons vitrées. L'élément de raccord devra présenter les caractéristiques suivantes :

- Indice d'atténuation latérale $D_{nfw}+C \geq 47$ dB
- Type : Montant extrudé en acier 5 mm, plat en acier 10 mm, montant extrudé en alu 2 mm avec parois renforcées par membrane viscoélastiques 5 kg/m² et habillage par tôle acier 2 mm, etc...

Les cas concernés sont repérés ci-après :

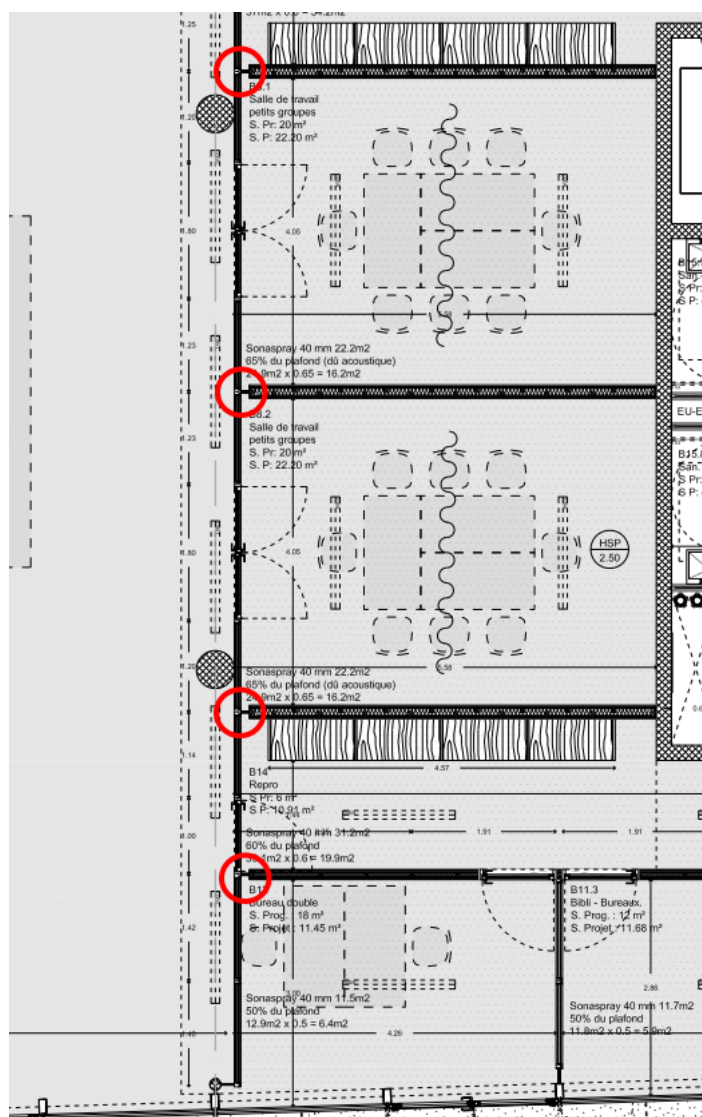


Figure 17 : Repérage des jonctions cloisons bois / cloison vitrée

6.8.6 Blocs portes bois

Tableau 21 : Description des blocs portes

<i>Indice d'affaiblissement acoustique bloc-porte</i>	<i>Description</i>	<i>Localisation</i>
$R_w+C \geq 40 \text{ dB}$	Bloc-porte à âme pleine avec étanchéité quadrilatérale. Double feuillure en vertical et traverse haute. Seuil suisse en traverse basse. Masse surfacique de 40 kg/m² au moins <i>Remarque : Au niveau R+4 des portes de grandes dimensions sont envisagées. Celles-ci devront être pourvues d'une serrure 5 points pour une meilleure compression des joints entre vantaux.</i>	<u>RDC et Espaces communs</u> Local musique (C3) <u>Pôle ateliers</u> Entre ateliers <u>Pôle Recherche</u> Bureau responsable plateau EXP (F9.1 et F9.2) Bureaux directeur (F1) <u>Pôle Commun</u> Entre salle de travail commune (A.9) et salle de réunion (A8.1 et A8.2)
$R_w+C \geq 35 \text{ dB}$	Bloc-porte à âme pleine avec étanchéité quadrilatérale. Simple feuillure possible. Baguette de seuil en traverse basse ou plinthe automatique. Masse surfacique de 35 kg/m² au moins	<u>Cas Général</u> Accès blocs sanitaires depuis circulation intérieure Accès Locaux techniques depuis circulation <u>RDC et Espaces communs</u> Entre vestibule (A5.2) et vestibule (A5.3) Accès amphithéâtres (A8 et A9) Accès circulation local musique (C3)
$R_w+C \geq 30 \text{ dB}$	Bloc-porte à âme pleine avec étanchéité quadrilatérale. Simple feuillure possible. Baguette de seuil en traverse basse Masse surfacique de 25 kg/m² au moins	Tout autre cas non cités précédemment (hors locaux dépôt, archives, etc...)

6.8.7 Blocs portes vitrées

Tableau 22 : Description des blocs portes vitrés

<i>Indice d'affaiblissement acoustique bloc-porte</i>	<i>Description</i>	<i>Localisation</i>
$R_w+C \geq 40 \text{ dB}$	Bloc-porte avec double vitrage incorporant feuilleté acoustique Les vantaux doivent être pourvus d'un cadre avec doubles feuillures garnies de joints acoustiques. Seuil suisse en traverse basse.	<u>Pôle Commun</u> Entre passage et scolarité (R+2) Entre espace attente et admission (R+3) <u>Pôle Recherche</u> Entre bureaux et <i>open space</i> du R+4 au R+7
$R_w+C \geq 38 \text{ dB}$	Bloc-porte avec simple vitrage incorporant feuilleté acoustique type 64.2Si ou équivalent. Les vantaux doivent être pourvus d'un cadre avec doubles feuillures garnies de joints acoustiques. Seuil suisse en traverse basse.	<u>Pôle Commun</u> Entre salles de travail et espace consultation (R+4)
$R_w+C \geq 30\text{dB}$	Bloc-porte avec simple vitrage 8 mm au moins. Les vantaux doivent être pourvus d'un cadre avec simples feuillures garnies de joints acoustiques, y compris entre vantaux. Joint balais en travers basse.	Tout autre cas non cités précédemment et en particulier accès aux bureaux depuis les circulations

6.8.8 Stores acoustiques

Des stores occultant et acoustiques enroulables seront envisagés dans l'accueil (A1) et dans l'auditorium 250.

Ils sont décrits ci-dessous :

Tableau 23 : Descriptif des stores acoustiques

Coefficient d'absorption	Description	Localisation
$\alpha_w \geq 0.45$	Store acoustique enroulable : - Distance ≥ 200 mm par rapport au châssis vitré - Type : Acoustis 50 des Ets. MERMET ou équivalent	<u>RDC et Espaces Communs</u> Amphi 250 (A9) – devant châssis vitrés sur cour

6.8.9 Rideau absorbant

Un rideau absorbant sera mis en œuvre dans certains locaux, il est décrit ci-dessous :

Tableau 24 : Descriptif des rideaux acoustiques

Coefficient d'absorption	Description	Localisation
$\alpha_w \geq 0.7$	Rideau en velours suspendu : - Taux de plissement : ≥ 2 (longueur du rideau ≥ 2 fois la longueur à couvrir) - Masse volumique : $m' \geq 500$ g/m² - Type : rideau en velours ou molleton type AZUR SCENIC ou équivalent	<u>RDC et Espaces Communs</u> Accueil (A1) – sur cloison vitrée jusqu'à mi-hauteur Amphi 200 (A8) – 50% paroi latérale en béton Salle de musique (C3.1) – séparation vis-à-vis du stockage <u>Pôle Commun</u> Salle du conseil (A10) – 100% façade vitrée circulaire + rideau parallèle à paroi béton (cf. plan archi)

6.8.10 Sièges amphithéâtres

Le dossier et l'assise des sièges seront rembourrés par une mousse d'épaisseur 30 mm au moins avec revêtement textile. Le rembourrage devra présenter un coefficient d'absorption $\alpha_w \geq 0.5$.

6.8.11 Mobilier rangement ateliers

Dans les ateliers, le mobilier devra être autoportant et en aucun cas fixé aux cloisons.

6.8.12 Mobilier salle de musique

Dans la salle de musique, des éléments de mobilier autoportants en bois seront prévus.

Ces éléments auront une hauteur minimale de 1,8 m et seront pourvu d'une assise en partie basse.

La longueur cumulée des ces éléments sera de 8 m au moins, soit 7 unités au moins pour un meuble de 1,2 m de longueur.

Ces éléments participeront à la correction de l'acoustique interne de la salle de musique en atténuant phénomènes d'ondes stationnaires et devront être disposé de façon à briser le parallélisme des parois latérales pour une efficacité optimale.

Un exemple de disposition efficace des éléments de mobilier est donné ci-dessous :

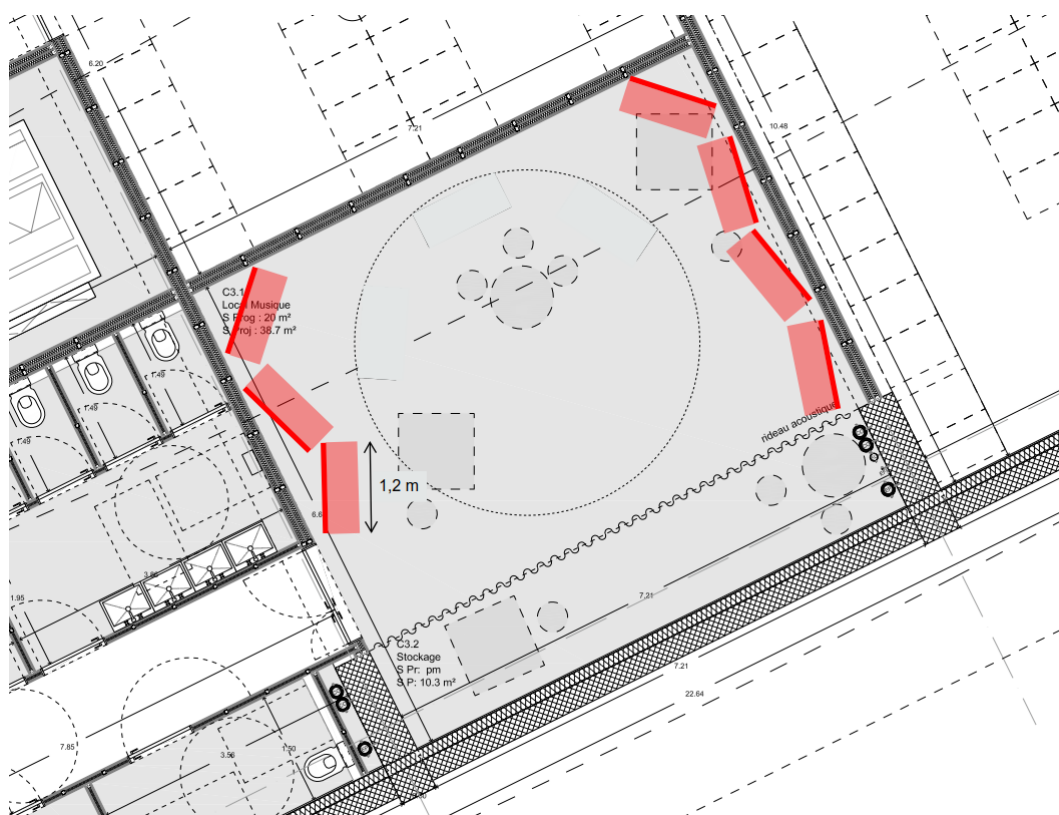


Figure 18 : Exemple de disposition du mobilier dans la salle de musique

6.9 Lot F - Cahier 6 Cloisons – Doublages – Faux-plafonds

6.9.1 Boite en boite légère

Dans la salle de musique, une boite en boite légère est envisagée pour permettre une utilisation libre de cette salle sans nuire aux autres activités du bâtiment.

Tableau 25 : Descriptif de la boite en boite légère

Indice d'affaiblissement acoustique boite	Description	Localisation
$R_w+C \geq 65$ dB	Portique autoportant type MEGASTIL des Ets. PLACO ou équivalent Parements cloisons : 1 x BA13 + 1 x BA18 de chaque côté Parement plafond : 1 x BA13 + 1 x BA18 Ossature : Ossature simple 100 mm type MEGASTIL ou équivalent Isolant : 100 mm laine minérale	<u>RDC et Espaces Communs</u> Salle de musique (C3.1)

Le schéma suivant illustre le principe du portique :

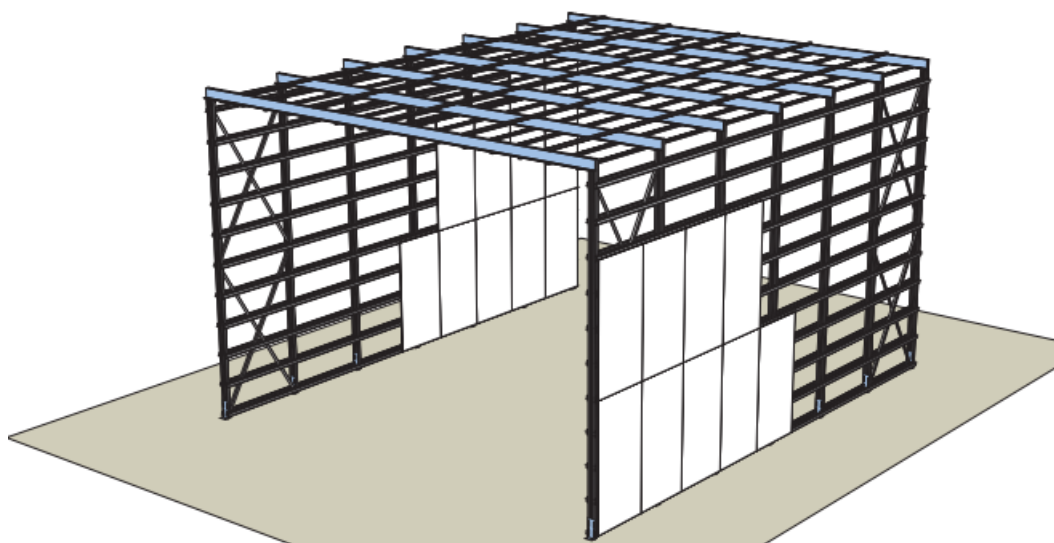


Figure 19 : Principe du portique autoportant (extrait du catalogue PLACO)

Le portique sera réalisé avant coulage de la chape flottante de la salle de musique.

6.9.2 Cloisons à parements en plaques de plâtre

Les différentes cloisons sèches du projet sont décrites ci-après :

Tableau 26 : Descriptif des cloisons à parements en plaque de plâtre

<i>Indice d'affaiblissement acoustique cloison</i>	<i>Description</i>	<i>Localisation</i>
R _w +C ≥ 62 dB	Parements : 2 x BA13 de chaque côté Ossature : Double (2 x 48 mm) Isolant : 70 mm laine minérale Type : SAD 160 de PLACO ou eq.	<u>RDC et Espaces Communs</u> Entre bureau conférencier (A13) et LT CTA Entre bureau conférencier (A13) et local déchets (A25) Entre sanitaires et autres locaux Entre salles banalisées partagées (A7) et LT ventilation Forum Entre salles banalisées partagées (A7) et Forum <u>Pôle Commun</u> Entre salles de réunion (en variante de la cloison bois) Entre salles de réunion et autres locaux (en variante de la cloison bois)
	Parements : 1 x BA13 + 1 x BA18 de chaque côté Ossature : Montants renforcés pour grande hauteur avec ossature secondaire Isolant : 100 mm laine minérale Type : MEGASTIL 220/100 des Ets. PLACO ou équivalent	<u>RDC et Espaces Communs</u> Entre local Eau et BDE (C1) Entre sanitaires et BDE (C1)
R _w +C ≥ 47 dB	Parements : 2 x BA13 de chaque côté Ossature : Simple (48 mm) Isolant : 45 mm laine minérale Type : 98/48 de PLACO éq.	<u>Tous bâtiments</u> Entre blocs sanitaires Autre cas non cités précédemment

6.9.3 Doublages

Les doublages du projet sont décrits ci-dessous :

Tableau 27 : Descriptif des doublages

Amélioration Indice d'affaiblissement façade	Description	Localisation
Amélioration Indice d'affaiblissement façade $\Delta R \geq 20$ dB Indice d'atténuation latérale $D_{nfw} + C \geq 50$ dB	Parements : 2 x BA13 Ossature : mise en œuvre de plancher à plancher sans contact avec ossature bois Isolant : 45 mm laine minérale	<u>Pôle Commun</u> En doublage intérieur des façades bois Sud et Ouest aux niveaux R+2 et R+3 (variante du doublage bois)
Indice d'atténuation latérale $D_{nfw} + C \geq 49$ dB	Parements : 1 x BA125 Ossature : doublage collé Isolant : 150 mm laine minérale mini Type : CALIBEL des Ets. PLACO ou équivalent. <i>Remarque : si le doublage est interrompu entre locaux, la masse surfactive du parement pourra être réduite à 10 kg/m².</i>	<u>Pôle Commun</u> En doublage intérieur des façades béton Nord et Est aux niveaux R+2 et R+3 (variante du doublage bois). <u>Pôle recherche</u> En doublage des façades béton (variante du doublage bois).

