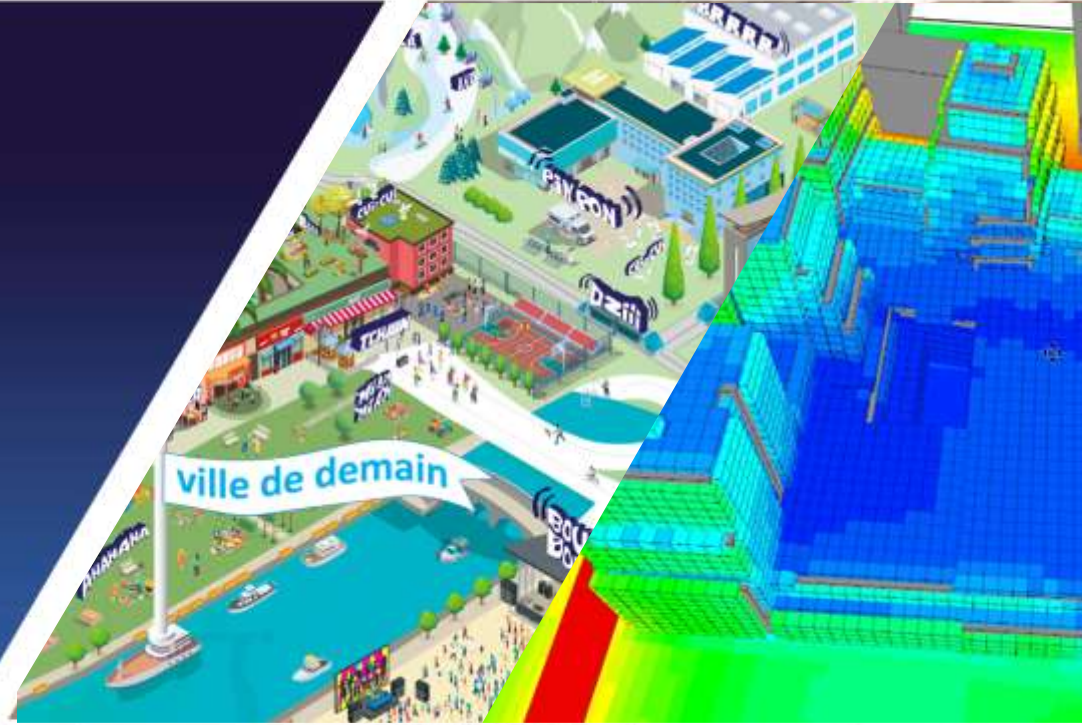




L'ingénierie
acoustique et vibratoire
depuis 1978

Ambiances sonores de la ville de demain – enjeux bas carbone



[illegible]

Anticiper les ambiances sonores de la ville de demain

Anticiper la ville de demain par la représentation sonore des mobilités, des usages, du climat, des natures urbaines, de la densité, du confort et de la santé :

- ✓ Analyser les tendances actuelles de R&D pour la ville de demain
- ✓ Identifier les enjeux urbains, architecturaux et acoustiques pour le logement
- ✓ Proposition de critères de confort et indicateurs d'ambiance
- ✓ Etablir des scénarii pour demain

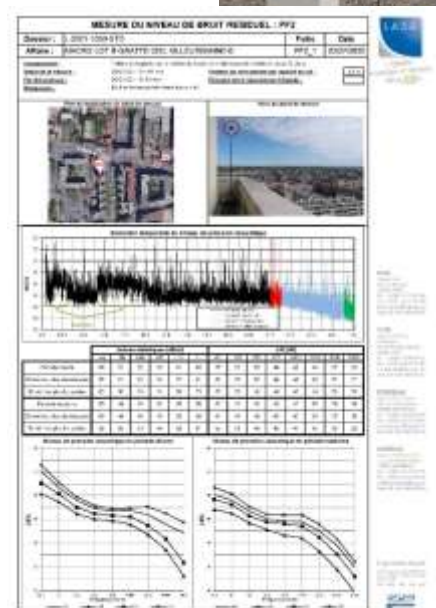
Diagnostic complet des enjeux sonores du site



Analyse des tendances de la ville du futur



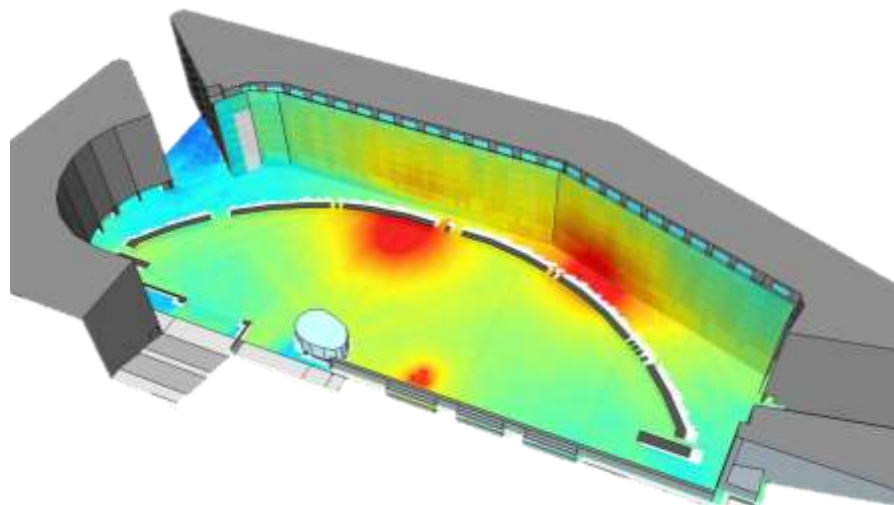
Recherche, captations et mesures de sources du futur et proposition de critères de confort et d'indicateurs d'ambiance



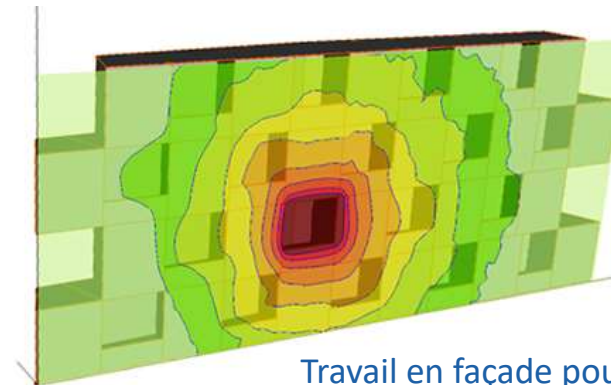
Etude du bruit de fond du site existant

Composer le futur !

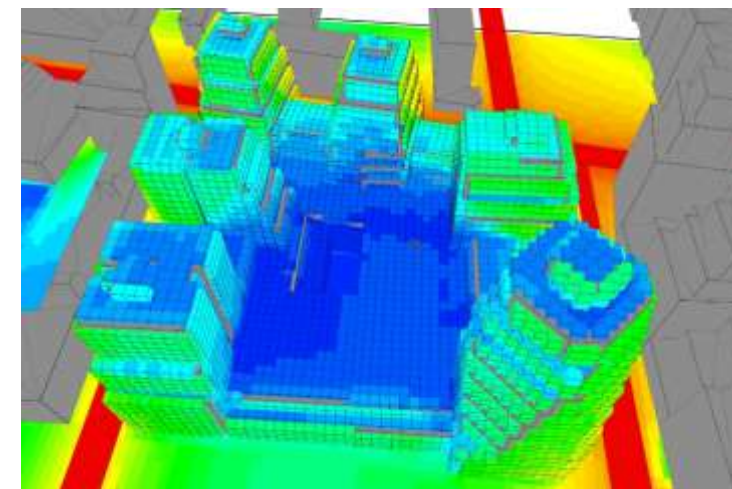
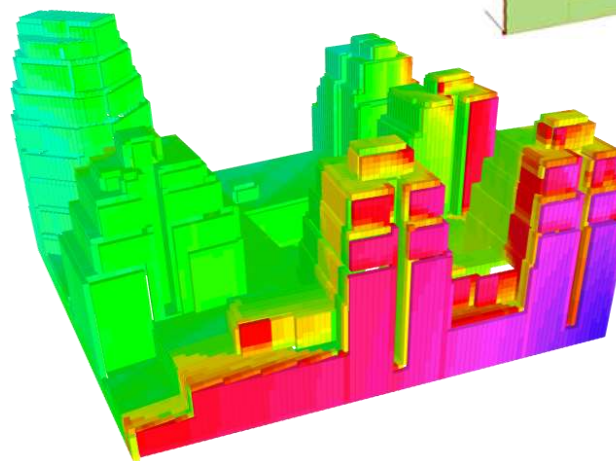
Anticiper les ambiances sonores de la ville de demain



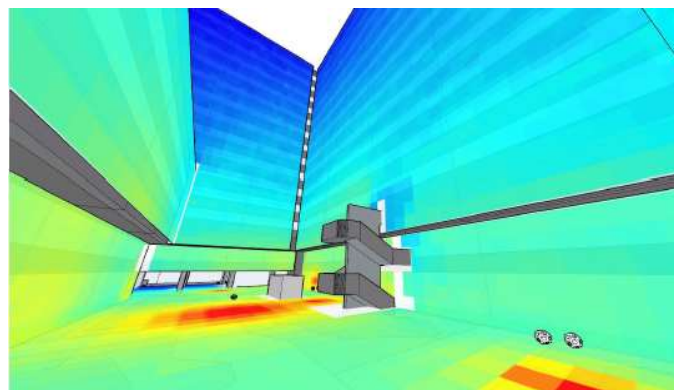
Modélisations pour anticiper les comportements sonores dans les espaces intérieurs et extérieurs



Travail en façade pour évaluer les niveaux sonores transmis entre loggias



Modélisation en 3D des niveaux sonores et de l'interaction entre les programmes



Représenter le futur !



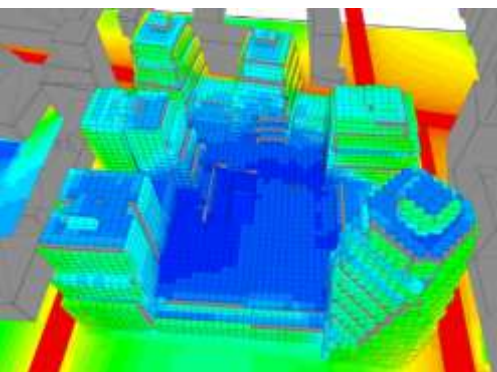
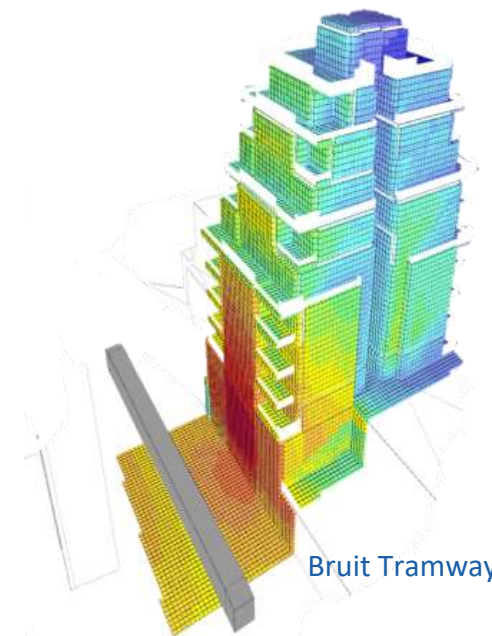
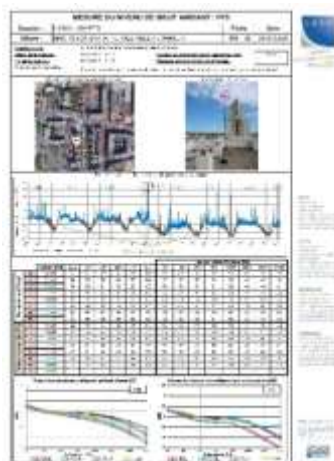
L'ingénierie
acoustique et vibratoire
depuis 1978

Anticiper les ambiances sonores de la ville de demain, exemples

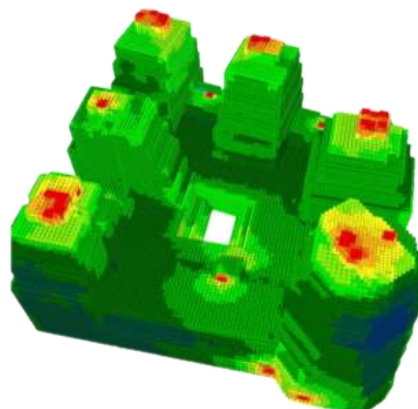


LASA & R&D : éligibilité à la ventilation naturelle

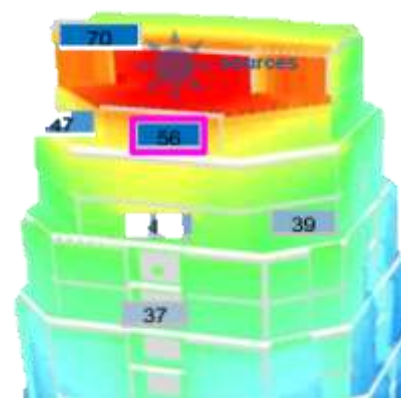
- Mesures ou « anticipation » des futures sources
- Modélisations du projet futur avec ces sources, y compris « évènementielles »



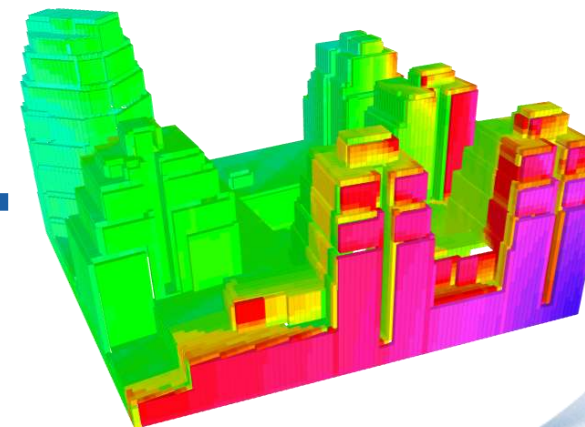
Bruit de fond routier urbain



Sources de bruit CVC

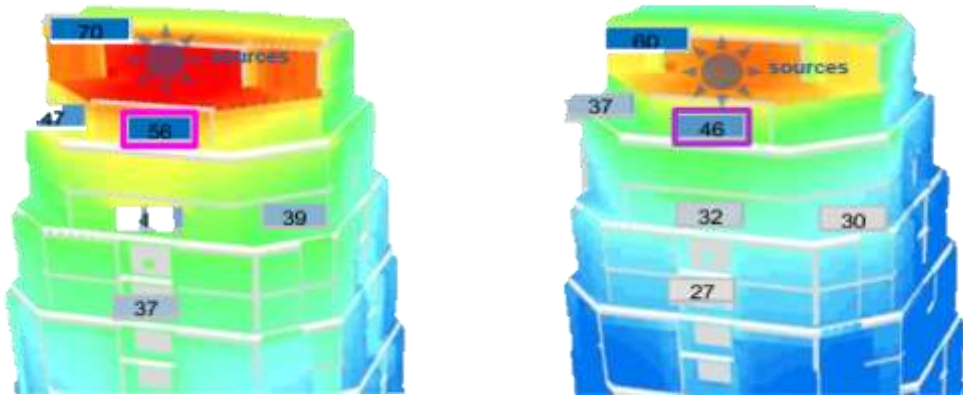


Terrasse partagée : 6 personnes,
conversation animée / calme

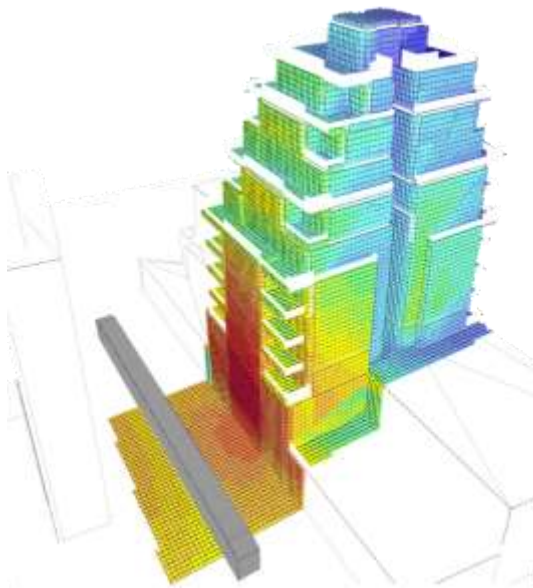


Passage véhicule bruyant

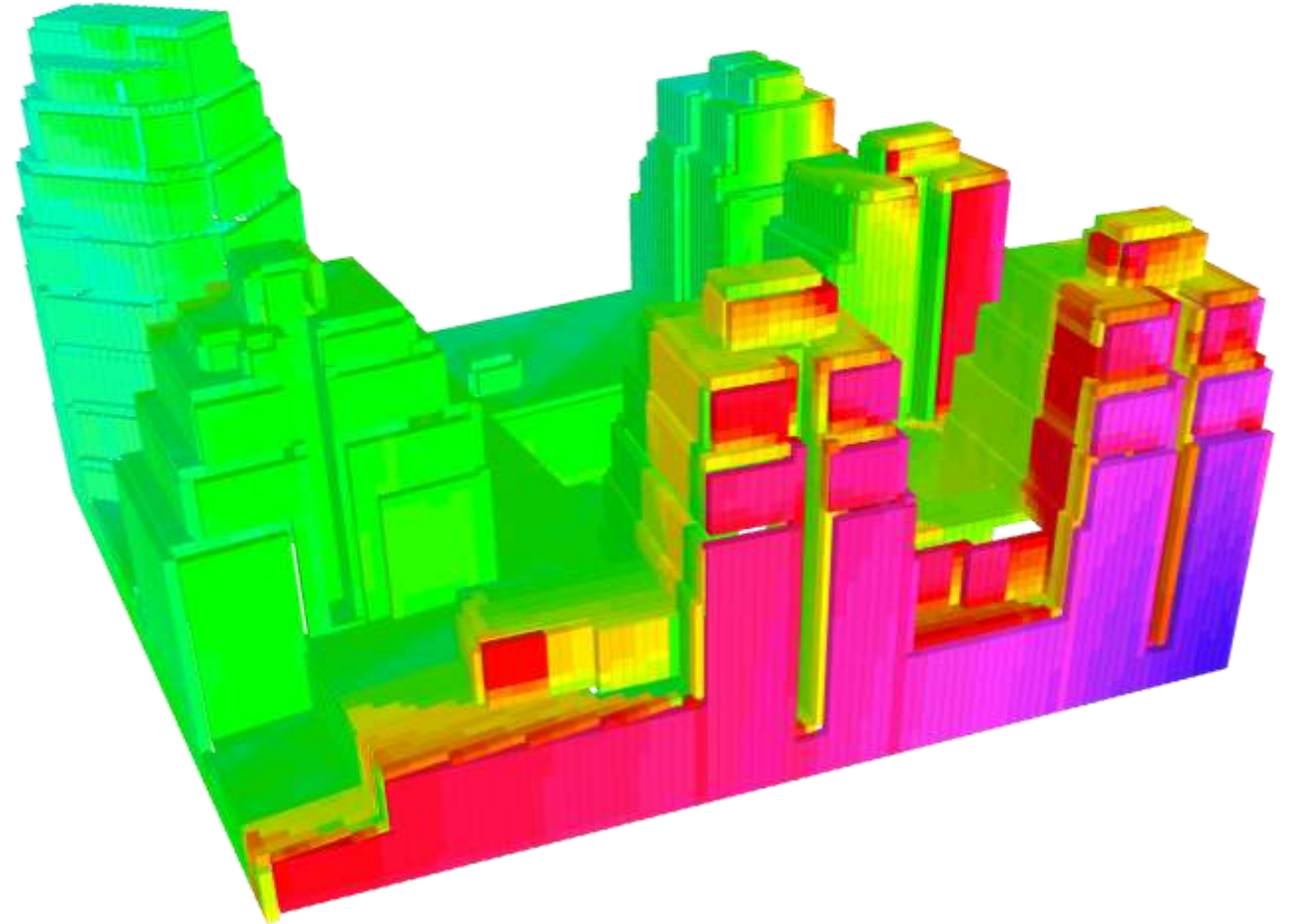
LASA & R&D : anticipation des futures ambiances sonores de la ville ou d'un ilot