6.9.4 Plafonds absorbants

Les plafonds absorbants du projet sont décrits ci-dessous :

Tableau 28 : Localisation des faux-plafond absorbants

Coefficient d'absorption α_w	Description et mise en œuvre	Localisation et surface
$\alpha_w \geq 0.85$	Flocage acoustique d'épaisseur minimale 35 mm à mesurer au niveau des creux - Épaisseur ≥ 35 mm au moins - Mise en œuvre : floqué en sous face de dalle ou sous BA13 suspendu - Type : SONASPRAY des Ets. ASONA ou équivalent <i>Remarque : La mesure de l'épaisseur du flocage devra faire l'objet d'un autocontrôle rigoureux pour chaque salle</i>	<u>RDC et Espaces Communs</u> Forum (A5.1) – 85% du plafond Vestibules (A5.2 et A5.3) – 50% du plafond Espace repas (C7.1) et Espace de vente (C8) – 85 % du plafond Plateau partagé (C2), salles de réunion (C5) et BDE (C1) – 50 % du plafond Hall d'entrée (A0) – 50 % du plafond Bureau conféréncier (A13) – 50% du plafond Régie (A11) – 100% du plafond <u>Pôle Ateliers</u> Ateliers (D1 et D4)), salles banalisées (D6 et D7), salles mixtes (D5), salles informatiques (D15) - 45 % du plafond Circulations – 60% de la circulation <u>Pôle Commun</u> Bibliothèque (volume sur double hauteur) - 100 % du plafond Espace de consultation B7 et coin presse B5 en R+5 – 100% du plafond Locaux cloisonnés en R+4 - 50 % du plafond Salle du conseil - 100 % du plafond Circulations R+2 et R+3 – 40% du plafond Circulations R+4 – 60% du plafond <u>Tous bâtiments</u> Locaux techniques CTA, groupe froid, chaufferie et local transformateur
$\alpha_w \geq 0.95$	Flocage acoustique d'épaisseur minimale 75 mm à mesurer au niveau des creux - Épaisseur ≥ 75 mm au moins - Mise en œuvre : floqué en sous face de dalle ou sous BA13 suspendu - Type : SONASPRAY des Ets. ASONA ou équivalent <i>Remarque : La mesure de l'épaisseur du flocage devra faire l'objet d'un autocontrôle rigoureux pour chaque salle</i>	<u>RDC et Espaces Communs</u> Salle de musique – 100% plafond et 100 % parois à partir d'une hauteur de 2,5 m Amphis A8 et A9 – 100% du plafond
$\alpha_w \geq 0.9$	Plafond en dalles de fibre minérale voile de verre type HYGIÈNE des Ets. ECOPHON ou équivalent	<u>RDC et Espaces Communs</u> Plonge (C9)

6.9.5 Plafonds isolants

Les plafonds isolants du projet sont décrits ci-dessous :

Tableau 29 : Localisation des faux-plafond isolants

Indice d'affaiblissement acoustique	Description et mise en œuvre	Localisation et surface
$R_w+C \geq 30$ dB	Faux-plafond constitué d'un parement BA13 au moins avec 30 mm de laine minérale dans le plenum. Les éventuelles trappes inscrites dans les plafonds devront être étanches à l'air (joints isophoniques sur les 4 côtés) et avoir une masse surfacique de 10 kg/m^2	<u>RDC et Espaces Communs</u> Cuisine de l'Espace repas (C7.1) <u>Tous bâtiments</u> Sanitaires

6.9.6 Encoffrement des poutres des amphithéâtres

Dans les amphithéâtres, les poutres de part et d'autre du joint de dilatation seront encoffrées. L'encoffrement sera constitué de 2 plaques de BA13 avec mise en œuvre d'un matelas de laine minérale d'épaisseur 50 mm entre montants.

Les poutres se trouvant de part et d'autre du joint de dilatation, chaque poutre aura un encoffrement indépendant.

Un bourrage de laine minérale d'épaisseur 200 mm sera mis en œuvre entre poutre.

Un couvre joint souple au choix de l'architecte sera mis en œuvre entre poutres.

Le principe est illustré ci-dessous :

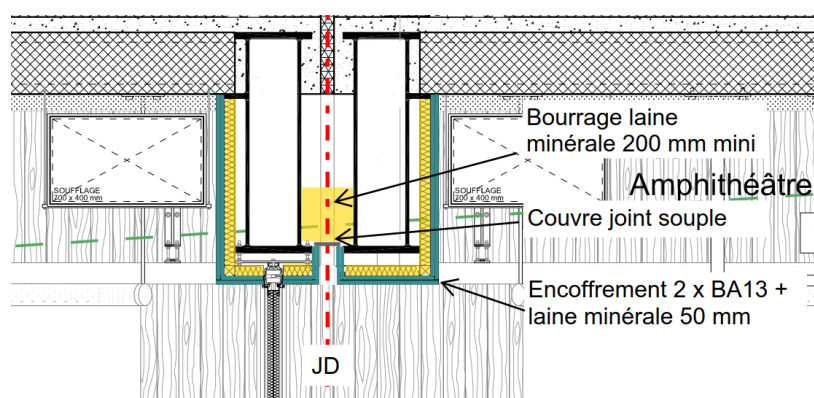


Figure 20 : Principe de mise en œuvre de l'encoffrement des poutres dans les amphithéâtres

6.10 Lot F – Cahier 8 Revêtements de sol

Les revêtements de sol souples suivants sont envisagés :

Tableau 30 : Description des revêtements de sol

Caractéristiques acoustiques	Description	Localisation
Atténuation bruit d'impact $\Delta L_w \geq 18$ dB	Revêtement de sol souple type lino ou PVC sur sous-couche acoustique	<i>Pôle Commun</i> Niveaux R+2 et R+3 toute surface

6.11 Lot G – Cahier 7 Mur Mobile

Les murs mobiles du projet sont décrits ci-dessous :

Entre les amphithéâtres, un mur mobile est envisagé pour avoir la possibilité de mutualiser les salles. Ce mur mobile doit aussi permettre l'utilisation des salles simultanément sans gêne réciproque.

Il présentera les caractéristiques suivantes :

- Indice d'affaiblissement acoustique $R_w + C \geq 57$ dB
- Épaisseur : 150 mm
- Masse surfacique : $m' \geq 75$ kg/m²
- Système de joints télescopiques pour garantir la compression homogène des joints en périmètre des panneaux
- Si nécessaire : profils latéraux au niveau des jonctions avec parois de fond de salle et/ou fond de scène
- Type : SILENCE des Ets. ALGAFLEX ou équivalent

Afin de restituer la performance recherchée, aucune porte ou élément battant ne doit s'inscrire dans la paroi.

Un dossier spécifique relatif au mur mobile avec détails de suspension et détails aux jonctions avec les parois sera à fournir.

6.12 Lot H – Cahier 10.1 Chauffage – Ventilation – Climatisation

6.12.1 Panneaux thermo-acoustiques

Certains locaux recevront des panneaux rayonnants en plafond qui participeront aussi au traitement acoustique des locaux. Dans certains cas, les surfaces de panneaux rayonnants nécessaires pour la thermiques sont inférieures aux surfaces requises pour le traitement acoustique.

La mise en œuvre de panneaux inactifs, d'aspect identique aux panneaux rayonnants, viendra donc compléter ce dispositif.

La sous face des panneaux devra présenter au minimum un coefficient d'absorption $\alpha_w \geq 0.8$. Les panneaux auront pour cela une sous face perforée à 22% au moins et seront garnis d'un panneau de laine minérale d'épaisseur 40 mm au moins.

Les panneaux pourront être de type BARCOLAIR, ZENHDER ou équivalent.

Les surfaces minimales des panneaux sont données ci-dessous :

Tableau 31 : Localisation des panneaux thermo-acoustiques

Pôle Concerné	Local concerné	% Surface plafond panneaux actifs (cf. ALTO) + panneaux inactifs
Recherche	Plateau Technique F8 Halle d'expérimentation (F1)	60 %
	Atelier maquette – zone sous mezzanine (F10)	75 %
	Incubateur (F12), salle de travail (F4) et <i>Open space</i> R+4 à R+7	65 %
	Bureaux cloisonnés	60 %
	Circulations	60 %
Commun	Locaux administratifs R+2 et R+3	60 %
	Salles de travail (B8)	65 %
	Bureaux (B11 et B12)	60 %
RDC et Espaces communs	Accueil (A1 et A4)	60 %
	Salles banalisées (A7 / D14.1)	65 %

6.12.2 Entrées d'air

Les entrées d'air à charge du présent lot sont décrites ci-dessous :

Tableau 32 : Description des entrées d'air

<i>Indice d'affaiblissement acoustique</i>	<i>Description</i>	<i>Localisation</i>
$D_{new} + C_{tr} \geq 37$	Entrée d'air en menuiserie type DUCOMAX des Ets. DUCO ou équivalent	<u>Pôle Recherche</u> Tous locaux en façade sud sur cour des expérimentations entre files E3 et E6 <u>Pôle Commun</u> Tous locaux aux niveaux R+2 et R+3 en façade Nord
$D_{new} + C_{tr} \geq 40$	Entrée d'air en menuiserie type DUCOMAX des Ets. DUCO ou équivalent	<u>Pôle Commun</u> Tous locaux aux niveaux R+2 et R+3 en façade Nord Est sur cour des expérimentations entre files O8 et E13 Tous locaux aux niveaux R+2 et R+3 en façade Nord Est sur cour des expérimentations entre files O8 et O12 <u>Pôle Recherche</u> Tous locaux en façade sud sur cour des expérimentations entre files E6 et E9
$D_{new} + C_{tr} \geq 54$	Entrée d'air intégrant silencieux traversée de mur type SRT des Ets. VIM ou équivalent	<u>Pôle Commun</u> Tous locaux aux niveaux R+2 et R+3 en façade Sud Est sur Boulevard Nedelec
$D_{new} + C_{tr} \geq 54$	Entrée d'air gainée depuis prise d'air en façade <i>Remarque : un piège à sons de longueur 600 mm au moins sera mis en œuvre à l'entrée des locaux pour éviter l'interphonie entre locaux.</i>	<u>Pôle Recherche</u> Locaux cloisonnés en façade sud

Les locaux en partie centrale du bâtiment commun (sans façade sur l'extérieur), la bibliothèque ainsi que la salle du conseil seront traités en double flux.

6.12.3 Sortie d'air

Dans le pôle atelier, une ventilation simple flux avec insufflation d'air neuf dans les locaux et sortie d'air en façade est envisagée. Les sorties d'air devront présenter au minimum les caractéristiques suivantes :

Tableau 33 : Description des sorties d'air

Indice d'affaiblissement acoustique	Description	Localisation
$D_{new} + C_{tr} \geq 36 \text{ dB}$	Sortie d'air en menuiserie avec capot acoustique intérieur ou extérieur type DUCOMAX des Ets. DUCO ou équivalent	<u>Pôle Ateliers</u> Tous locaux

6.12.4 Atténuation du bruit sur les réseaux de ventilation

Tous les réseaux de ventilation seront obligatoirement équipés de pièges à sons.
Les pièges à sons primaires de type pièges à sons rectangulaires seront placés en sortie de local technique, au soufflage, à la reprise, au rejet et à l'air neuf.
Une longueur de 1500 mm minimum sera à prévoir en sortie de caisson pour les pièges à sons sur les réseaux de soufflage et de reprise et 1200 mm au moins pour les prises d'air et rejet.

Pour les amphithéâtres, la bibliothèque et la salle du conseil, la mise en œuvre d'un piège à sons secondaire de longueur 1 m est recommandée sur les réseaux de soufflage et de reprise.

De plus, afin de limiter l'interphonie entre locaux à travers les gaines de ventilation, un piège à sons d'interphonie devra être prévu. Les différents cas figure sont donnés ci-après :

Tableau 34 : Description des silencieux d'interphonie

Atténuation acoustique à 1000 Hz	Description	Localisation
$D_n \geq 20 \text{ dB}$	Silencieux circulaire avec bulbe central absorbant Epaisseur d'isolant : $\geq 50 \text{ mm}$ Longueur : $\geq 600 \text{ mm}$	<u>Pôle Ateliers</u> Tous locaux de vie avec gaine de soufflage verticale – Silencieux à placer sur piquage horizontal en amont de la bouche de soufflage <u>Pôle Recherche</u> Bureaux d'angle entre files S10 et S11 (tous niveaux) – Silencieux à placer sur piquage horizontal en amont de la bouche d'amenée d'air neuf <u>Pôle Commun</u> Locaux en partie centrale (R+2 et R+3) et salles banalisée R+1 - Silencieux à placer sur piquage terminal en amont de la bouche de soufflage
$D_n \geq 40 \text{ dB}$	Silencieux circulaire avec bulbe central absorbant Epaisseur d'isolant : $\geq 50 \text{ mm}$ Longueur : $\geq 1000 \text{ mm}$	<u>Pôle Ateliers</u> Salles de 50 m ² côté cour – Silencieux à placer entre cloison et bouche de soufflage

Ces données sont fournies à titre indicatif.

Il appartiendra à l'entreprise responsable de ce lot de faire des notes de calculs de dimensionnement de pièges à sons sur la base des niveaux de puissance acoustiques L_w réels des équipements et du tracé définitif des réseaux.

6.12.5 Bouches d'extraction

Toutes les bouches d'extraction des bureaux ou salles de réunion du Pôle Commun et du Pôle Recherche devront présenter les caractéristiques suivantes :

Tableau 35 : Description des silencieux d'interphonie

<i>Indice d'affaiblissement acoustique</i>	<i>Description</i>	<i>Localisation</i>
$D_{new} + C \geq 55$ dB pour une paire de bouches	Bouche d'extraction incorporant absorbant acoustique à l'intérieur type AE des Ets. HELIOS. En alternative, la mise en œuvre d'un silencieux en mousse à l'intérieur du conduit type SVE des Ets. HELIOS ou équivalent pourrait être satisfaisant à condition que les vitesses d'air demeurent inférieures à 3.5 m/s.	<u>Pôle Commun et Pôle Recherche</u> Bureaux et salles de réunions

6.12.6 Habillage des gaines de ventilation

Certaines portions de gaines devront être habillées pour limiter leur rayonnement sonore et/ou les phénomènes d'interphonie.

L'habillage consistera en des panneaux en laine de roche 50 mm au moins avec kraft alu.

Il sera mis en œuvre dans les ateliers sur les portions de gaine en amont des pièges à sons circulaires. Dans le cas des petits ateliers ou salles banalisées de 50 m², la portion de gaine située entre la cloison et le piège à sons circulaire sera habillée également. Le principe est illustré ci-dessous :

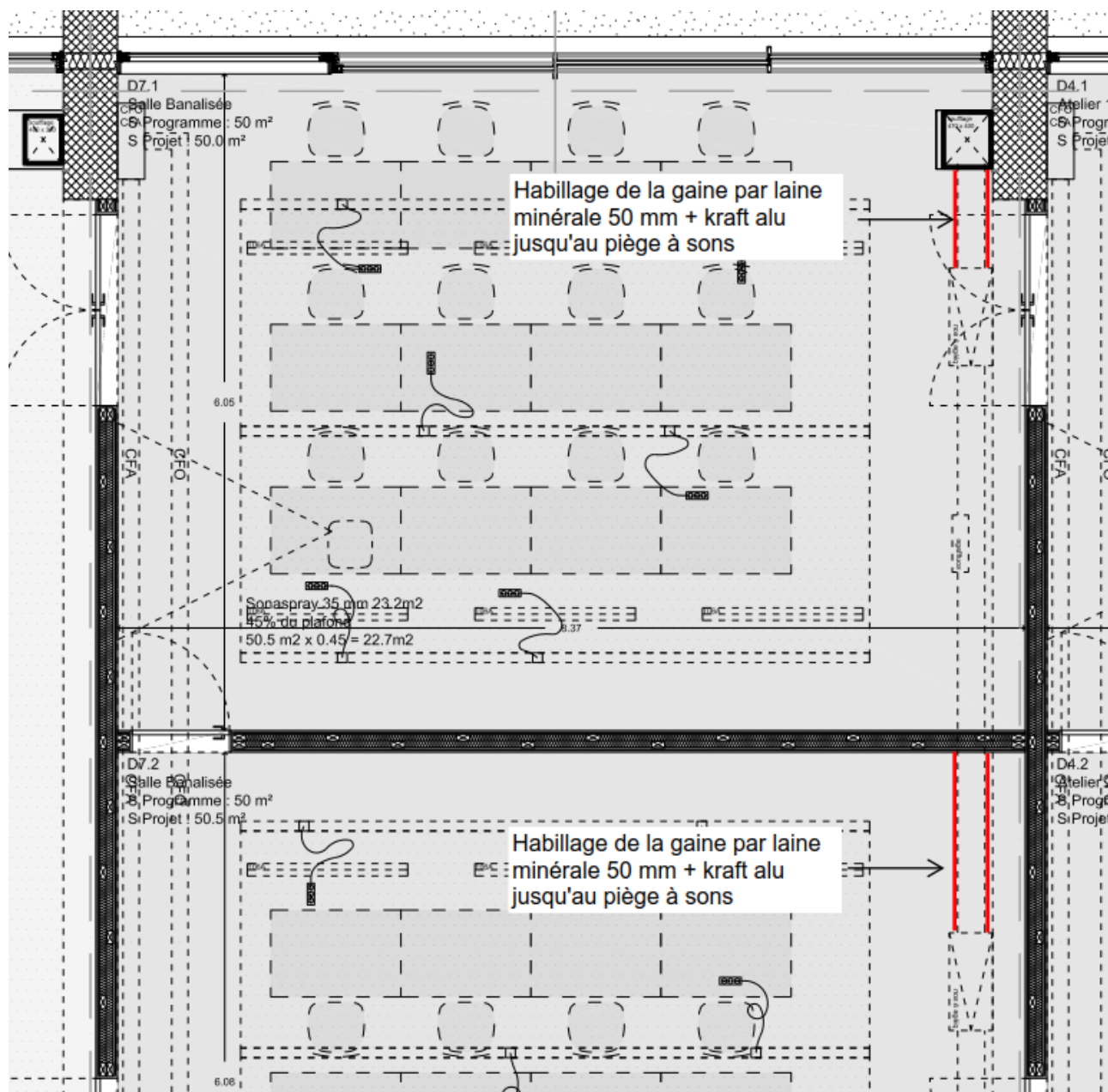


Figure 21 : Principe d'habillage des gaines de soufflage dans les ateliers

De la même dans les locaux centraux en R+2 et R+3 du Pôle Commun, les gaines de soufflage principales seront revêtues par un habillage de même type. Les piquages terminaux ne seront pas nécessairement revêtus mais cela sera confirmé sur la base du tracé défini des réseaux.

Dans le Pôle Recherche, la gaine d'air neuf des bureaux situés en façade Sud en angle (entre files S10 et S11) sera habillée également.

Enfin, d'une façon générale, les portions de gaines situées dans les locaux techniques en aval des pièges à sons devront être habillées jusqu'à la sortie du local technique.

Si les pièges à sons ne peuvent être mis en œuvre à l'intérieur du local, un habillage de gaine sera à prévoir depuis le local technique jusqu'au piège à sons primaire.

Le principe est illustré ci-dessous :

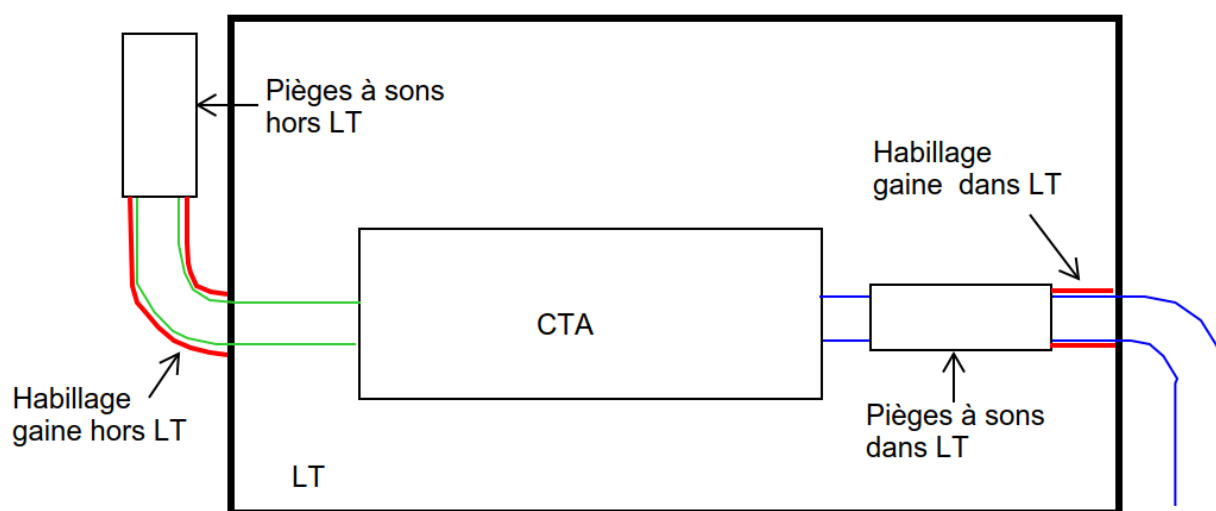


Figure 22 : Principe de mise en œuvre des habillages de gaines dans les LT ou sortie de LT

6.12.7 Filtrage antivibratoires des équipements

Tous les équipements, dont une liste non exhaustive est indiquée ci-après, feront l'objet d'une isolation antivibratoire :

- Centrales de traitement d'air, extracteurs.
- Groupes froids
- Pompes

Outre les dispositifs prévus par les fabricants, tous les équipements seront montés sur des dispositifs antivibratoires ponctuels.

L'efficacité du filtrage sera de 95 % minimum à la fréquence la plus basse d'excitation.

Pour les CTA et extracteurs, des appuis en néoprène seront satisfaisant (fréquence propre sous charge inférieure ou égale à 12 Hz).

Dans le cas des pompes et du groupe froid, cette efficacité ne pourra être obtenue qu'avec des ressorts (fréquence propre sous charge inférieure ou égale à 6 Hz).

6.12.8 Vitesse d'air dans les gaines

La vitesse d'air en gaine peut conduire à des régénérations sonores dans les coudes, clapets, etc... Afin que ces régénérations sonores ne compromettent pas l'obtention des objectifs des niveaux de bruit de fond, celles-ci doivent respecter les limites suivantes (et la section des gaines est à adapter en conséquence) :

Tableau 36 : vitesses d'air maximales dans les gaines de ventilation

Objectif de niveau de bruit de fond L_{nAT} en dB(A) cf. §4.2.5	Vitesse d'air maximum dans les gaines
33	3.2 m/s piquages terminaux et 4.5 m/s en amont
38	3.6 m/s piquages terminaux et 4.8 m/s en amont
42	3.8 m/s piquages terminaux et 5m/s en amont

Ces valeurs doivent néanmoins être adaptées à la géométrie des réseaux et à la présence éventuelle d'éléments perturbateurs (registre, clapets, etc.).
Entre centrales et pièges à sons, ces valeurs peuvent être augmentées.

6.12.9 Aéroréfrigérants

Les aéroréfrigérants en toiture du pôle Ateliers seront dimensionnés pour fonctionner en basse vitesse.
Leur niveau de puissance acoustique sera limité à 80 dB(A) maximum et leur fonctionnement sera en **période diurne exclusivement**.

6.12.10 Brasseurs d'air

Les brasseurs d'air seront sélectionnés de façon à présenter un niveau de puissance acoustique $L_w \leq 52$ dB(A) pour une vitesse de 1.5 m/s maxi.

6.12.11 Traversées de séparatifs

Au niveau des traversées des séparatifs horizontaux (planchers) ou verticaux (cloisons, voiles, etc...), un résilient élastique mince d'épaisseur 5 mm au moins sera mis en œuvre autour des gaines ou conduits.

Il appartiendra au présent lot de calfeutrer soigneusement autour des gaines et tout autre élément traversant pour garantir une bonne étanchéité à l'air des ouvrages.

La nature du calfeutrement sera à définir selon la nature des séparatif traversés et devra être validé par le MOE.

6.13 Lot H – Cahier 10.2 Plomberie sanitaires

6.13.1 Descentes EU/EV/EP et conduits CO

Les descentes EU/EV/EP et conduits CO (planchers rayonnants) sont prévues en PVC avec calorifugeage consistant en laine de roche 25 mm avec revêtement kraft alu.

En outre, aucun coude ou dévoiement ne devra être visible dans les ateliers. Le cas échéant, un soffite isolant en plaques de plâtre avec laine minérale sera à prévoir.

Le calorifugeage pourra être filant entre étages.

Il appartiendra au présent lot de calfeutrer soigneusement autour des conduits et autre élément traversant pour garantir une bonne étanchéité à l'air des ouvrages.

La nature du calfeutrement sera à définir selon la nature des séparatif traversés et devra être validé par le MOE.

6.13.2 Canalisations

Les canalisations seront systématiquement suspendus par collier garni d'un joint élastique antivibratiles.

Au niveaux des traversées de parois ou planchers, un résilient épais d'épaisseur 10 mm au moins sera mis en œuvre autour des canalisations type ARMAFLEX ou équivalent.

6.14 Lot I – Cahier 11.1 Electricité courant fort / courant faibles / photovoltaïque

6.14.1 Filtrage antivibratoires des équipements

Le transformateurs devra être mis en œuvre sur appuis antivibratiles ponctuels de fréquence propre sous charge inférieure ou égale à 12 Hz. Des appuis en néoprène type PAULSTRA ou équivalent seront satisfaisants.

6.14.2 Traversées de séparatifs

Lorsque les câbles doivent traverser des cloisons en bois, des boitiers passe câbles seront mis en œuvre dos à dos. Les boitiers pourront être de type ROXTEC ou équivalent.

L'indice d'affaiblissement global pour une paire de boitiers sera $D_{new} + C \geq 55$ dB.

Le principe est illustré ci-dessous :

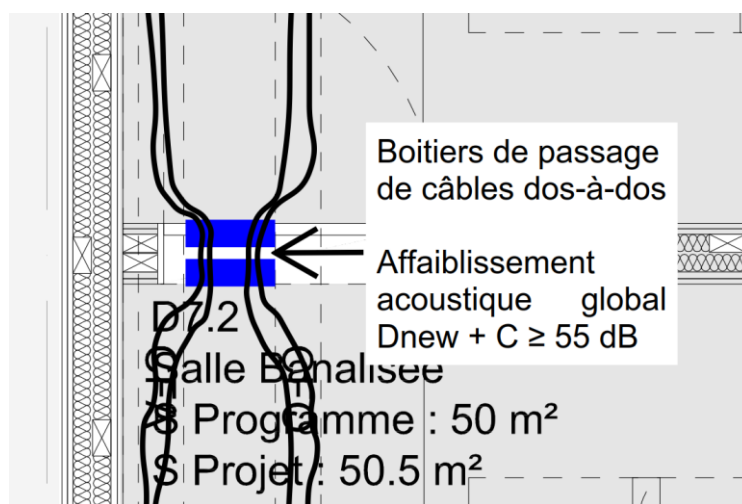


Figure 23 : Principe de mise en œuvre des boitiers passe-câbles

Il appartiendra au présent lot de calfeutrer soigneusement autour des passe-câbles pour garantir une bonne étanchéité à l'air des ouvrages

Dans les autres cas de traversées de séparatifs (planchers, cloisons, voiles), un rebouchage / calfeutrement du même matériau que l'élément traversé sera mis en œuvre à plein épaisseur par le présent lot.

6.15 Lot I – Cahier 11.2 Eclairage

Sans objet.

6.16 Lot J - Cahier 13 Ascenseur

L'ascenseur qui dessert le Pôle Atelier débouche directement dans un atelier au niveau R+4.
Le bruit de cet ascenseur devra être limité aux valeurs suivantes :

- L_p à 2 m $\leq$ 55 dB(A) lors de l'ouverture des portes
- L_p à 2 m $\leq$ 50 dB(A) lors du fonctionnement de l'ascenseur

Le bloc moteur + poulie de l'ascenseur devra impérativement être désolidarisé du bâti par appuis antivibratiles type néoprène ou ressorts de fréquence propre sous charge inférieure ou égale à 6 Hz.

6.17 Lot K – Cahier 14.1 VRD

Au-dessus de l'amphi, le plan de roulement ne devra présenter aucune discontinuité susceptible de générer des impacts lors du passage de véhicules.