Terrasse partagée : 6 personnes, conversation animée / calme

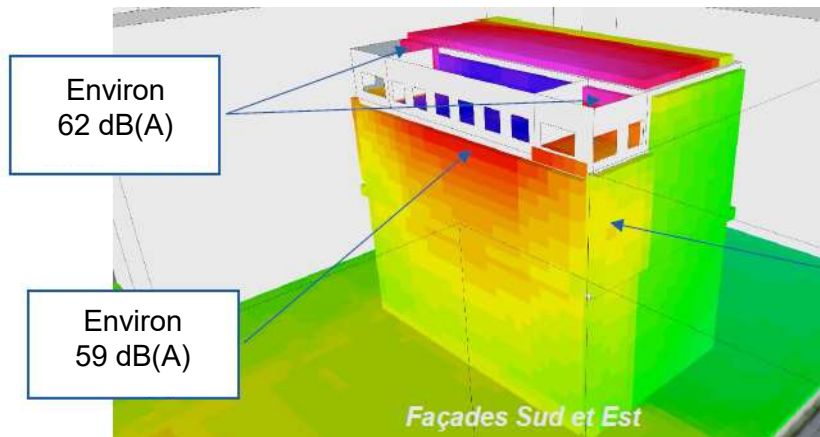
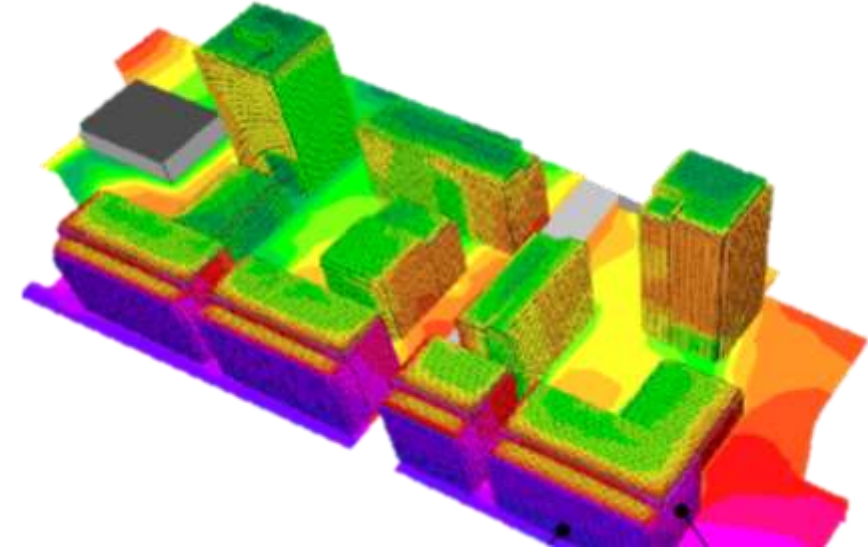


Modélisation source ponctuelle passage tramway - LASA

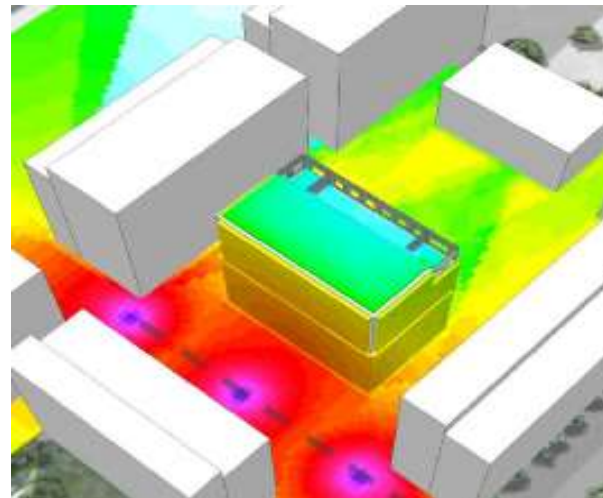


Modélisation du passage d'une source mobile (véhicule bruyant) et réception sur les différentes façades du projet - LASA

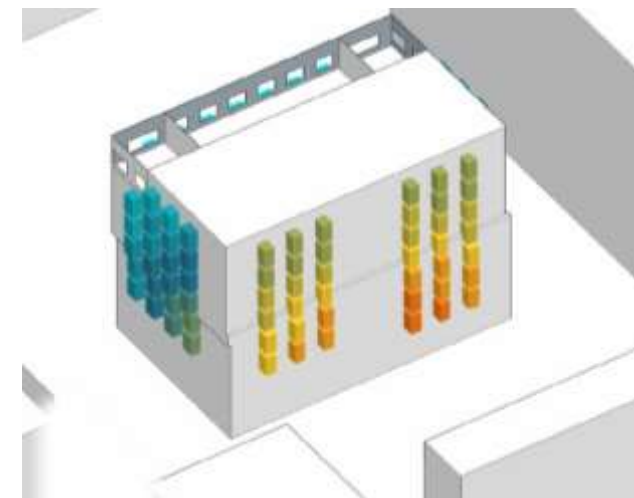
Des outils et de la R&D pour anticiper et aider la conception d'un projet



Simulation de l'usage de la terrasse partagée pour un apéritif ou repas animé - LASA

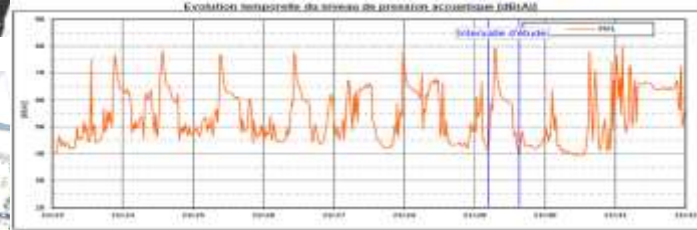
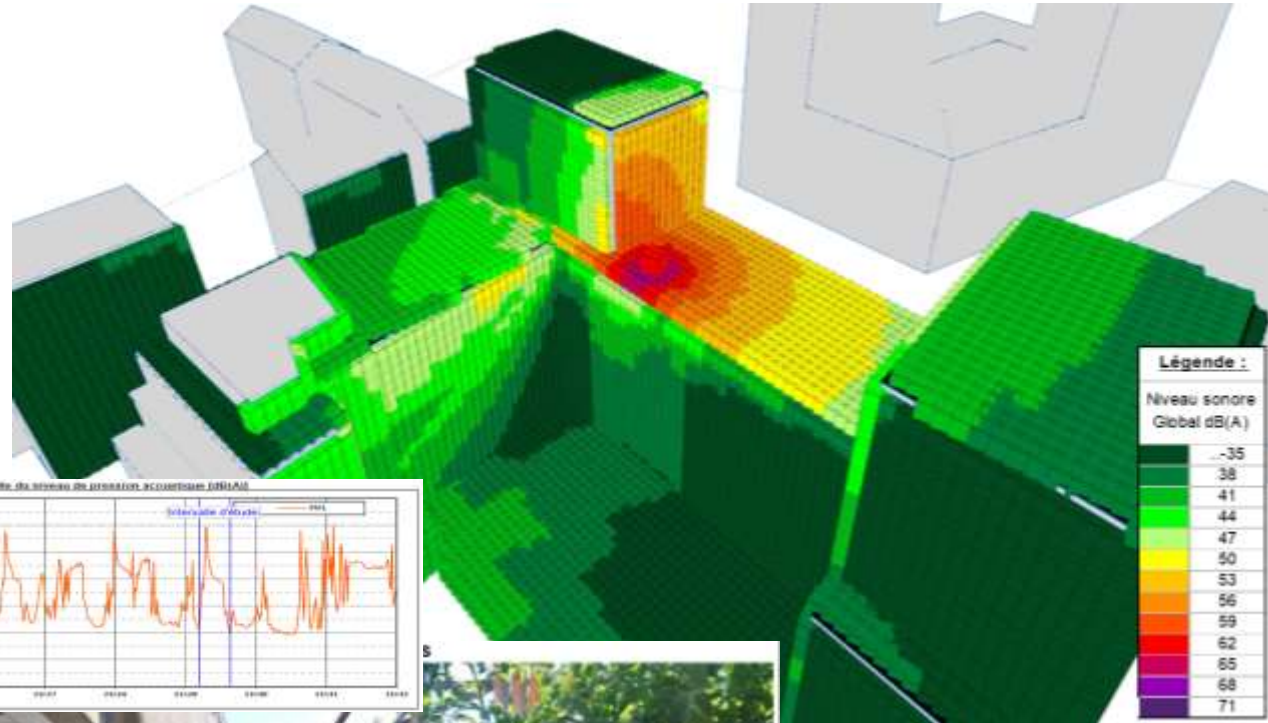
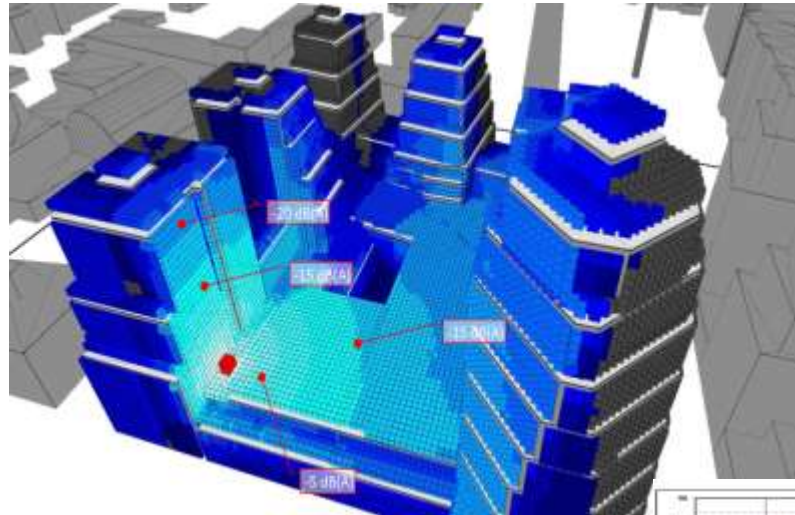