REPERAGE DES OBJECTIFS D'ISOLEMENT DE FAÇADE

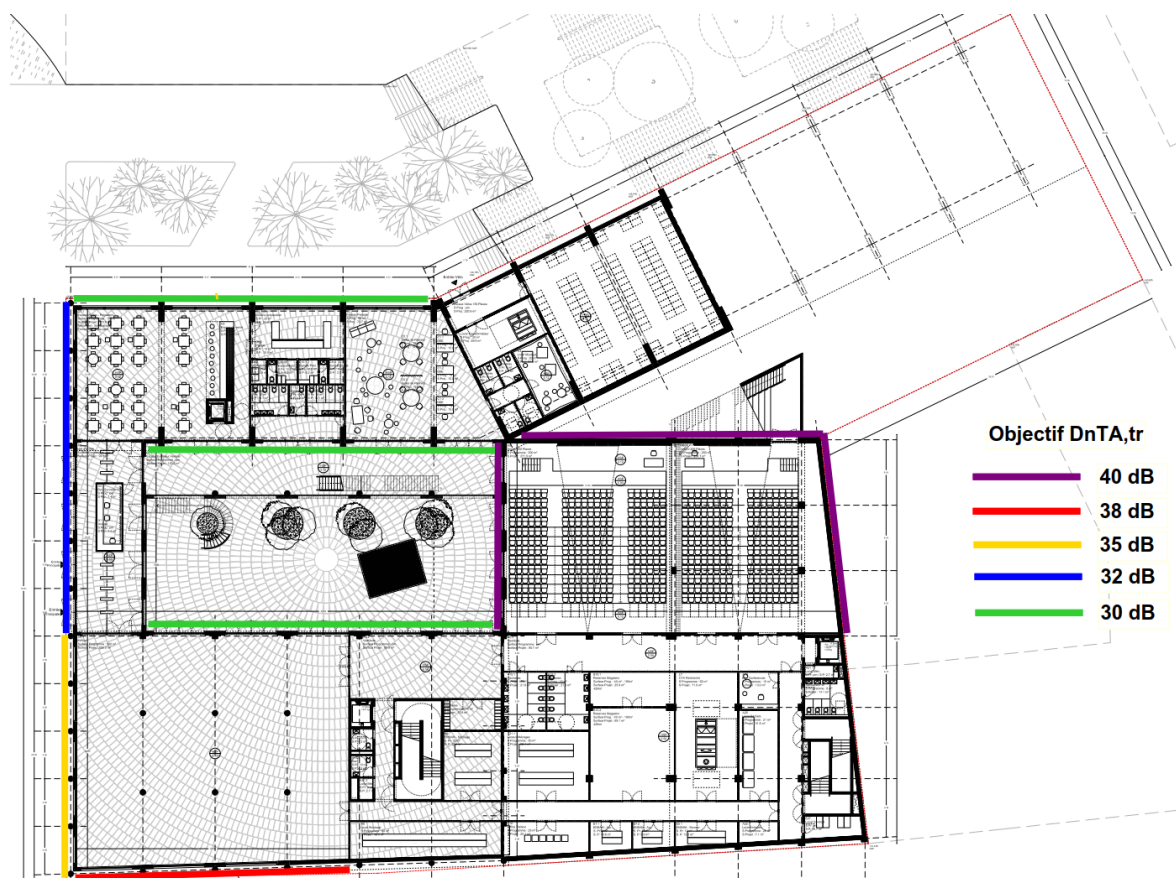


Figure 24 : Repérage des objectifs d'isolement de façade au RDC

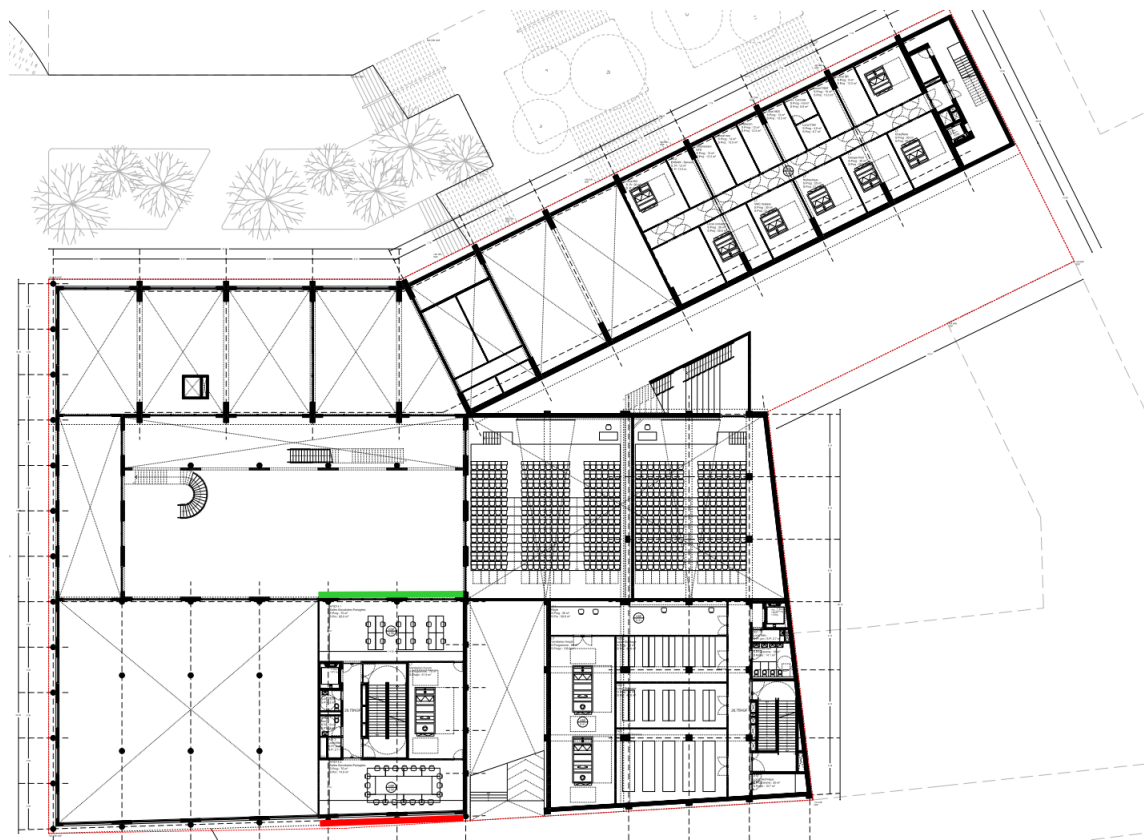


Figure 25 : Repérage des isolements de façade au R+1

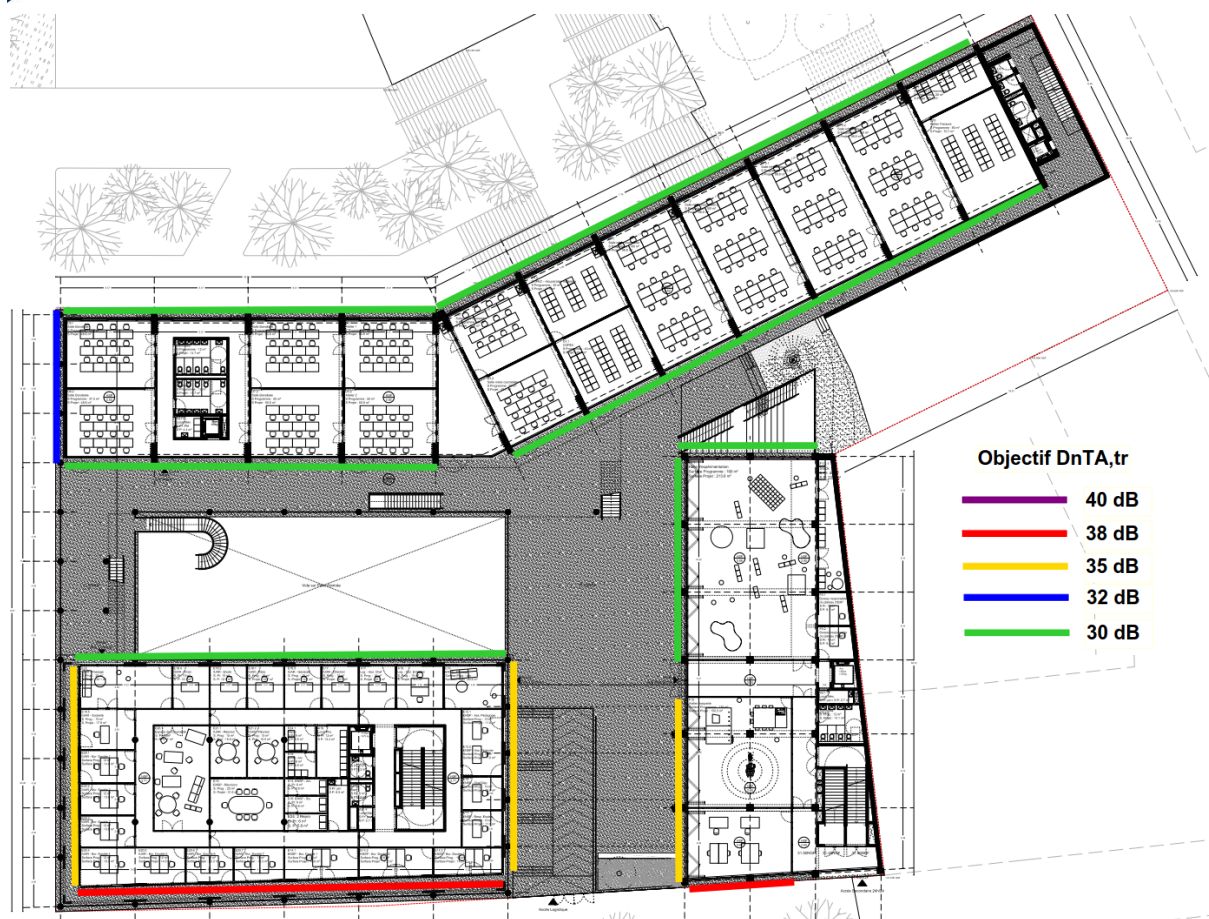


Figure 26 : Repérage des isollements de façade au R+2

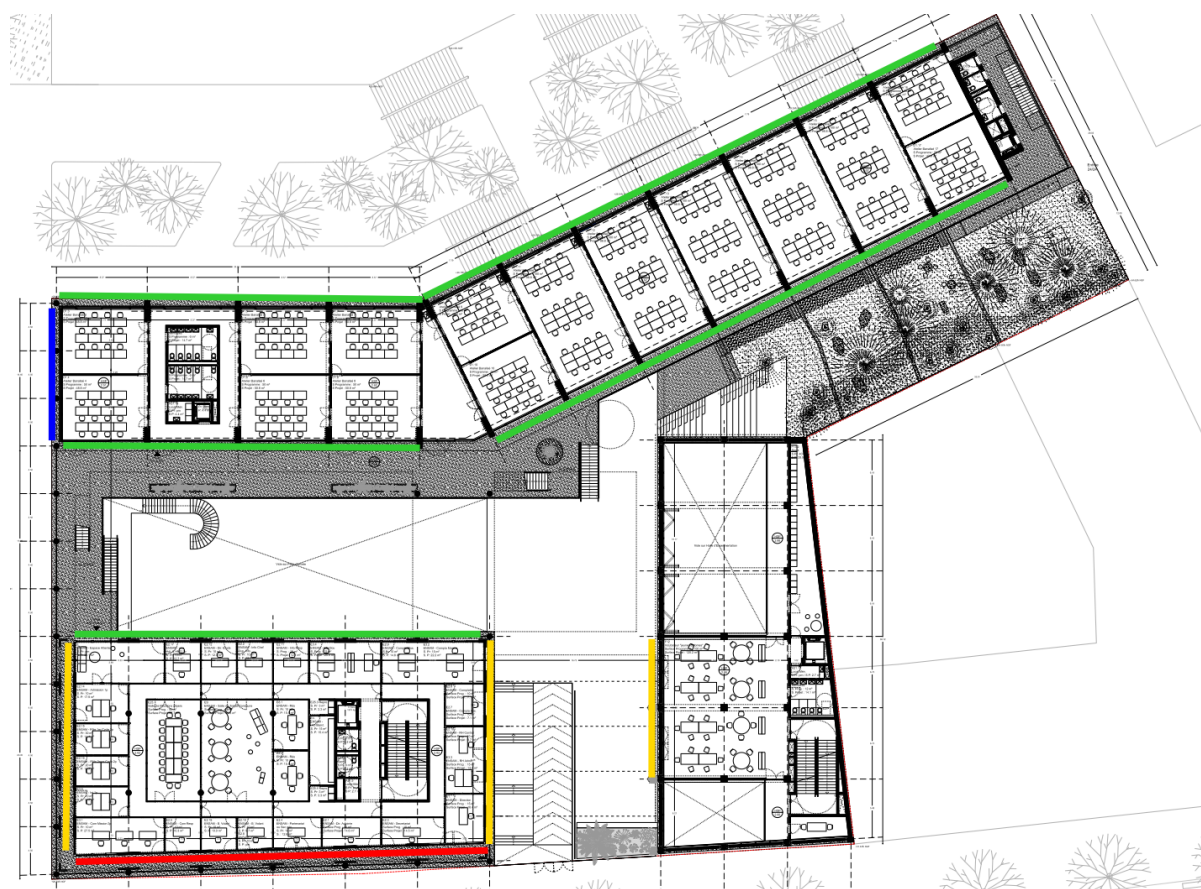


Figure 27 : Repérage des isollements de façade au R+3

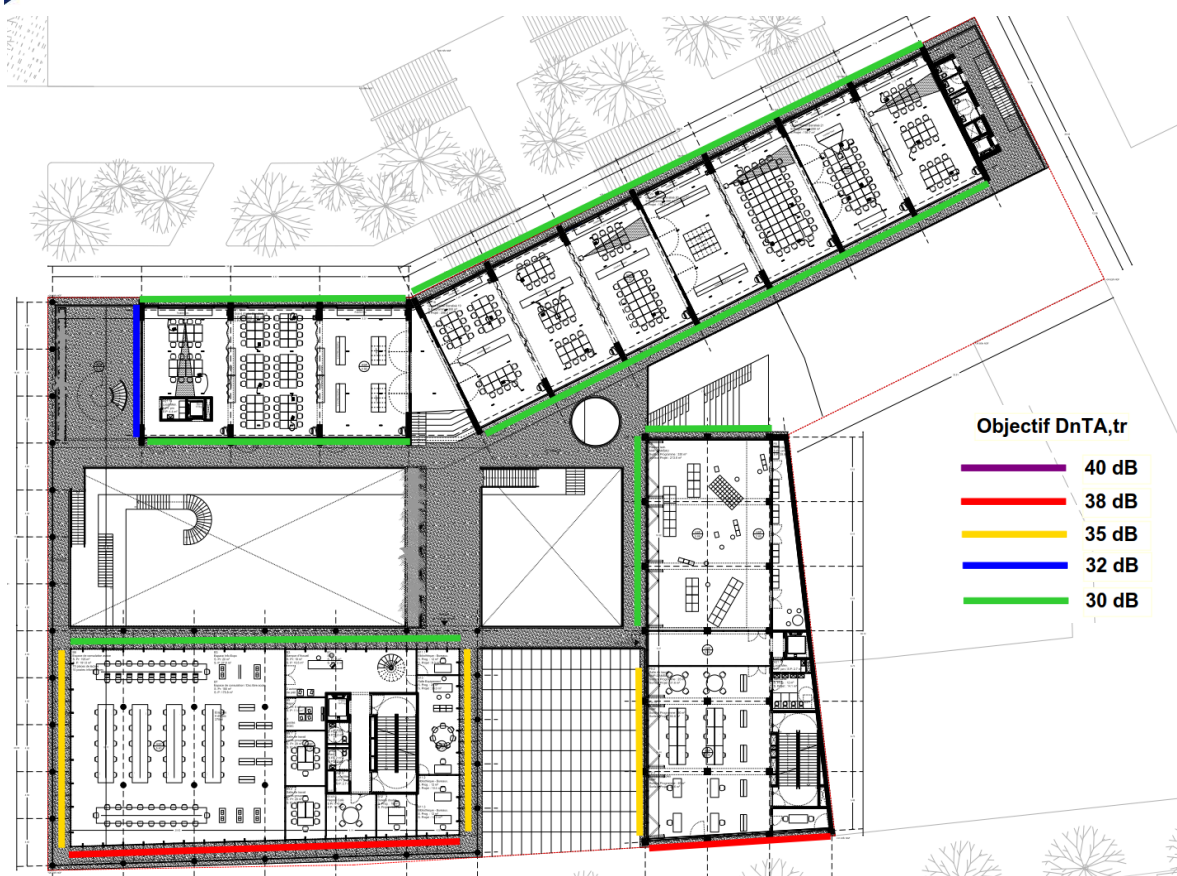


Figure 28 : Repérage des isolements de façade au R+4

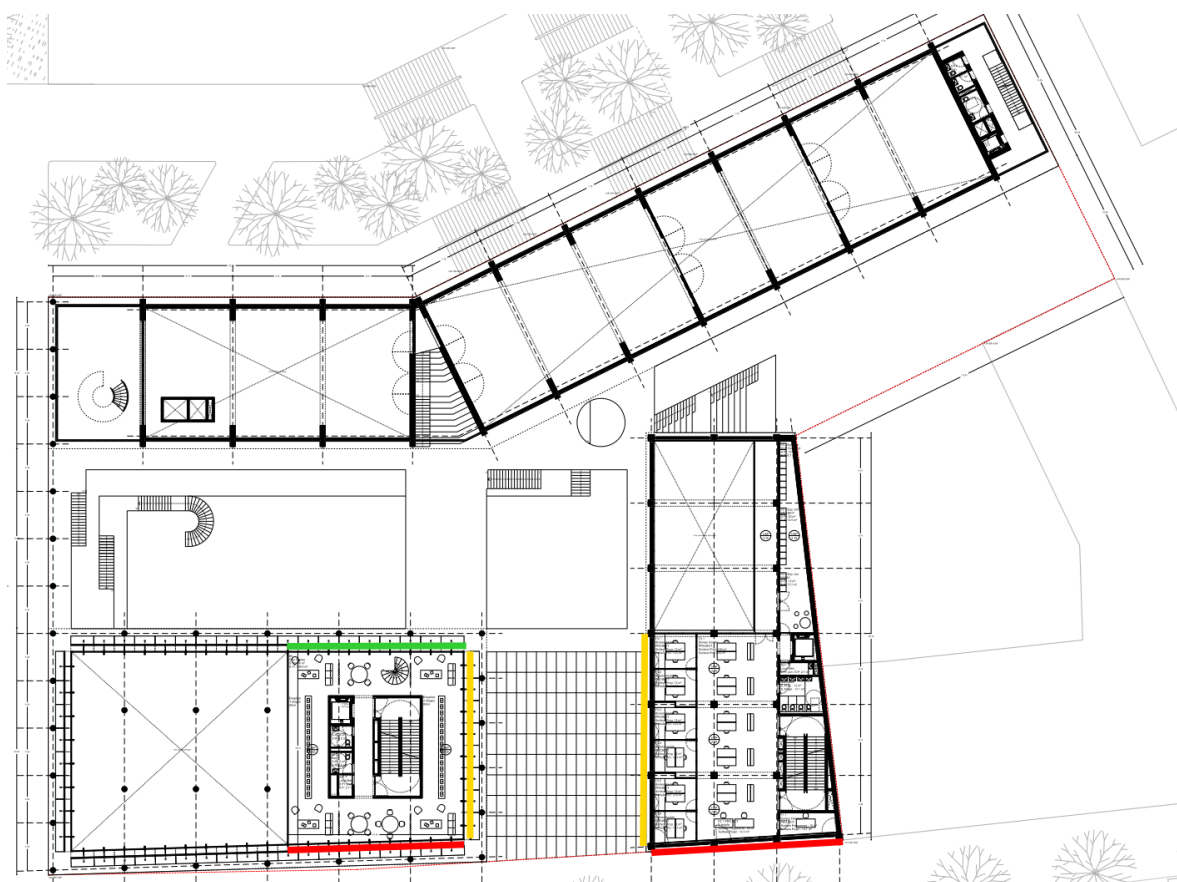


Figure 29 : Repérage des isolements de façade au R+5

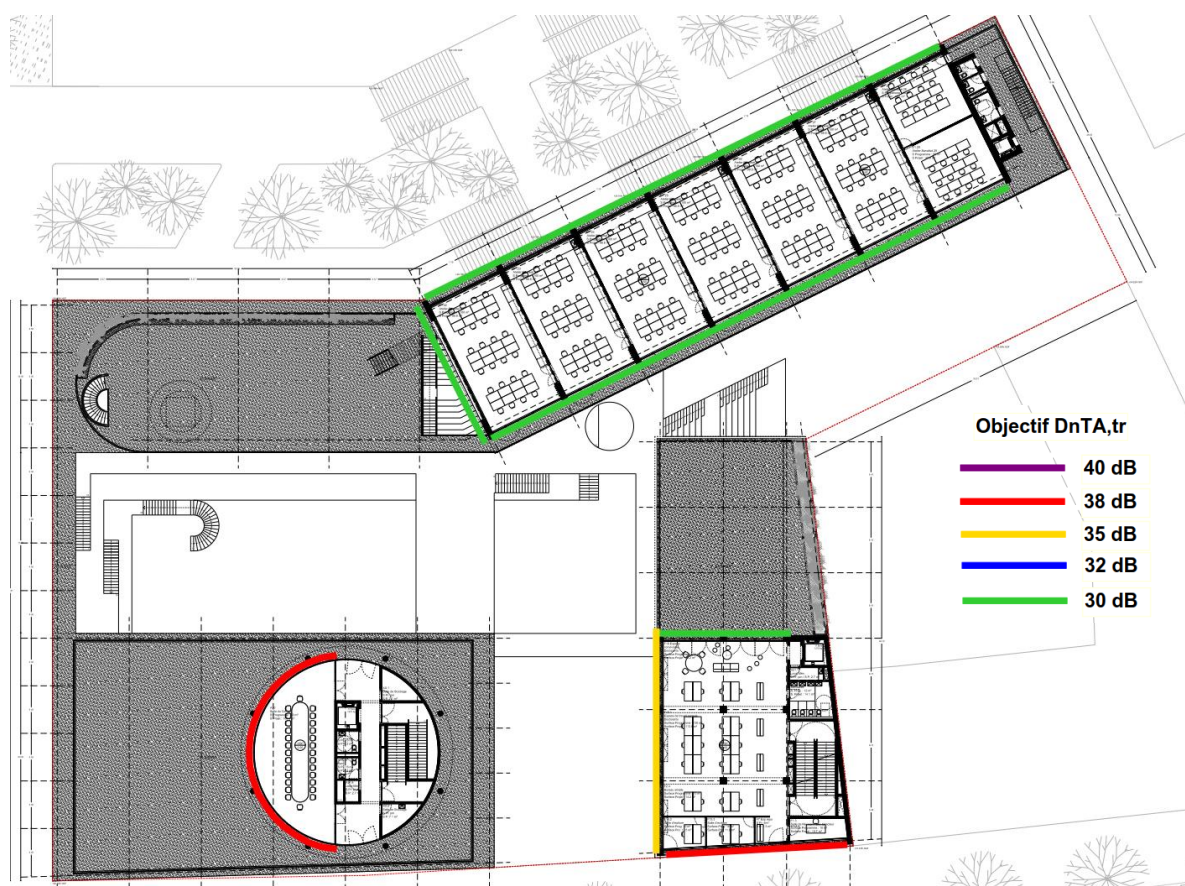


Figure 30 : Repérage des isolements de façade au R+6

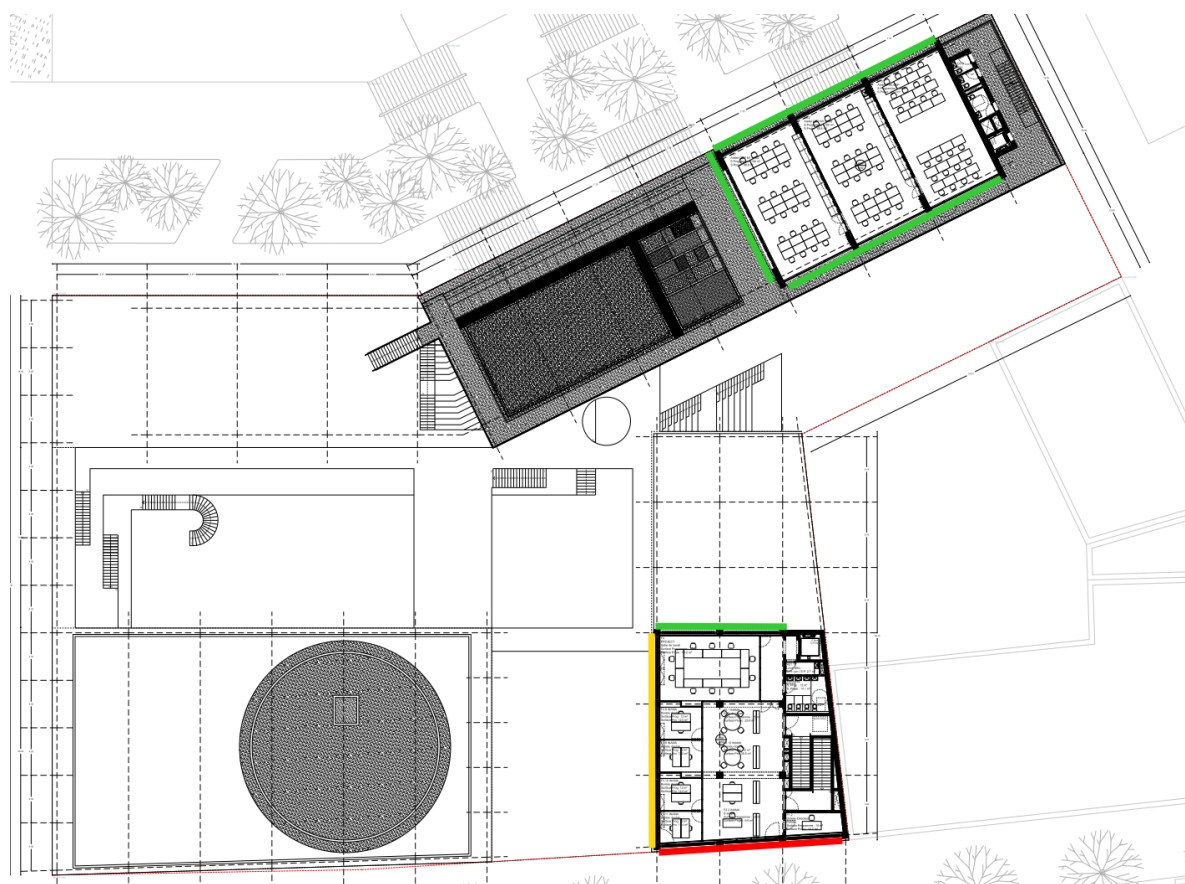


Figure 31 : Repérage des isolements de façade au R+7

REPERAGE DES PERFORMANCES DES FAÇADES EXTERIEURES



Figure 32 : Elévation Bouvelard Nedelec

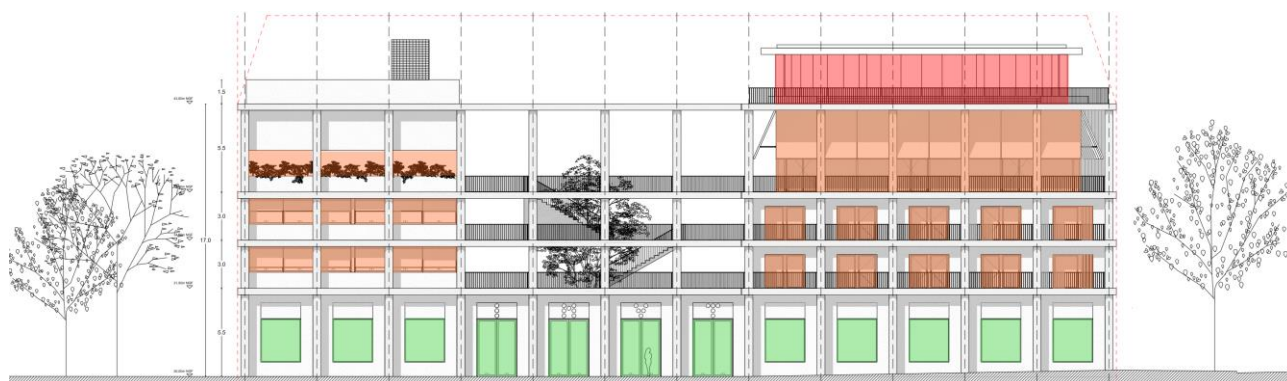
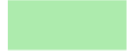