Simulation camion déchets



Evaluation $R_{A,tr}$ ventilation naturelle

Des outils et de la R&D pour anticiper et aider la conception d'un projet



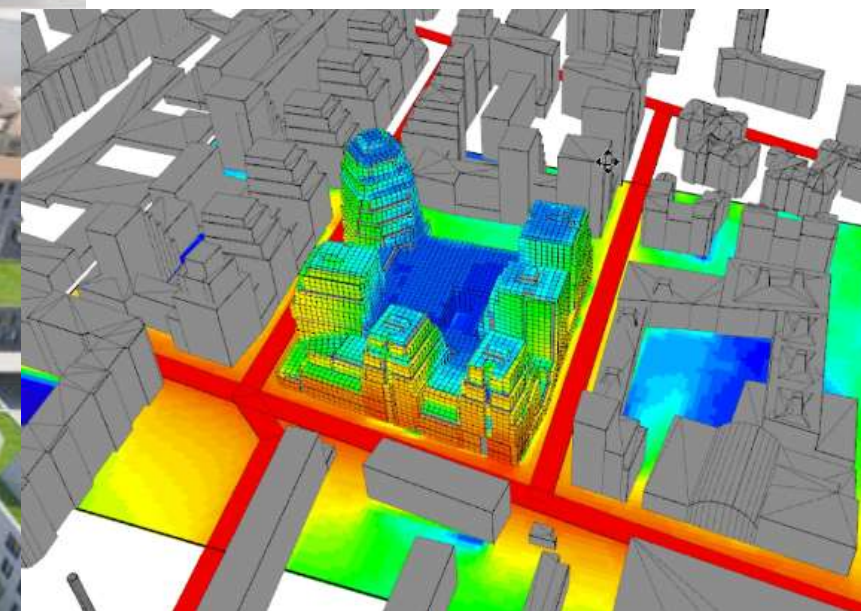
R&D anticipations ambiances sonores
agriculture urbaine - LASA

Cas concret : quartier « Gratte-ciel centre-ville » Villeurbanne.



Projet « nouveaux gratte-ciels » - Villeurbanne – SERL - ANMA architectes

Logements, socles actifs (cinémas, commerces, cafés, pôle jeunesse, logistique urbaine,...), toitures partagées, tramway, prairie urbaine,...



Simulation contribution sonore voies proches - LASA

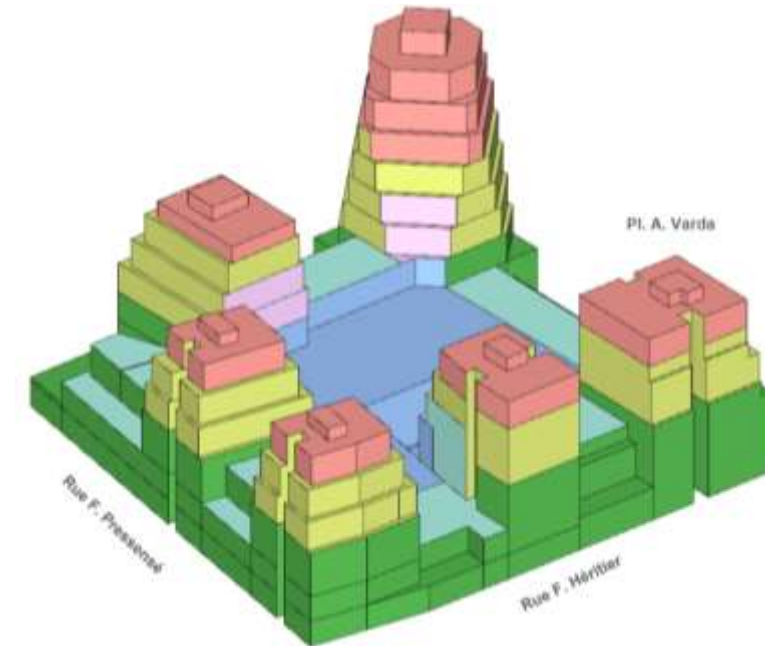
Les outils déployés sur le projet du macro-lot B de la ZAC Gratte-ciel Centre-ville



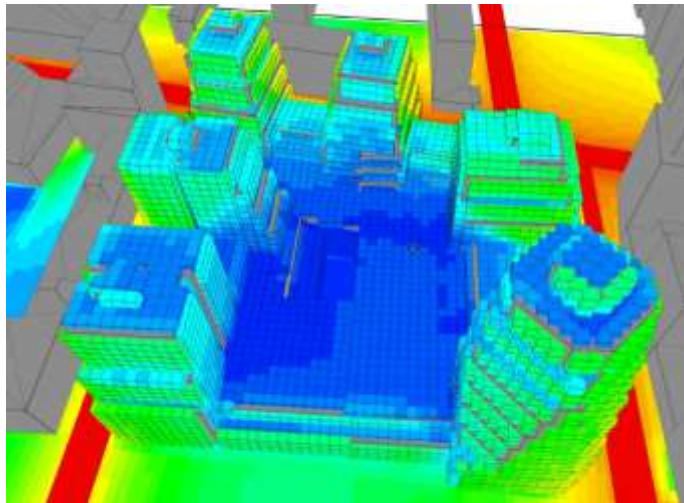
Captations *in situ* et
mesures acoustiques du
contexte existant - LASA



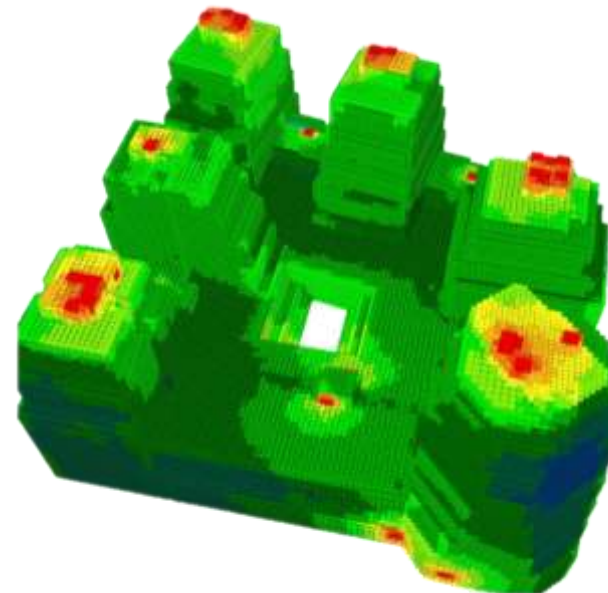
Modélisation bruit du tram
en façade des loggias



Analyse et modélisation des niveaux
de bruit résiduel (bruit de fond)- LASA



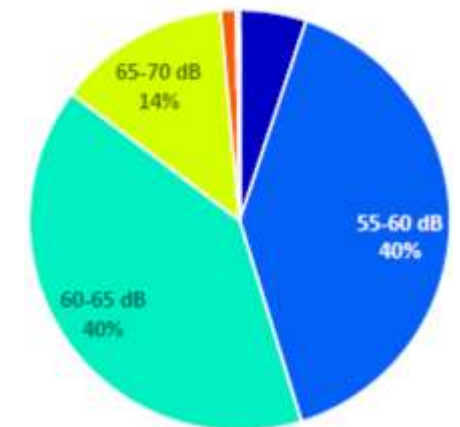
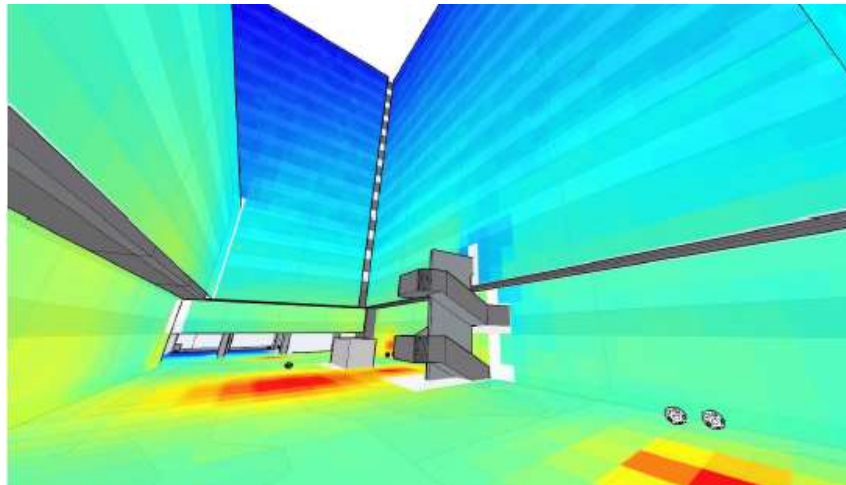
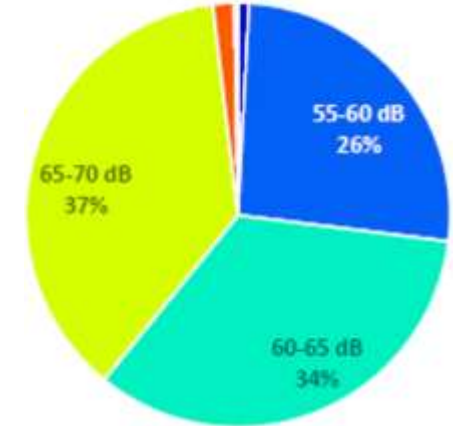
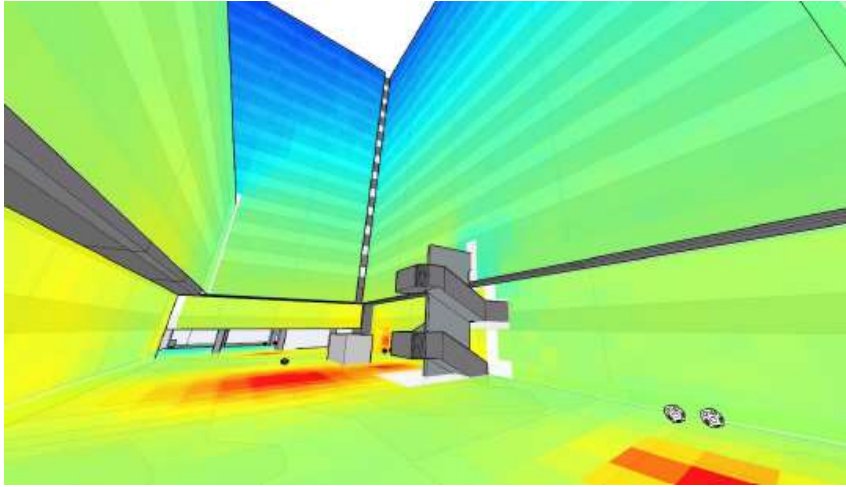
Modélisation des niveaux sonores moyens selon
différentes hypothèses de trafic urbain - LASA



Modélisation des systèmes
HVAC de tout l'îlot - LASA

LASA & R&D : des outils de modélisation sonore pour anticiper et comparer des scénarios

- Modélisations réverbération / absorption lieux extérieurs

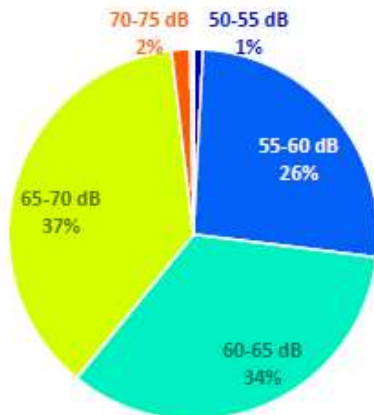
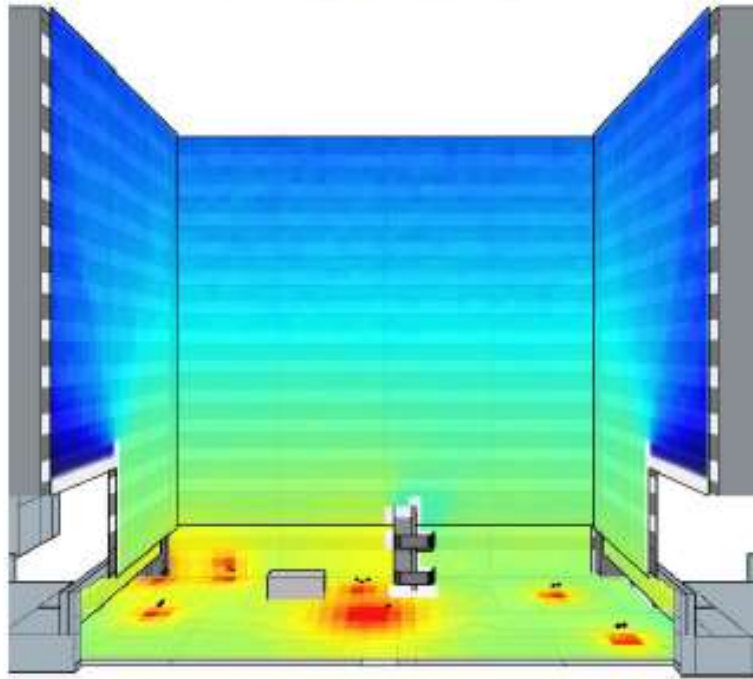


LASA & R&D : des outils de modélisation sonore pour anticiper et comparer des scénarios

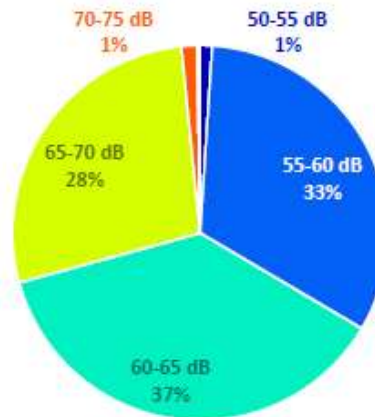
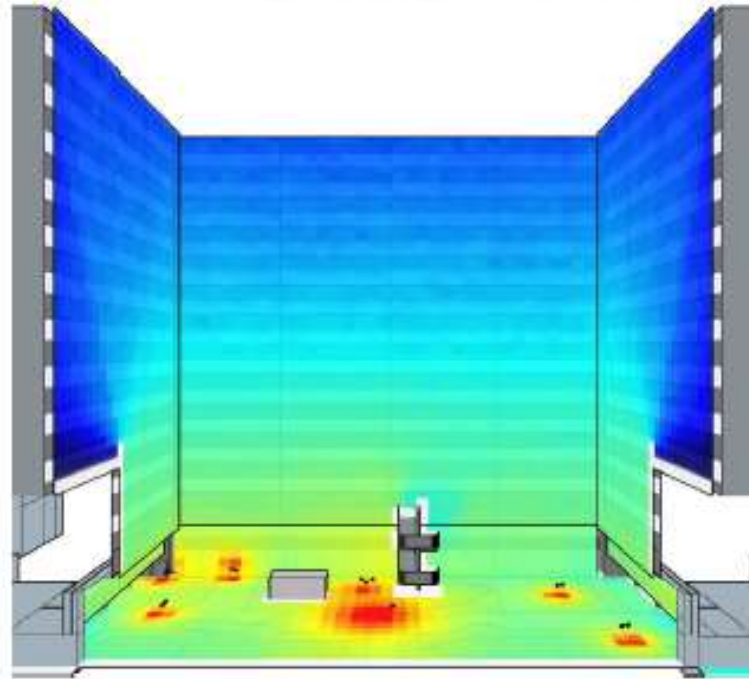
L'ingénierie
acoustique et vibratoire
depuis 1978



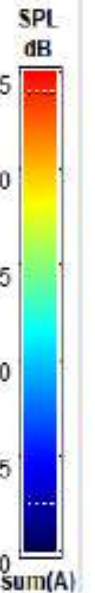
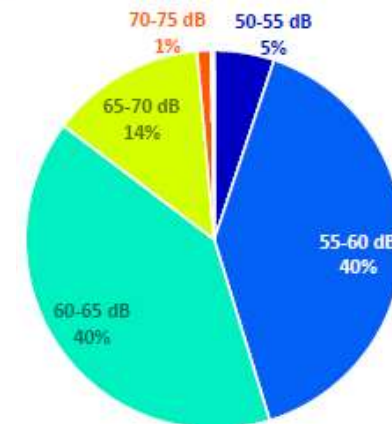
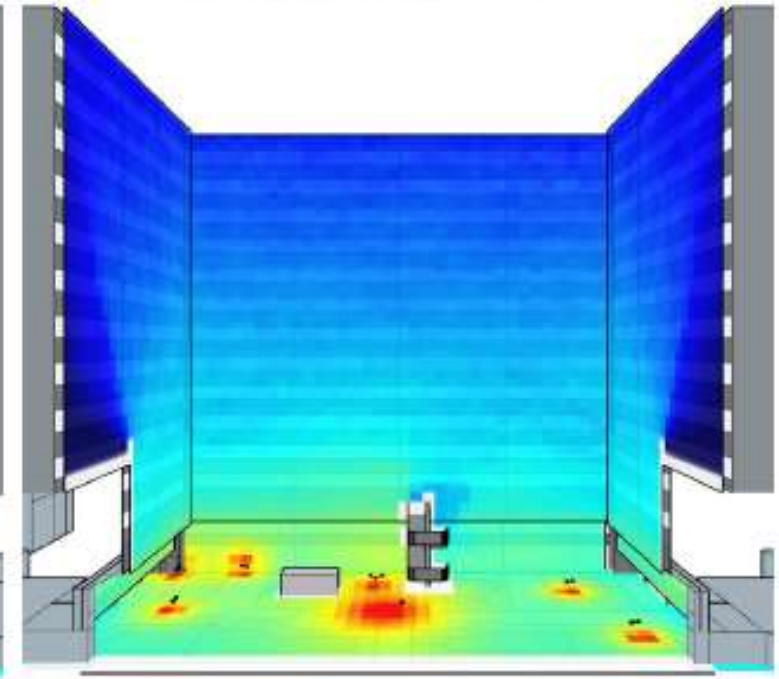
S0 - Etat initial recalé