Figure 33 : Elévation Place Jules Guesdes

Indice d'affaiblissement
acoustique $R_w + C_{tr}$ des
menuiseries extérieures

	≥ 40 dB
	≥ 38 dB
	≥ 35 dB
	≥ 30 dB

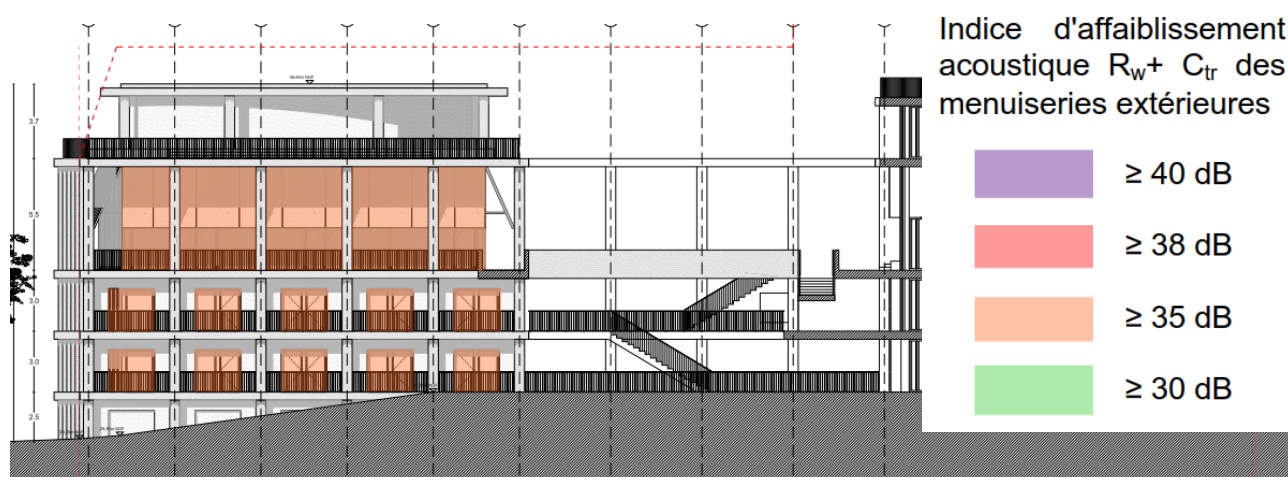


Figure 34 : Elévation sur cour d'expérimentation – Pôle Commun

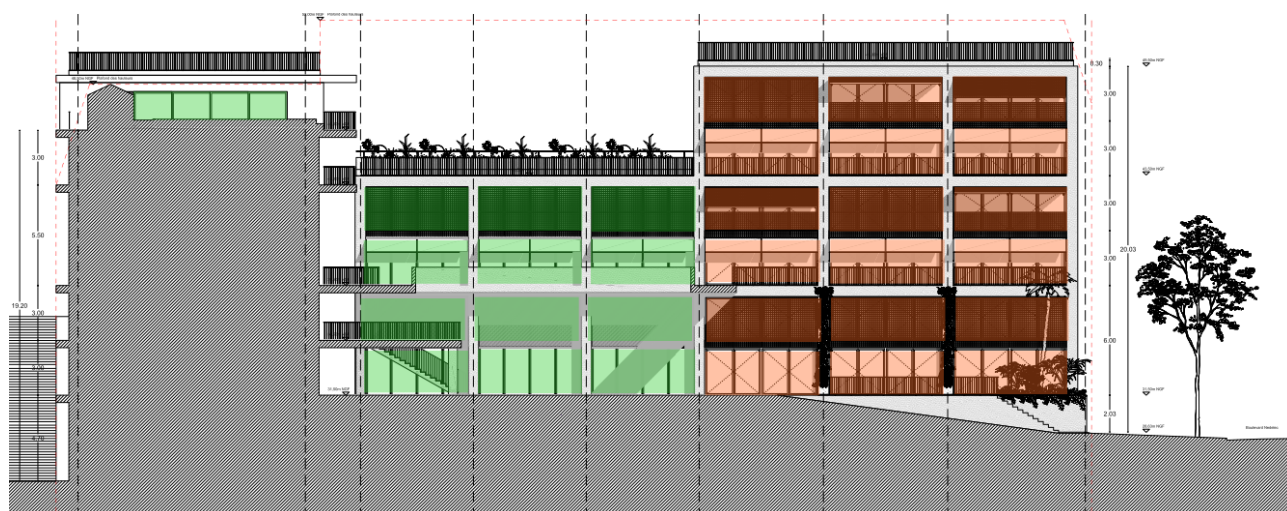


Figure 35 : Elévation sur Cour d'expérimentation – Pôle Recherche

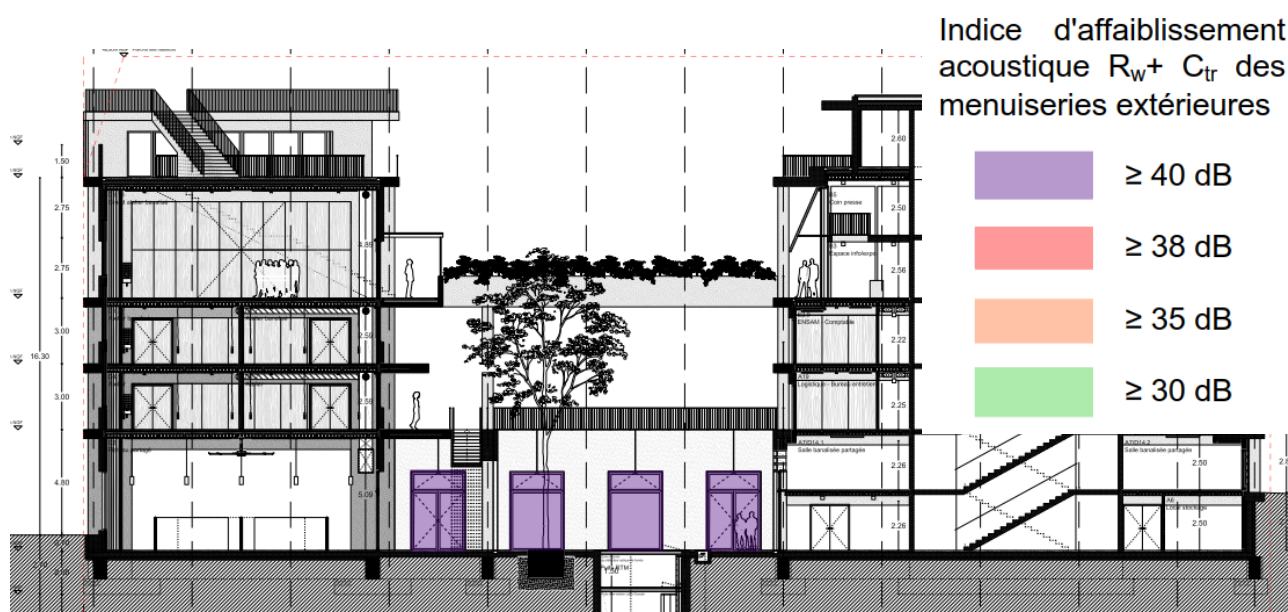


Figure 36 : Elévation sur Cour d'accueil – Amphithéâtres

REPERAGE DES CLOISONS

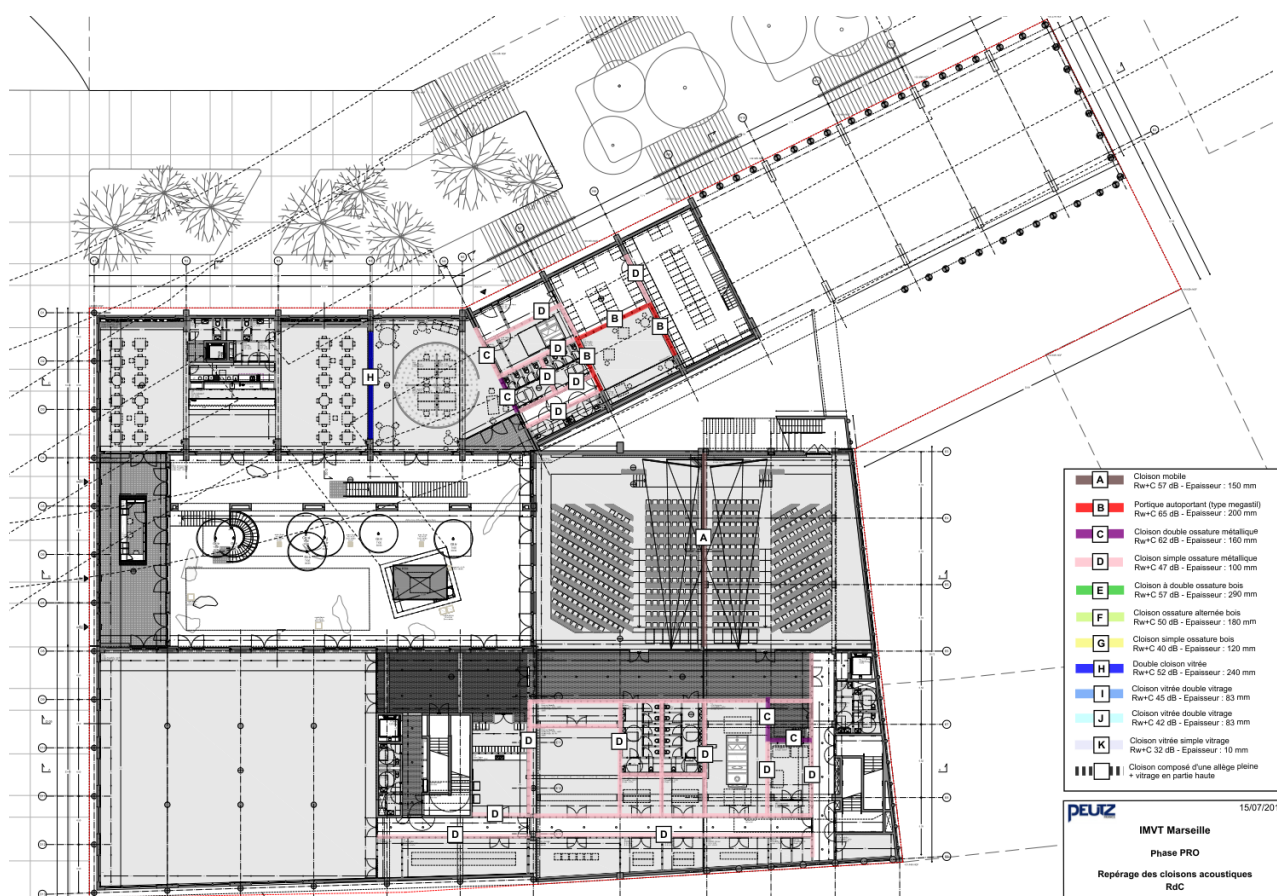


Figure 37 : Repérage des cloisons au RDC

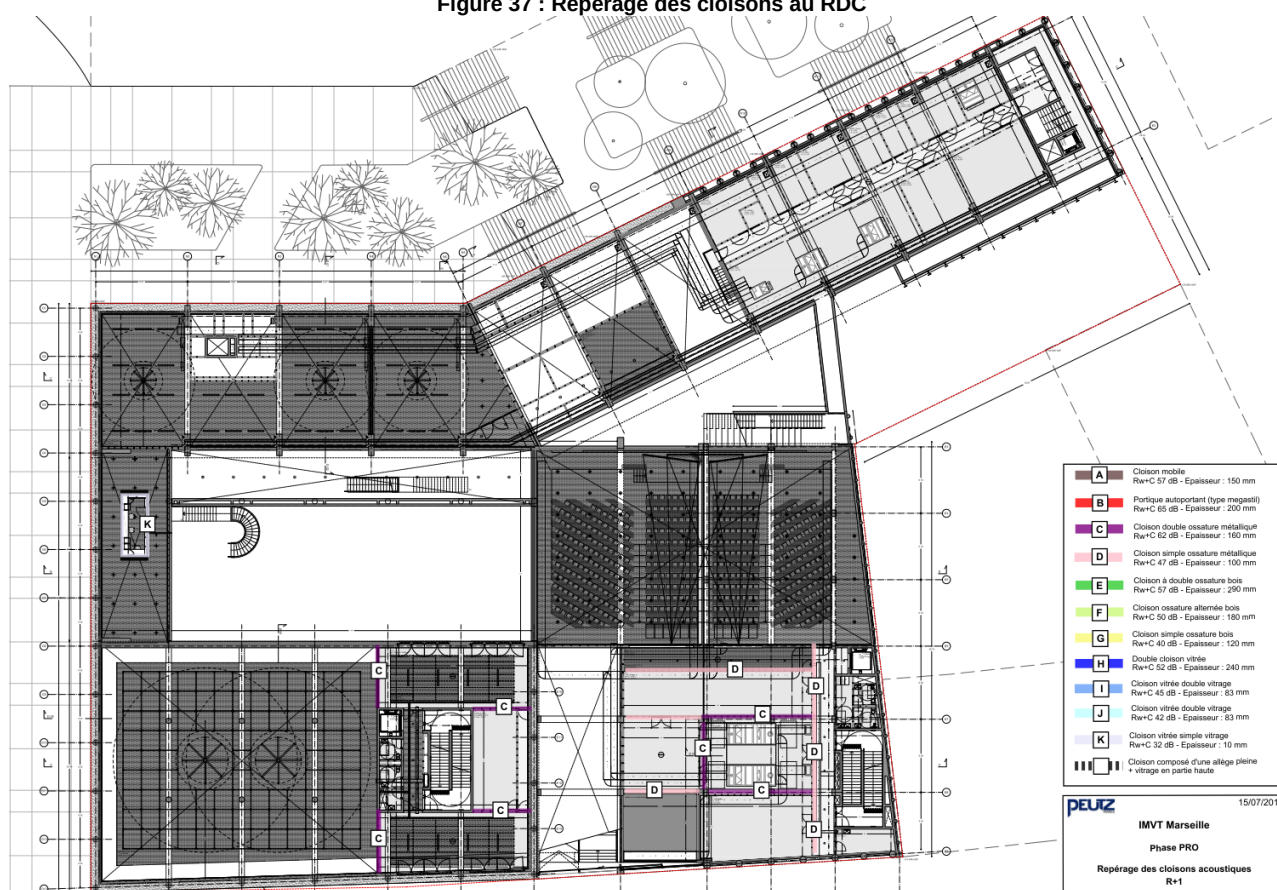
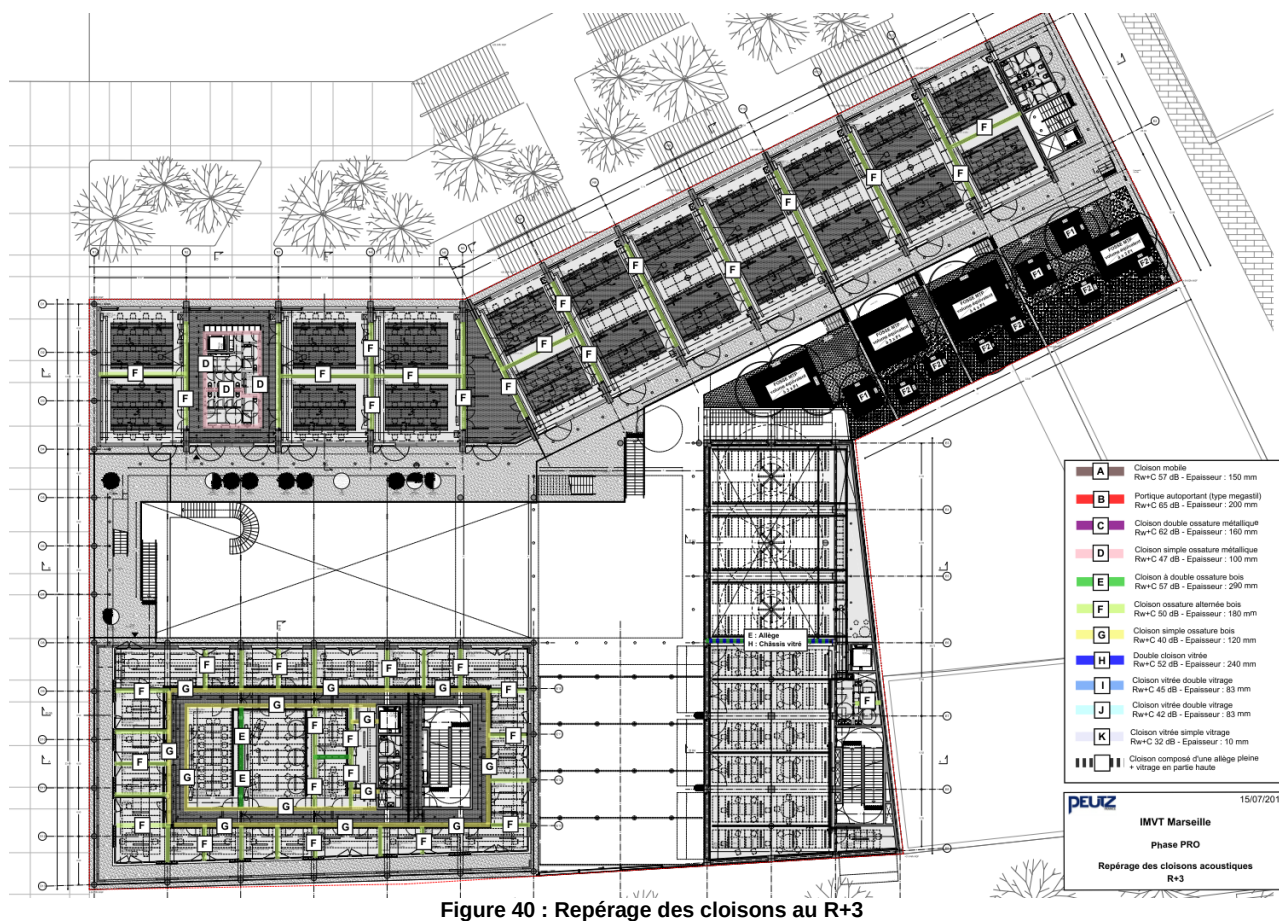
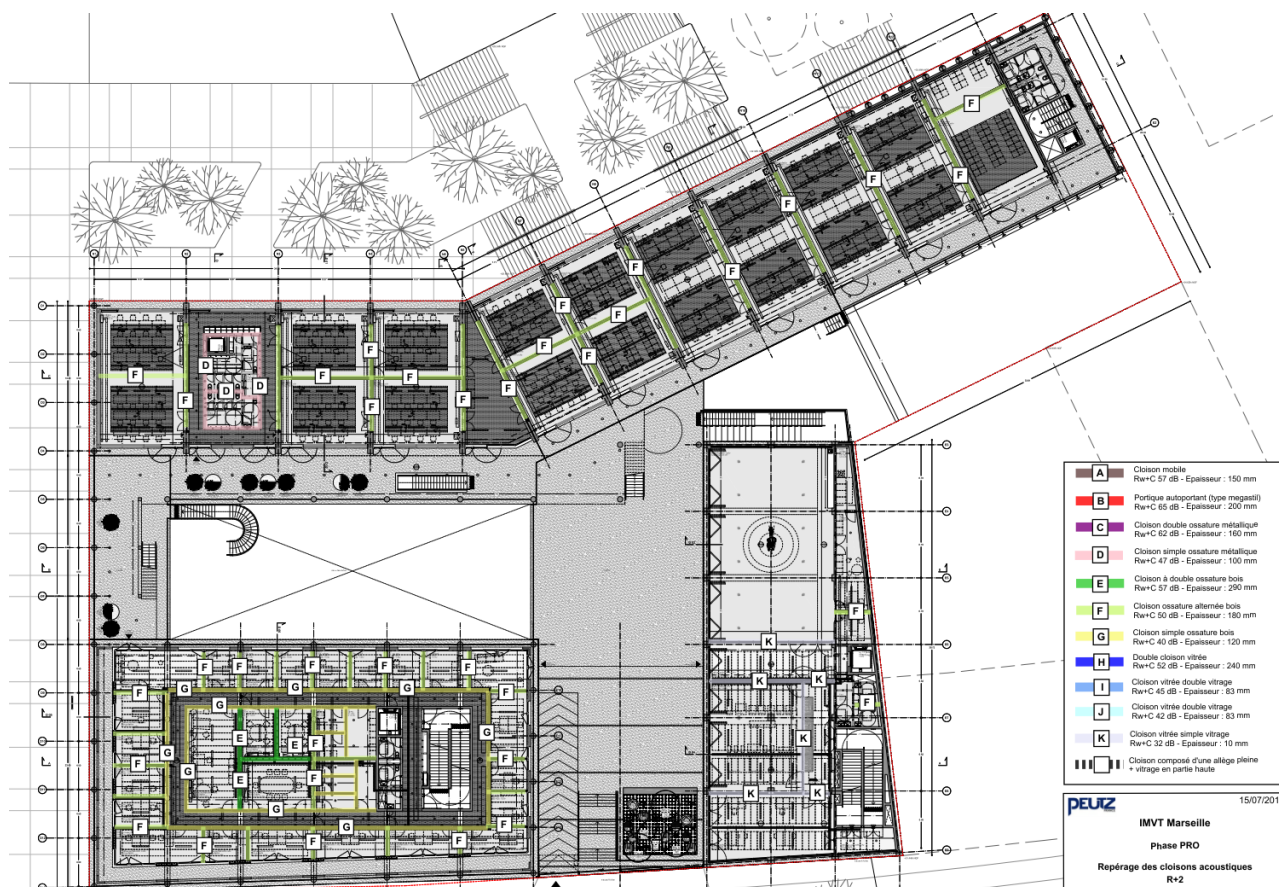
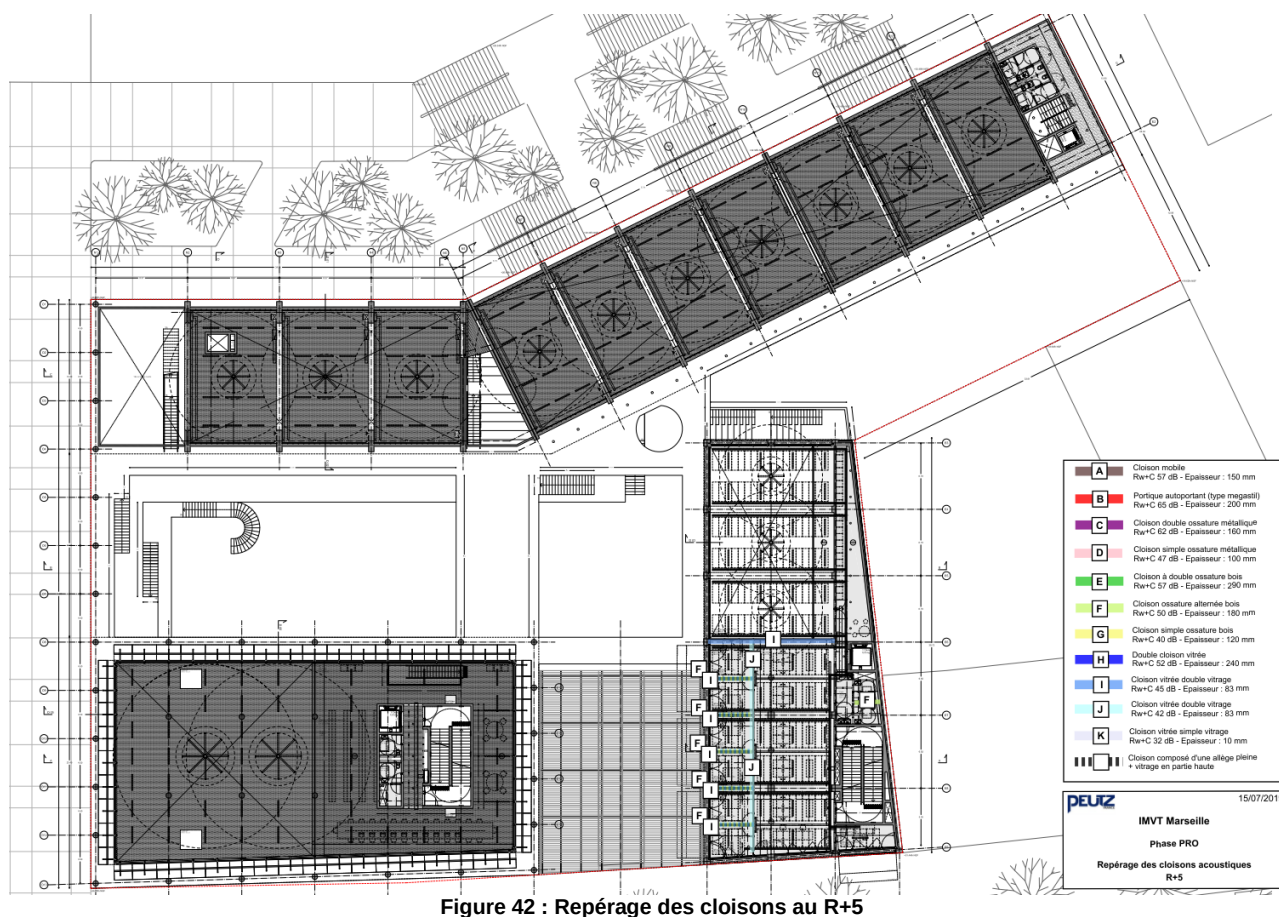
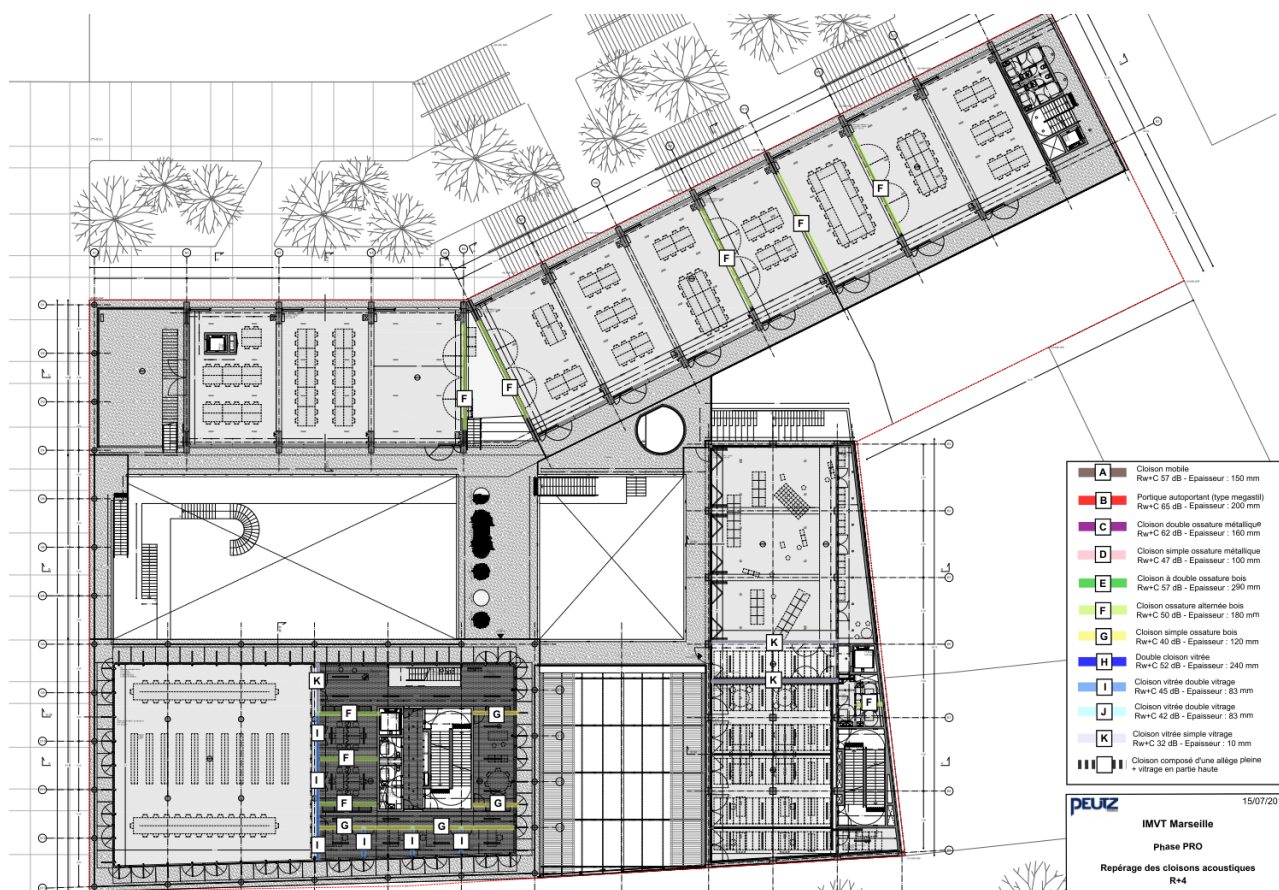