S2 - Surfaces traitées 714 m²



S5 - Surfaces traitées 3093 m²

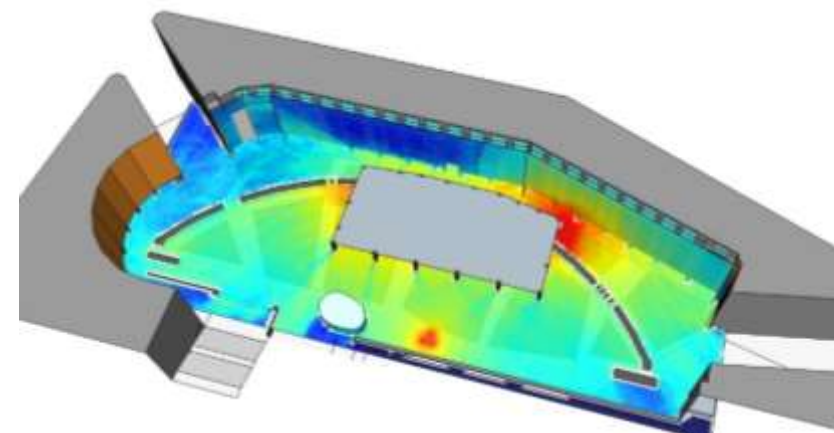
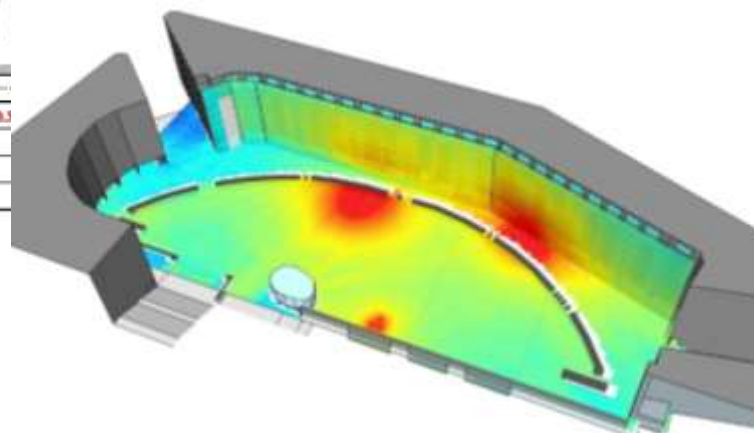
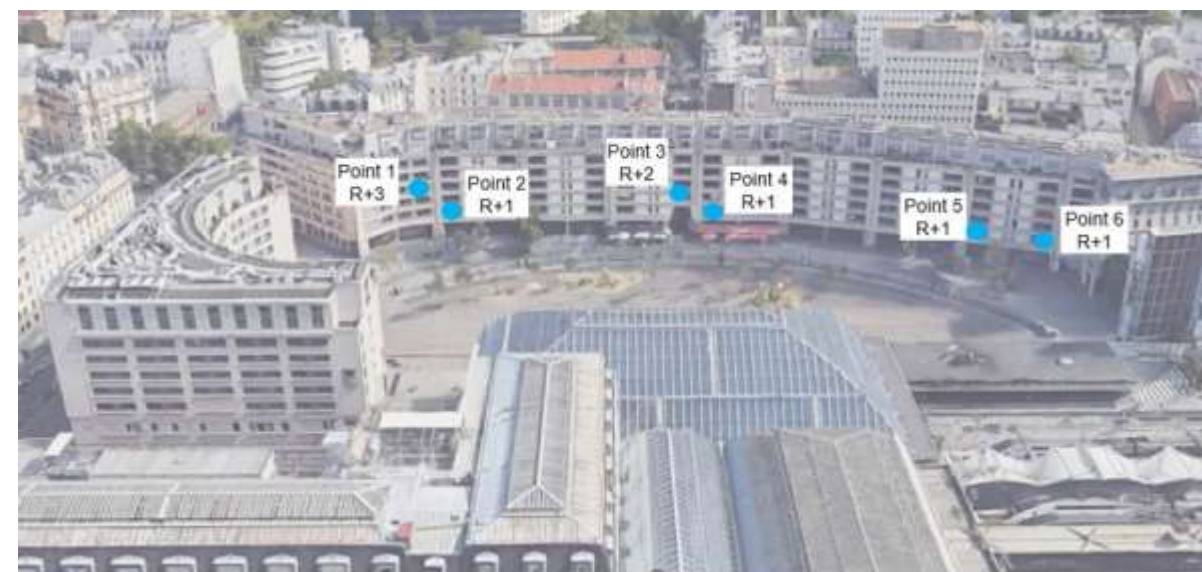
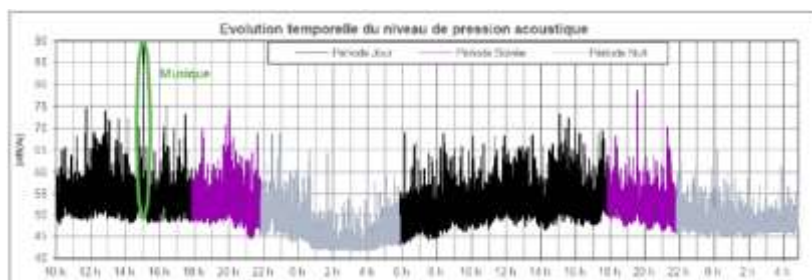


➤ Travail sur la réverbération / sonorité d'une place

Point mobile n°2 – Evènement 01, vendredi 01 décembre 2023 à 17h18.

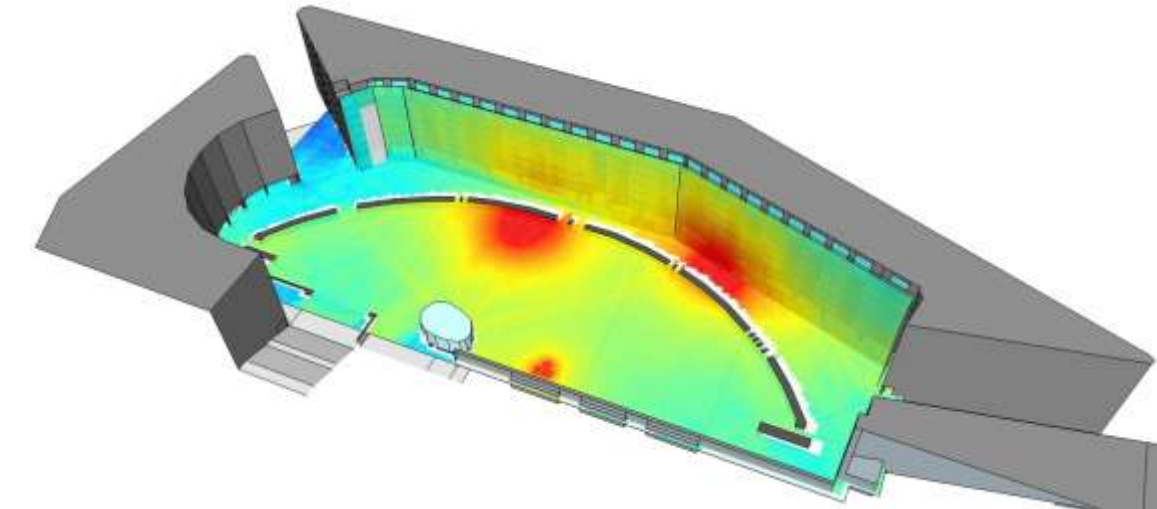
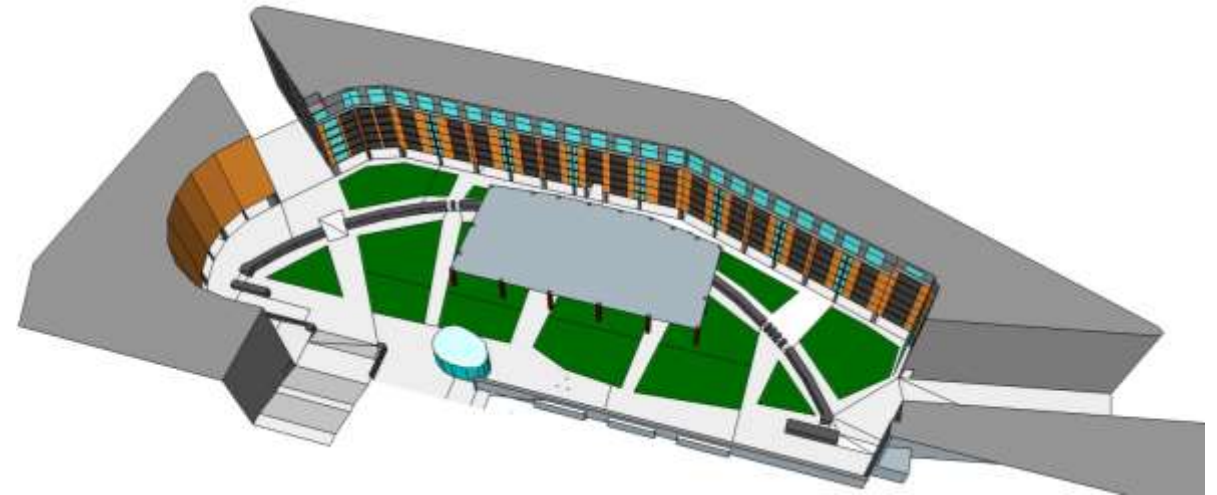
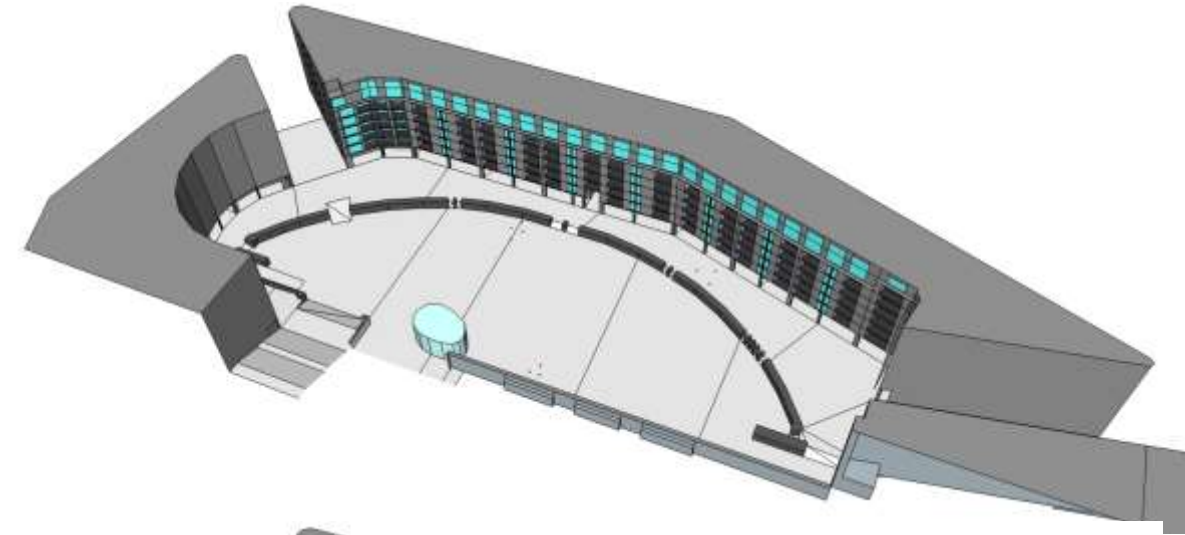


Sonorités observées : simulation d'une discussion de deux personnes avec mesures et enregistrement à 1 m. Evènement corrélié avec les points en façade PF1, PF3 et PF6.

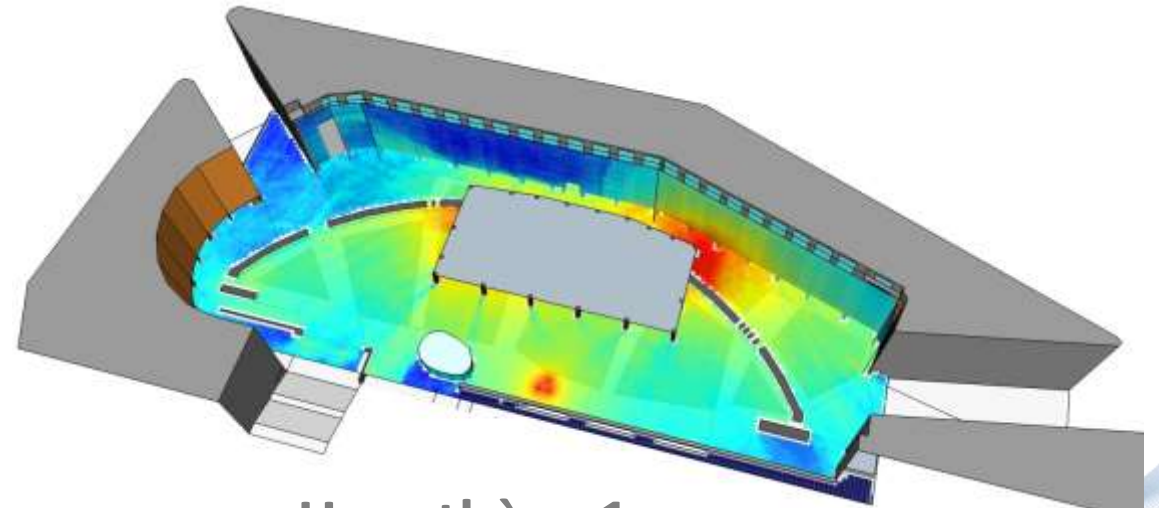


Un panel d'outils issus de la R&D pour anticiper et aider la conception d'un projet

Modélisation de l'effet sur la sonorité de la place d'une hypothèse d'aménagement avec un scénario de sources type.



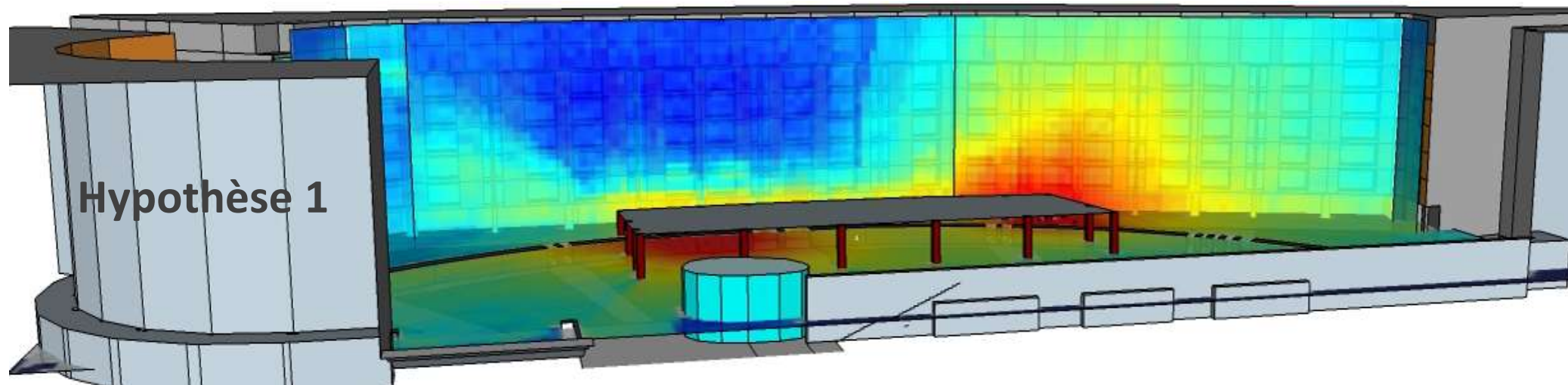
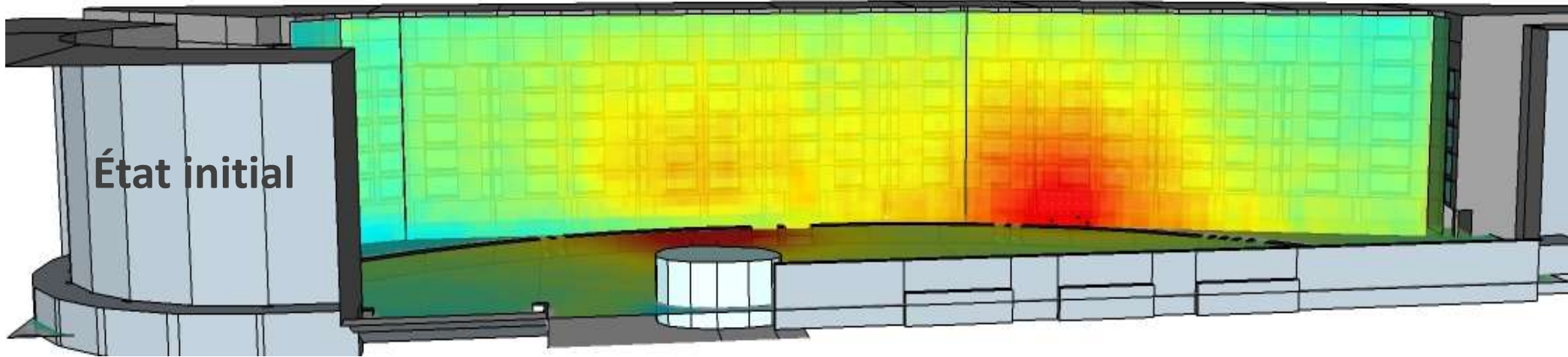
État initial



Hypothèse 1

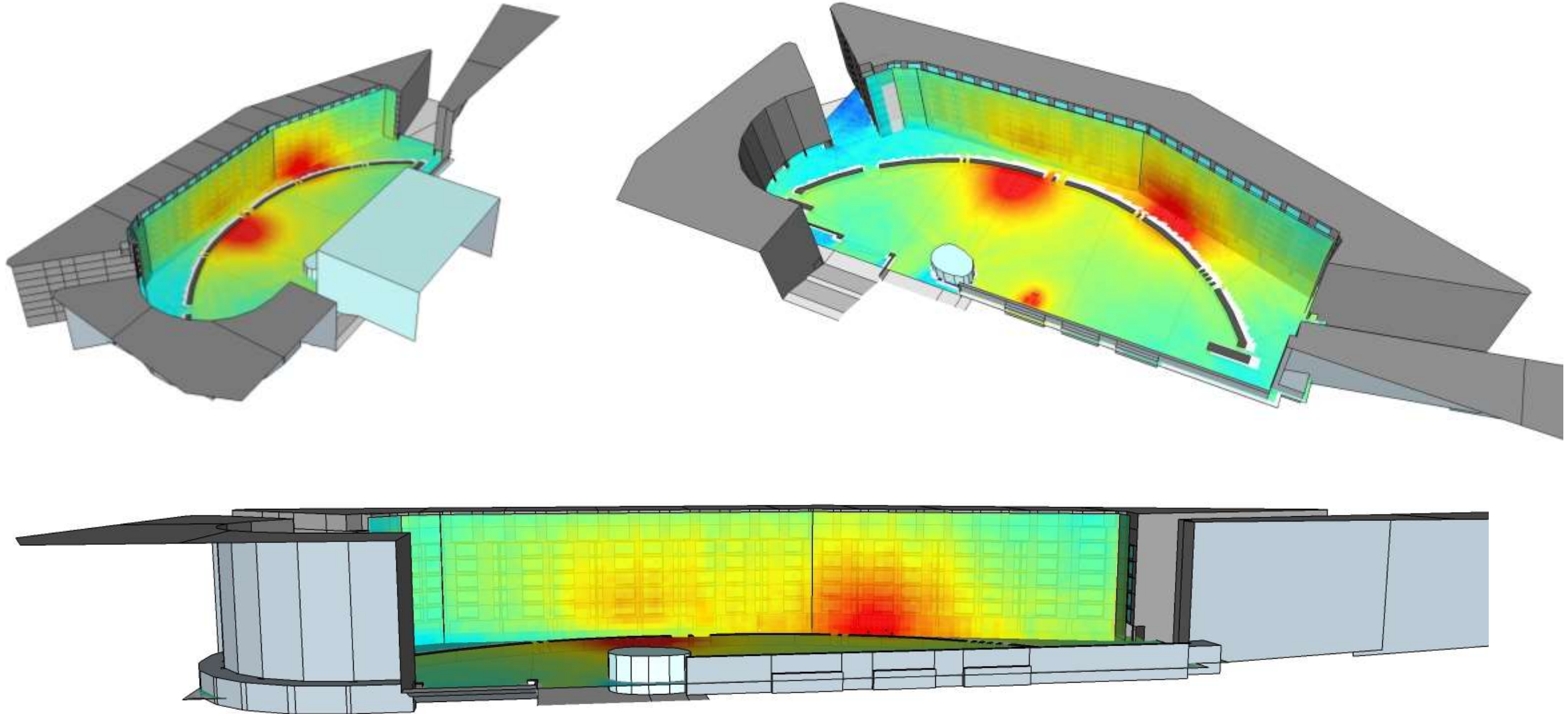
Un panel d'outils issus de la R&D pour anticiper et aider la conception d'un projet

Modélisation de l'effet sur la sonorité de la place d'une hypothèse (factice) d'aménagement avec un scénario de sources type.