Figure 38 : Repérage des cloisons au R+1





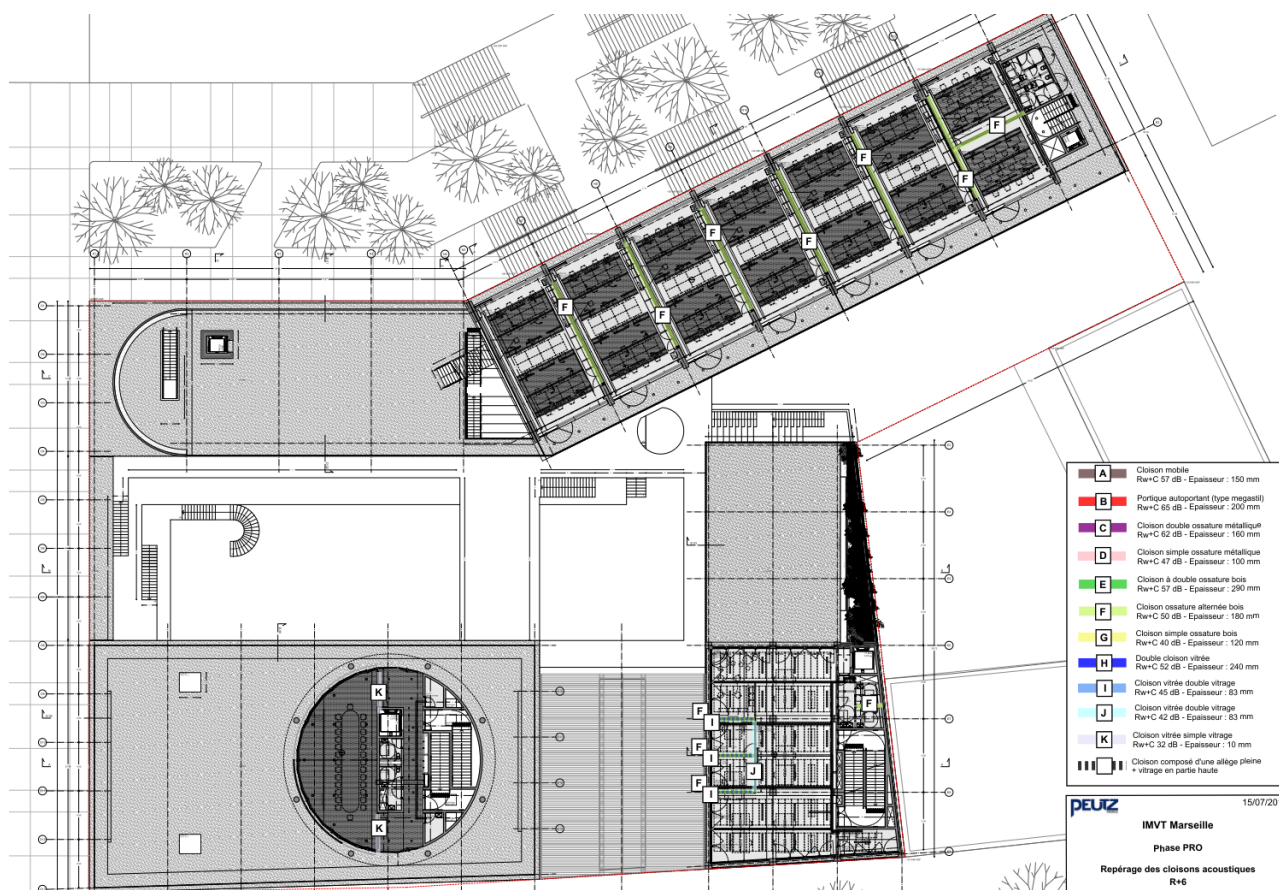


Figure 43 : Repérage des cloisons au R+6

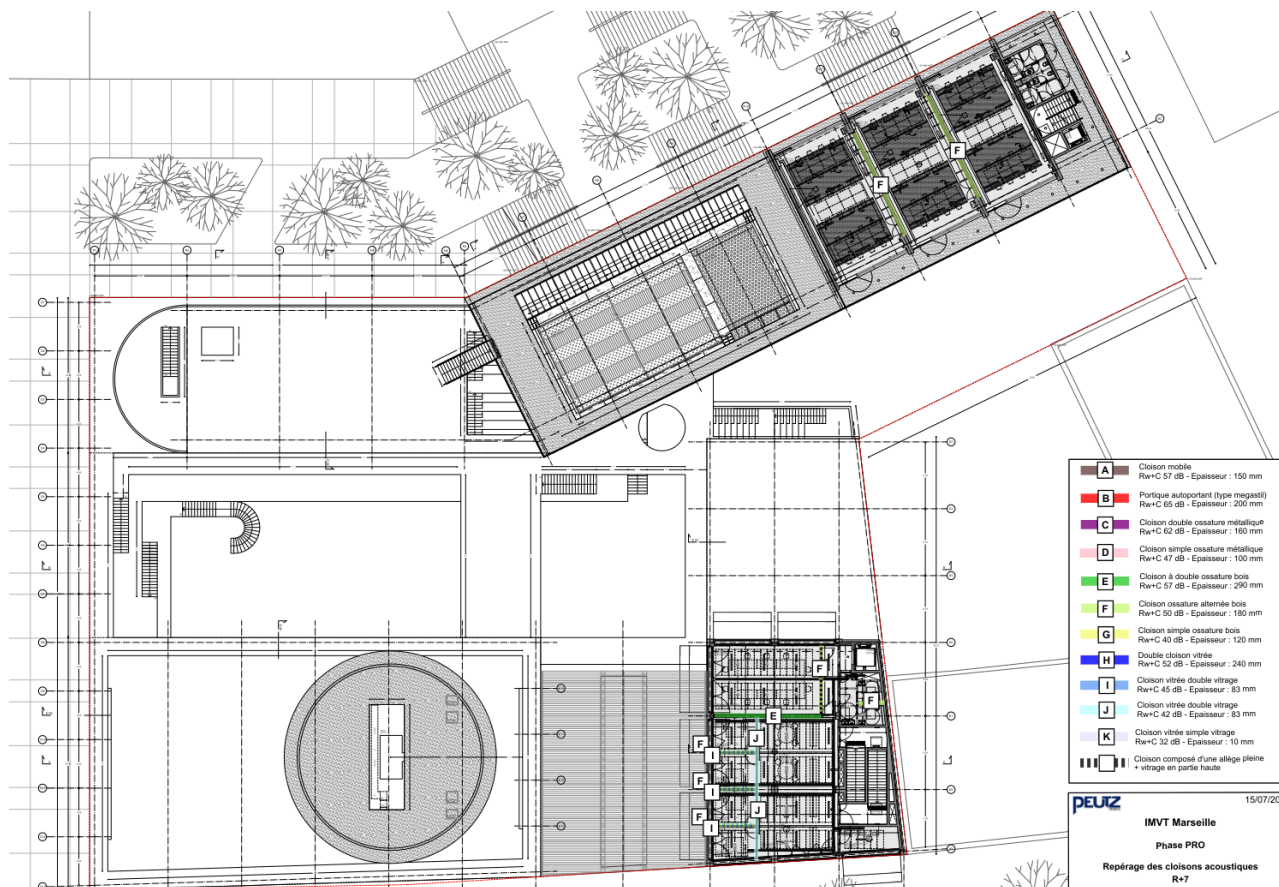


Figure 44 : Repérage des cloisons au R+7

REPERAGE DES PORTES

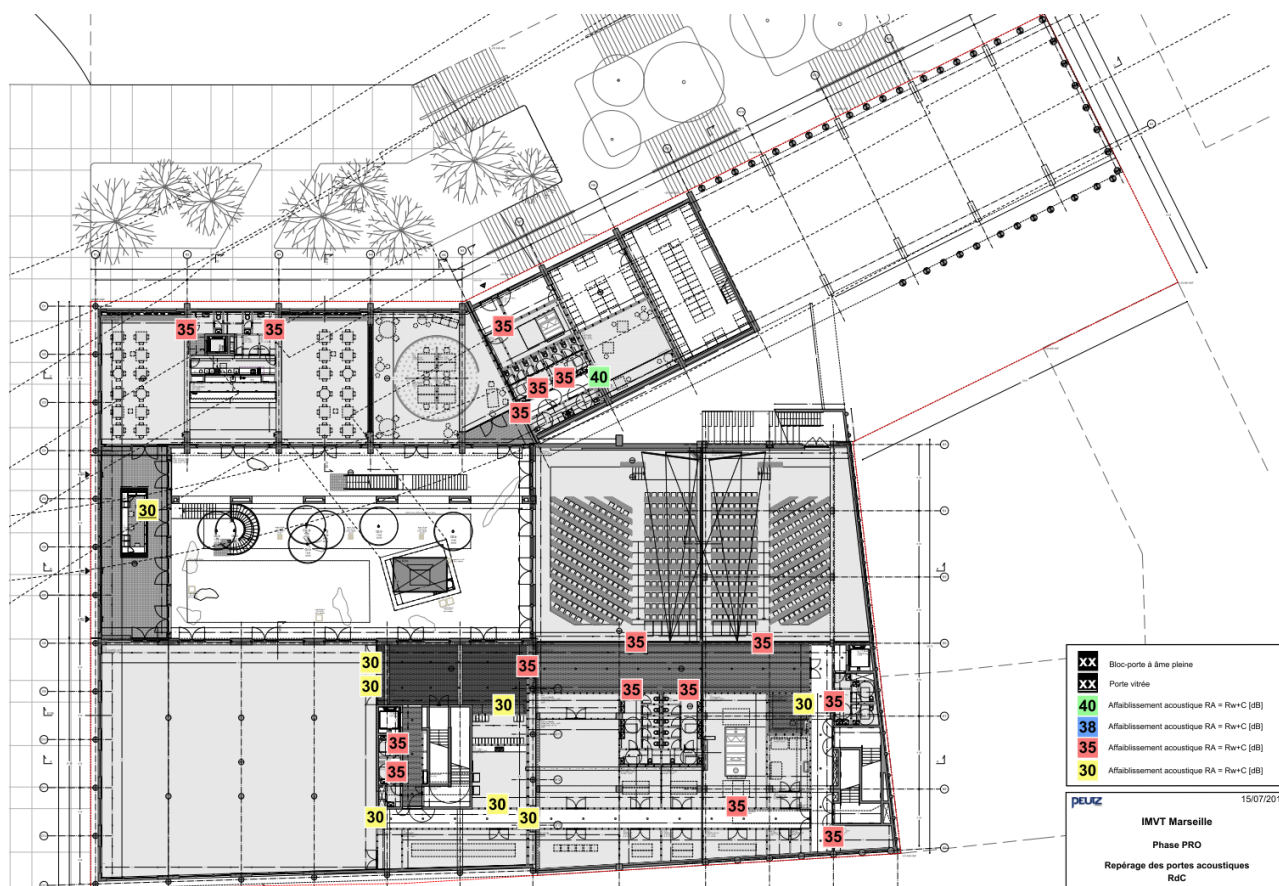


Figure 45 : Repérage des portes au RdC

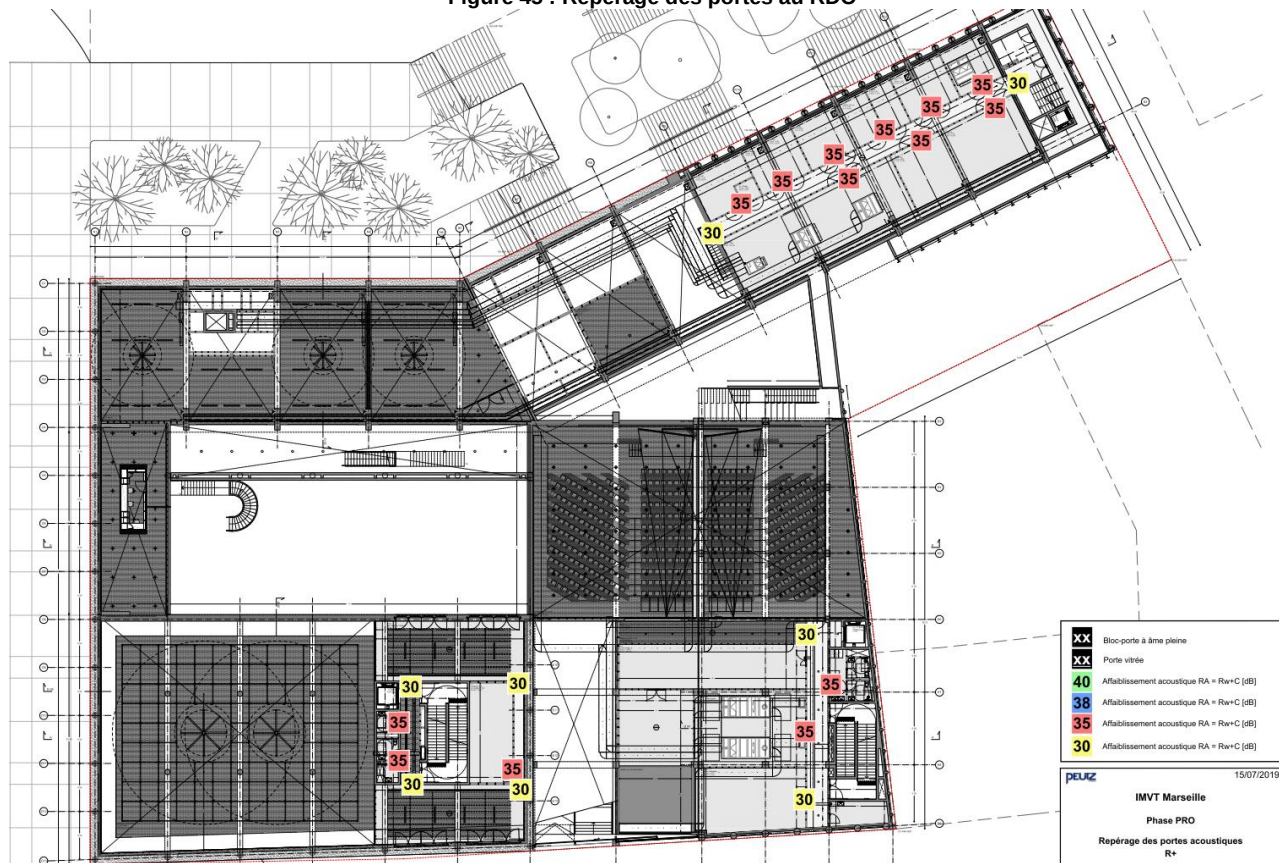


Figure 46 : Repérage des portes au R+1

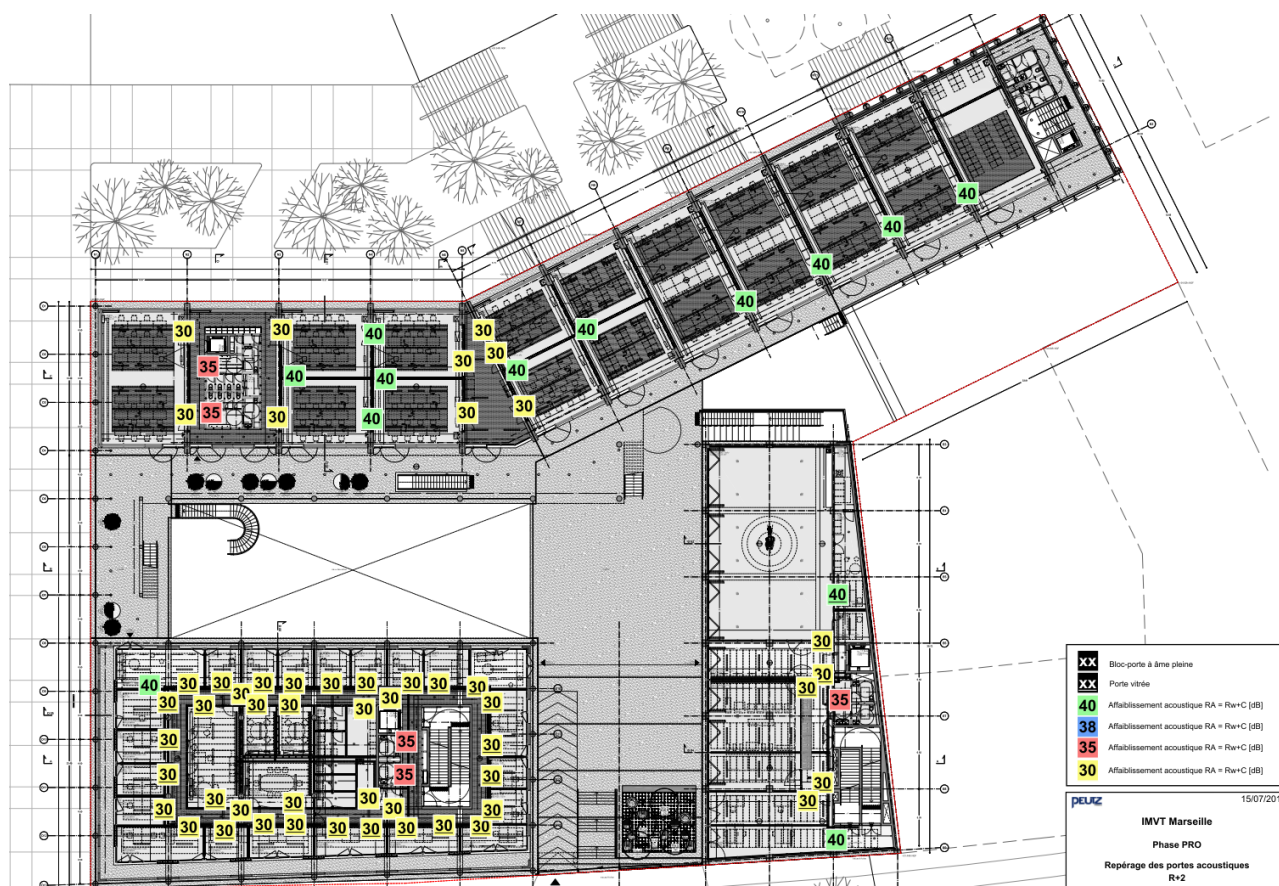


Figure 47 : Repérage des portes au R+2

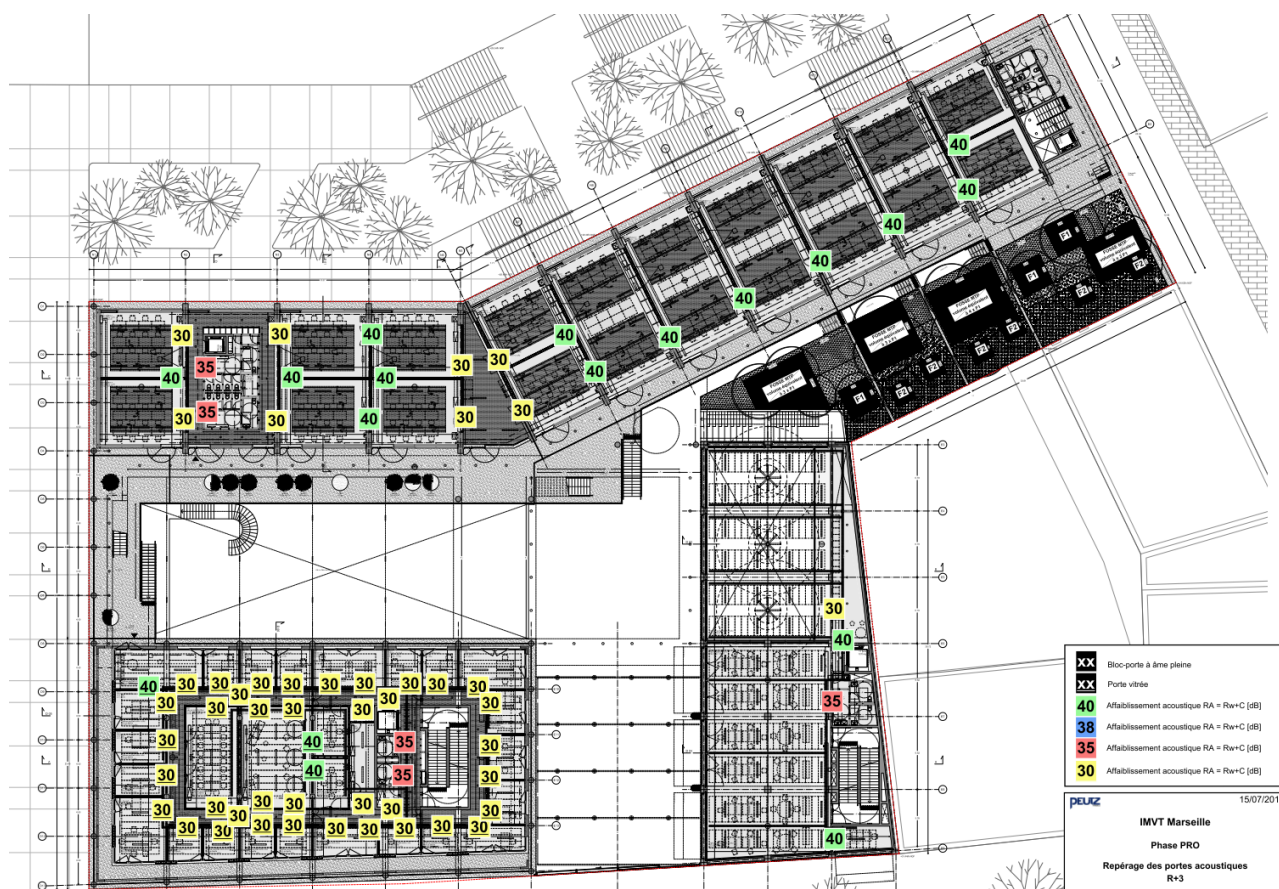


Figure 48 : Repérage des portes au R+3

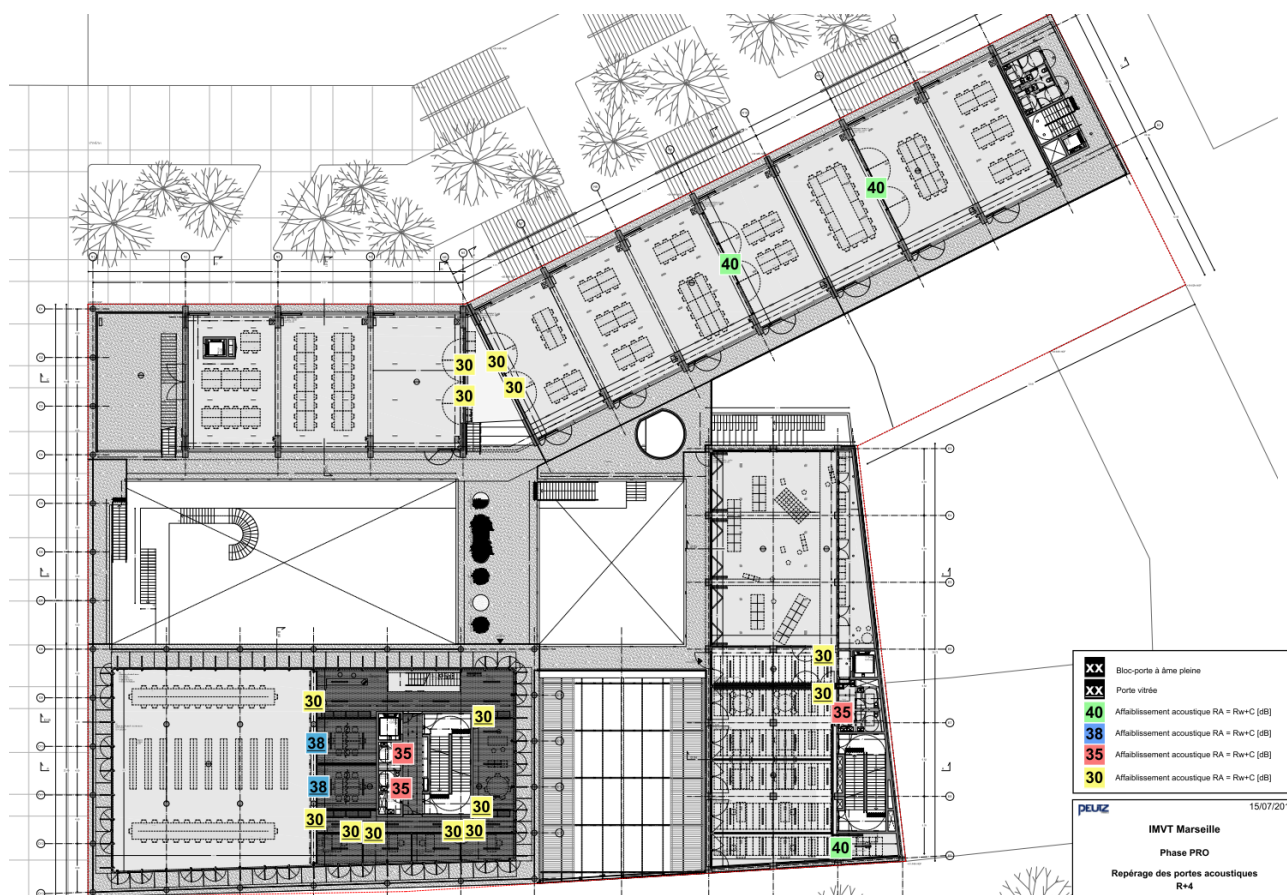


Figure 49 : Repérage des portes au R+4



Figure 50 : Repérage des portes au R+5

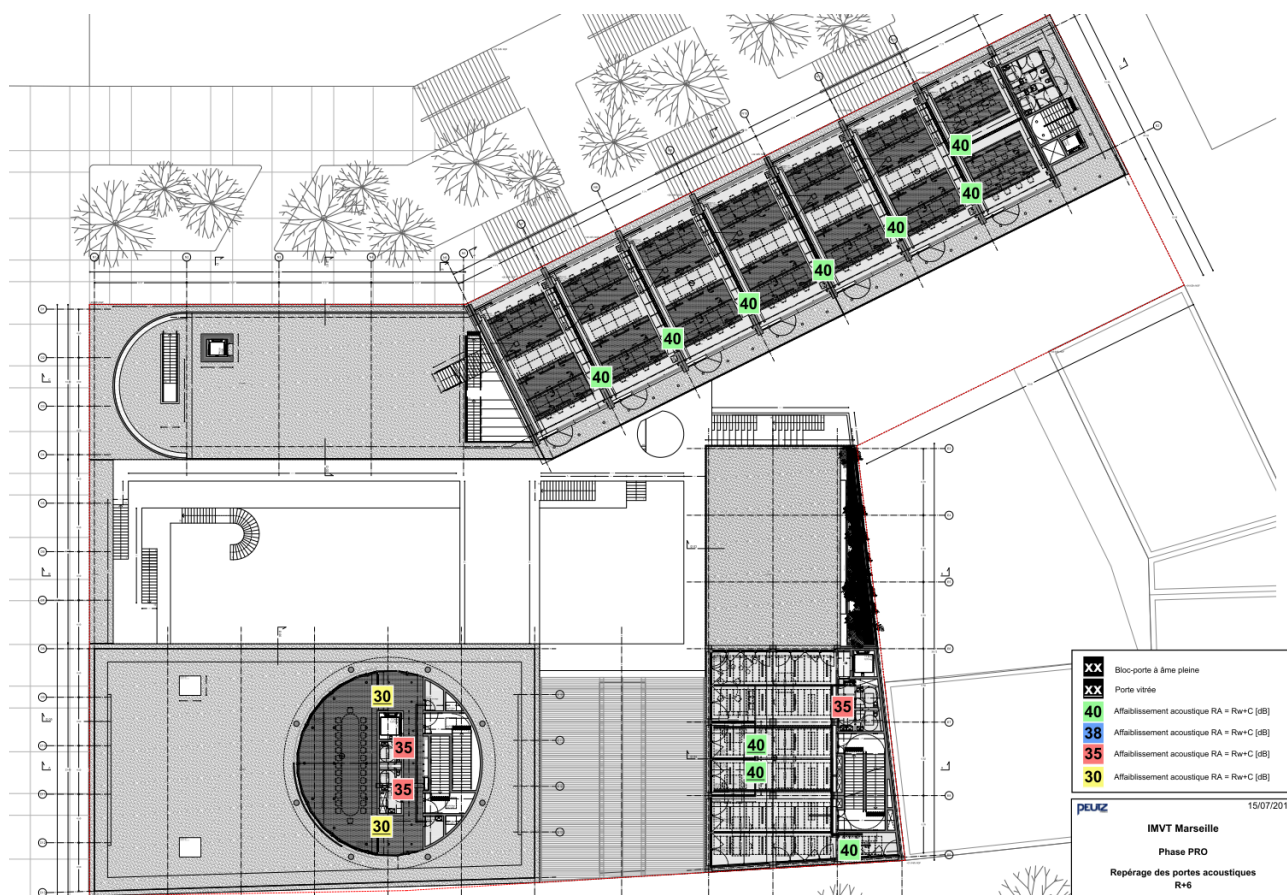


Figure 51 : Repérage des portes au R+6

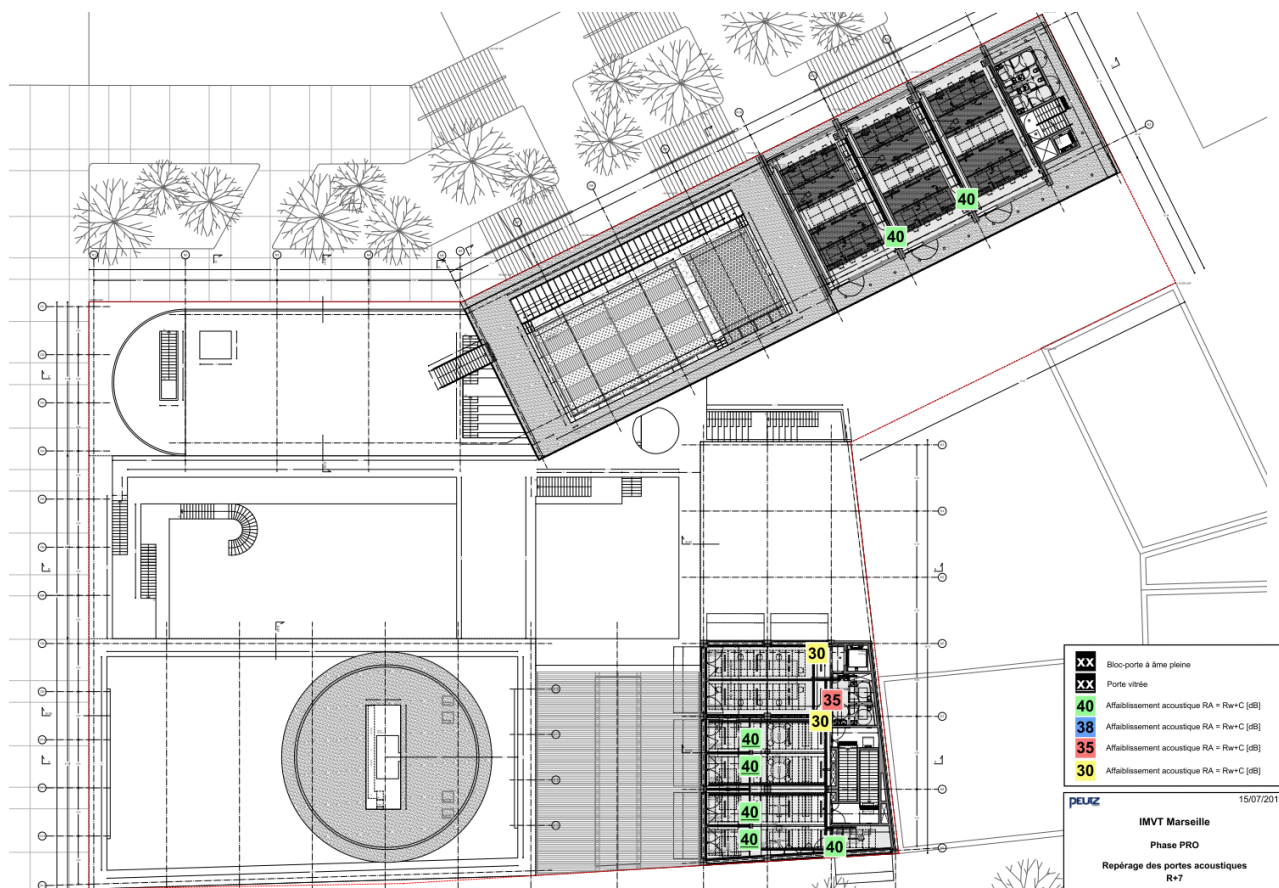


Figure 52 : Repérage des portes au R+7

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 **p₀** ($2 \cdot 10^{-5}$ 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.

NIVEAUX STATISTIQUES

Pour caractériser un bruit fluctuant tel que le bruit communautaire, l'acousticien peut avoir recours à des grandeurs tirées d'une analyse statistique qui permet d'enrichir les informations qu'il peut obtenir de la seule moyenne temporelle L_{eq} .

Ils sont appelés "indices fractiles" et notés L_x .

L_x est le niveau de pression acoustique atteint ou dépassé durant x % de la période d'analyse considérée.

L_1 (niveau sonore atteint ou dépassé durant 1 % de la durée d'analyse) peut correspondre aux bruits de crête ou aux éventuelles impulsions sonores ;

L_{10} (niveau sonore atteint ou dépassé durant 10% de la durée d'analyse) représente assez bien en général la valeur haute significative du niveau de bruit ambiant.

L_{50} (niveau sonore atteint ou dépassé durant 50% de la durée d'analyse) Lorsque cette valeur diffère notablement de la valeur « moyenne » représentée par le descripteur L_{Aeq} , il peut devenir le paramètre significatif à prendre en compte pour caractériser le bruit ambiant.

L_{90} (niveau sonore atteint ou dépassé durant 90% de la durée d'analyse) correspond en général à la valeur basse fréquemment atteinte du niveau de bruit ambiant.

L_{95} (niveau sonore atteint ou dépassé durant 95 % de la durée d'analyse) représente dans certain cas le minimum significatif du bruit ambiant.

L_{99} (niveau sonore atteint ou dépassé durant 99 % de la durée d'analyse) correspond au minimum du bruit ambiant mesuré pendant la durée d'acquisition.

Les valeurs L_{10} et L_{90} constituent souvent les bornes hautes et basses, fréquentes et significatives, de variation du bruit ambiant.

En pratique, l'écart entre L_{10} et L_{90} fournit une indication sur ce qu'il est convenu d'appeler la dynamique du bruit. Si cet écart est faible, il y a peu de fluctuations temporelles. Au contraire, plus cet écart est élevé, et plus on tend vers un signal de nature *impulsionnelle*.

VIBRATIONS

Les vibrations d'une surface (paroi, élément de machinerie par exemple) peuvent être caractérisées par un déplacement (exprimé en mm), ou par une vitesse ou une accélération.

Ces deux derniers descripteurs étant exprimés en valeur absolue respectivement en m/s et m/s², ou en valeur relative en décibel, selon les relations :

$$L_a = 20 \log a/a_0 \quad \text{où } a_0 = 10^{-6} \text{ m/s}^2.$$

$$L_v = 20 \log v/v_0 \quad \text{où } v_0 = 10^{-9} \text{ m/s}.$$

Comme pour le niveau de pression acoustique, les notions de niveau continu équivalent et de spectre sont également applicables aux vibrations. Toutefois, la notion de pondération est ici plus complexe.

Dans le bâtiment, les phénomènes vibratoires peuvent conduire soit à une perception tactile soit à une perception auditive, car les vibrations de l'enveloppe des locaux se transmettent à l'air.

Il arrive fréquemment que la perception auditive prévale sur la perception tactile.

ISOLEMENT AUX BRUITS AERIENS

Isolement brut

Différence des niveaux de pression acoustique produits dans deux locaux par une source de bruit située dans l'un deux ou différence des niveaux de pression acoustique mesurés à l'extérieur et à l'intérieur d'un local.

L'isolement brut est désigné par D et est donnée par la formule :

$$D = L_1 - L_2$$

L_1 est le niveau de pression acoustique mesuré au point spécifié du local d'émission ou à l'extérieur (à 2 m en avant du local de réception).

L_2 est le niveau de pression acoustique mesuré au point spécifié du local de réception.

Isolement standardisé

Afin de pouvoir comparer les valeurs issues de la mesure, il importe de corriger le résultat en fonction de l'acoustique interne du local de réception.

L'isolement normalisé est désigné par D_{nT} et est donnée par la formule :

$$D_{nT} = D + 10 \log (T/T_0)$$

où

D est l'isolement acoustique brut.

T_0 est la durée de réverbération de référence. (Pour les logements, locaux scolaires, hôtels, locaux de soins, $T_0 = 0,5$ s.)

T est la durée de réverbération du local de réception.

Isolement standardisé pondéré

Les valeurs globales d'isolement des locaux entre eux ou vis-à-vis de l'extérieur sont exprimées par un indice unique D_{nTw} appelé un **indice standardisé pondéré**.

Cet indice est calculé comme suit :

La courbe d'isolement standardisé mesuré dans chaque bande de fréquence est comparée à une courbe de référence définie dans la norme ISO 717-1.

Pour déterminer l'isolement acoustique standardisé, il faut translater verticalement cette courbe de référence de façon à ce que la somme des écarts défavorables de la courbe d'isolement brut par rapport à la courbe de référence ne dépasse pas 32 dB en tiers d'octave (ou 10 dB par octave) tout en étant le plus proche possible de cette valeur.

On entend par écart défavorable les écarts obtenus lorsque la courbe d'isolement brut se situe en dessous de la courbe de référence.

La valeur standardisée pondérée D_{nTw} est alors égale à la valeur lue sur la courbe de référence à 500 Hz. Elle est exprimée en dB.

Indices uniques $D_{nT,A}$ et $D_{nT,A,tr}$

Les indices uniques permettent de caractériser, par une seule valeur, l'isolement acoustique au bruit aérien en réponse à un bruit de spectre donné.

Il existe deux sortes d'isolement qui diffèrent en fonction du spectre de bruit utilisé à l'émission.

Pour différencier ces deux isolements, on utilise un terme correcteur appelé **C** pour un spectre de bruit « rose » à l'émission et **C_{Tr}** pour un spectre de bruit de « trafic routier ».

Dans le cas d'isolement entre locaux ou d'isolement vis-à-vis du bruit extérieur lorsqu'il s'agit de bruit d'avions, on utilise l'isolement vis-à-vis d'un spectre de bruit « rose » à l'émission calculé à partir du coefficient correcteur C , avec :

$$D_{nT,A} = D_{nT,w} + C$$

Dans le cas de l'isolement vis-à-vis du bruit d'infrastructures de transport terrestre (route ou voie ferrée), l'isolement vis-à-vis de l'extérieur est calculé à partir du coefficient correcteur C_{Tr} avec :

$$D_{nT,A, tr} = D_{nT,w} + C_{tr}$$

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_{nTw} , 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_{nTw} 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 isollements, 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 $R_w + C_{tr}$.

TRANSMISSION DU BRUIT DE CHOC

Niveau de pression acoustique *brut* du bruit de choc

Il s'agit du niveau de pression acoustique mesuré dans le local de réception lorsque le plancher du local d'émission est excité par la machine à chocs normalisée.

Cette grandeur est désignée par L_i en laboratoire et L'_i in situ.

Ce niveau est mesuré par bandes d'octave ou de tiers d'octave, et est exprimé de façon globale par sa valeur pondérée, en dB(A).

Niveau de pression acoustique standardisé du bruit de choc

Niveau de pression acoustique ramené aux conditions normalisées, à savoir à une valeur de référence de la durée de réverbération du local de réception.

Cette grandeur est désignée par L_{nT} ou L'_{nT} et est exprimée par la formule :

$$L_{nT} = L_i - 10 \log (T/T_0)$$

où

L_i est le niveau de pression acoustique brut du bruit de choc.

T_0 est la durée de réverbération de référence.

T est la durée de réverbération du local de réception.

Niveau de réception standardisé pondéré du bruit de choc $L'_{nT,w}$ (in situ)

Il permet de caractériser par une seule valeur la transmission du bruit de choc par un plancher.

Le niveau de bruit de choc entre reçu dans un local se caractérise par une grandeur notée $L'_{nT,w}$, qui résulte de la comparaison du niveau sonore relevé par bandes d'octave ou de tiers d'octave avec les valeurs d'une courbe de référence (ISO 717-2).

De même que pour la détermination de l'isolement aux bruits aériens entre locaux, la comparaison s'effectue en comptabilisant la somme des écarts défavorables puis en lisant la valeur de la courbe de référence à 500 Hz, diminuée de 5 dB lorsqu'on travaille par bandes d'octave.

Plus la valeur de $L'_{nT,w}$ est faible, meilleure est la performance au bruit de chocs.

Les performances d'atténuation au bruit de choc d'un plancher dépendent essentiellement de sa masse, de sa raideur, du comportement acoustique des parois sur lesquelles est raccordé le plancher, du revêtement de sol

La performance du plancher seul est notée $L_{n,w}$ et doit faire l'objet de mesures en laboratoire.

La méthodologie est identique à celle décrite pour la détermination de l'isolement aux bruits d'impacts entre deux locaux mais l'essai en laboratoire vise à quantifier la transmission par le plancher uniquement (pas de transmissions par les voiles).

Amélioration du comportement aux bruits de chocs

De plus, un plancher peut être muni d'un revêtement de sol, d'une chape flottante ou d'une sous-couche acoustique, susceptibles d'améliorer ses performances globales au bruit d'impact.

Cette amélioration est décrite par l'indice d'amélioration au bruit d'impact, noté ΔL_w .

On ne peut accéder à cette valeur que par des mesures en laboratoire en comparant les niveaux sonores obtenus avec le plancher nu de performance connue, puis le même avec le revêtement faisant l'objet du test. Dans les laboratoires français, la dalle support est en général une dalle béton de 14 cm.

NIVEAU DU BRUIT D'UN EQUIPEMENT

Niveau du bruit brut d'un équipement, exprimé en dB(A)

Niveau de pression acoustique dans le local de réception lorsque l'équipement est en fonctionnement. Cette grandeur est mesurée directement en dB(A) et sera désignée par L_{Ap} .

Niveau du bruit d'un équipement

Niveau de pression acoustique mesuré dans un local, corrigé de la durée de réverbération du local de réception. Cette grandeur est désignée par L_{nAT} et est donnée par la formule

$$L_{nAT} = L_{Ap} - 10 \log T/T_0$$

Où :

L_{Ap} est le niveau de bruit brut de l'équipement examiné.

T est la durée de réverbération du local de réception.

T_0 est la durée de réverbération de référence. (Par défaut, $T_0 = 0,5s$.)

ACOUSTIQUE INTERNE DES LOCAUX

Durée de réverbération

Pour caractériser par une seule valeur l'acoustique d'un local, c'est-à-dire la capacité d'un local à entretenir ou au contraire à absorber les sons, on utilise la notion de durée de réverbération, notée **Tr**.

La durée de réverbération caractérise le temps nécessaire à la décroissance de 60 dB du niveau sonore dans le local après arrêt de la source sonore *impulsionnelle* ou constante qui générerait ce niveau sonore. Elle est exprimée en secondes.

La durée de réverbération dépend des données de construction du local, en particulier de sa forme, de son volume et de la nature des matériaux sur les murs, plafond, sol et du mobilier.

Coefficient d'absorption et surface d'absorption équivalente d'un matériau

Dans un montage donné, la propriété des matériaux à réfléchir ou absorber les sons est caractérisée par l'indice unique qui quantifie le coefficient d'absorption des matériaux est noté α_w ; la capacité du matériau considéré.

La valeur par bande de tiers d'octave ou par bande d'octave est notée α_s .

Ce coefficient prend des valeurs allant de 0 (réfléchissant absolu) à 1 (absorption totale du son).

La valeur de ce coefficient est déterminée en mesurant la différence de durée de réverbération dans un local réverbérant avec et sans l'échantillon à tester.

Cette mesure permet de quantifier la surface d'absorption équivalente exprimée en m^2 qui correspond à la quantité de surface avec un coefficient d'absorption α_s égal à 1 qui conduirait à la même différence de durée de réverbération. Cette surface d'absorption équivalente varie en fonction de la fréquence (car les matériaux ont des performances qui varient en fonction de la fréquence).

Le coefficient α_s est le rapport entre la surface d'absorption équivalente déduite de la mesure et de la surface réelle de l'échantillon.

Le coefficient global α_w est alors issu de la comparaison des valeurs α_s par rapport à la courbe de référence donnée dans la norme ISO 11654.

Lorsque la somme des écarts défavorables est inférieure ou égale à 0.1, la valeur lue sur la courbe de référence à 500 Hz est la valeur du coefficient α_w .

Selon la tendance du matériau à absorber plutôt en basse, en moyenne ou en hautes fréquences, une lettre, respectivement L, M ou H (Low, Medium, Hight), est affectée au coefficient α_w .

Pour les absorbants discrets (meubles type siège, baffles suspendues...), on se sert de la surface d'absorption équivalente AAE pour caractériser leur performance d'absorption.

Décroissance spatiale

Le critère de durée de réverbération permet certes d'appréhender le caractère « sonore » d'un local, mais il ne permet pas nécessairement de rendre compte de la propagation du bruit à l'intérieur de ce local. A ces fins, on utilise le critère de décroissance spatiale, noté **DL** (et exprimé en dB(A) par doublement de distance).

Traitement acoustique interne

Le traitement acoustique interne d'un local répond à deux besoins distincts, à savoir :

- la limitation de la réverbération dans ce local, compte tenu des activités qui sont susceptibles de s'y dérouler,
- la réduction des phénomènes d'écho ou de focalisation qui peuvent nuire à l'intelligibilité des signaux sonores à l'intérieur de la salle.
-

Il convient d'être conscient que, si certains traitements ponctuels peuvent parfois être nécessaires, l'efficacité d'un traitement acoustique est optimale lorsque ce traitement est réparti sur l'ensemble de la surface traitée.

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 impulsionnel

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.