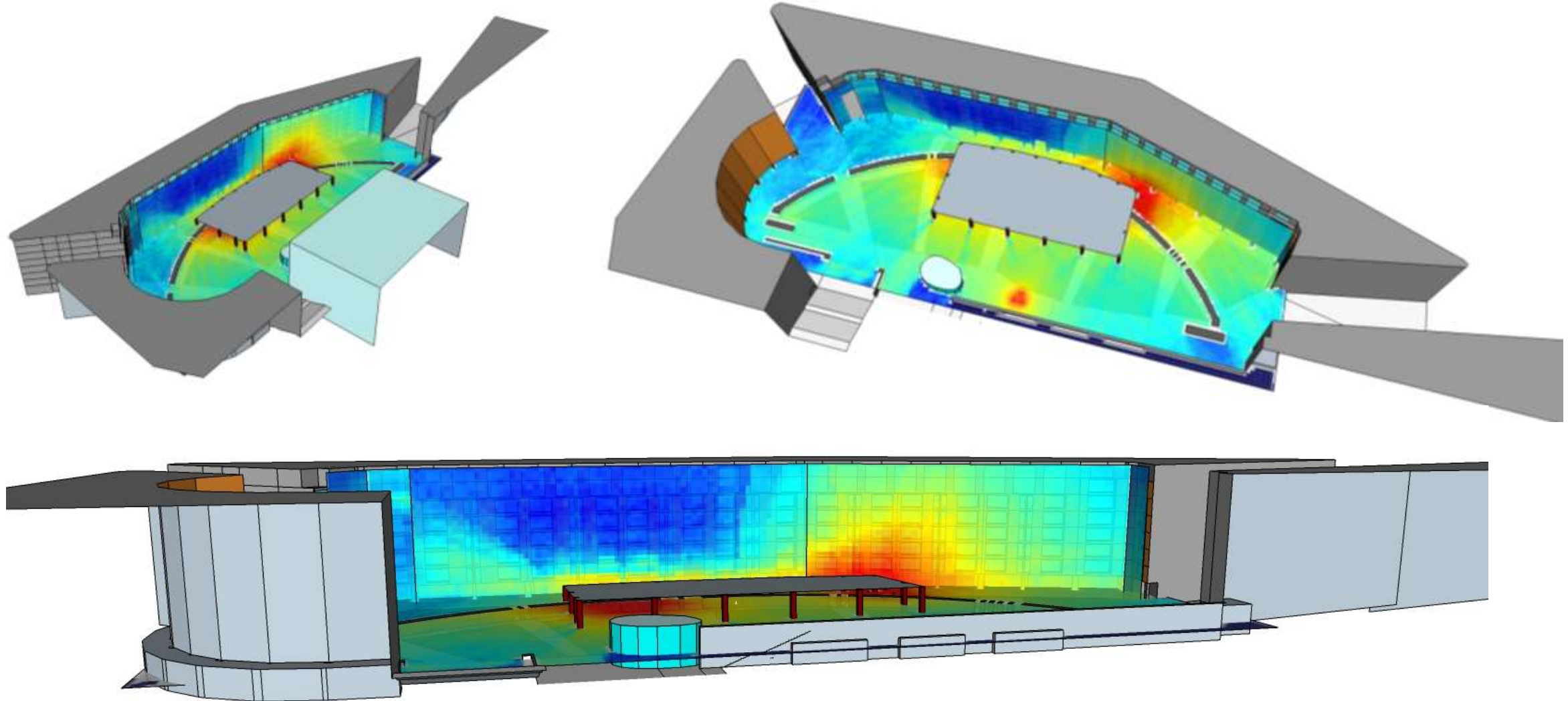
Modélisations sonores de l'état existant

L'ingénierie
acoustique et vibratoire
depuis 1978



Modélisations sonores de l'état projeté (scénario d'aménagement)

L'ingénierie
acoustique et vibratoire
depuis 1978



Exemple de pistes de solutions d'amélioration

Solution n°1 : ombrière

Principe / démarche	Placer une ou plusieurs ombrières sur la place.
Effets positifs attendus	Esthétique, protection contre le soleil et la pluie.
Effets acoustiques	Peu d'influence sur l'ambiance générale de la place. Peut avoir de l'influence si l'usage « sonore » (regroupement, jeux d'enfants, etc.) se passe dessous et qu'elle crée un écran acoustique en plafond.
	Peu d'efficacité sur l'absorption acoustique sauf si l'ombrière intègre des matériaux absorbants en toiture et sur les côtés. La position et la taille de la ou les ombrières auront un rôle à jouer notamment sur les perceptions depuis les logements.
Mises en garde	Le choix des matériaux et l'emplacement de l'ombrière peuvent faire fortement varier l'ambiance sonore (ex. image en haut à droite ombrière transparente du point de vue sonore alors que l'image en bas à droite propose une couverture et crée barrière acoustique plus efficaces)
Coût	De + à +++ Selon la complexité de la structure, le nombre d'installations et la surface totale de l'aménagement.



Source : document « Étude des usages de la place H. Frenay », juin 2023
Direction de la Voirie et des Déplacements, Mairie de Paris



Exemple de panneau d'isolant acoustique rigide et thermique mis en œuvre dans des pergolas
Source : <https://www.fenetre-online.com/100543-pergola-adossee-toit-olaf-lucia.html>

Exemple de pistes de solutions d'amélioration

Solution n°2 : aménagement de nouveaux jeux d'enfants

Principe / démarche	Construire plus de jeux, et surtout pour les enfants (4 écoles à moins de 200m) qui ont un impact sur l'ambiance : grande structure bois, assises autour pour les parents (ombrière éventuelle).
Effets positifs attendus	Modifier la fréquentation du lieu et donc le paysage sonore de la place.
Effets acoustiques	Exemple de matériaux intéressants sur l'aspect sonore : copeaux de bois pour le sol, sols des jeux pour enfants (revêtements en aggloméré de caoutchouc et polyuréthane)
Mises en garde	Selon la proximité qu'ils auraient avec les logements, leurs utilisations pourraient amener une forte intensité sonore sur les périodes de jeux.
Coût	De + à +++ Selon la typologie de jeu



Sources : <https://lavillette.com>, <https://recreance.fr>



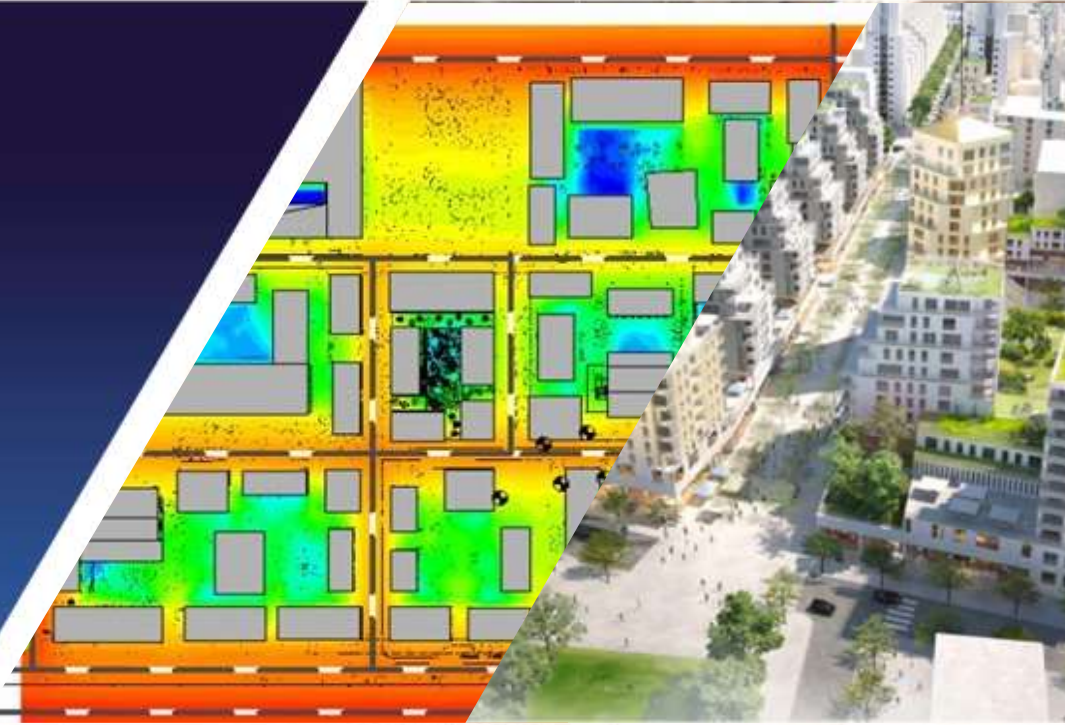
Réalisation de l'agence « 100architects », ville de Chongqing (Chine)

Source : <https://www.playgones.com/pegasus-trail-une-incroyable-intervention-urbaine-iconique-et-ludique/>



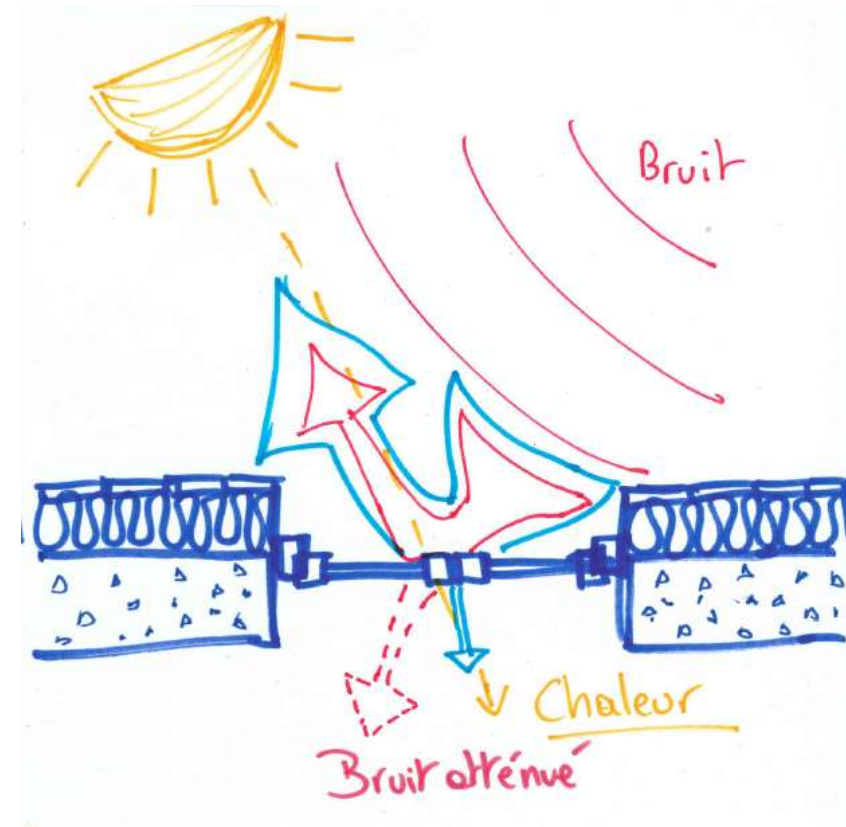
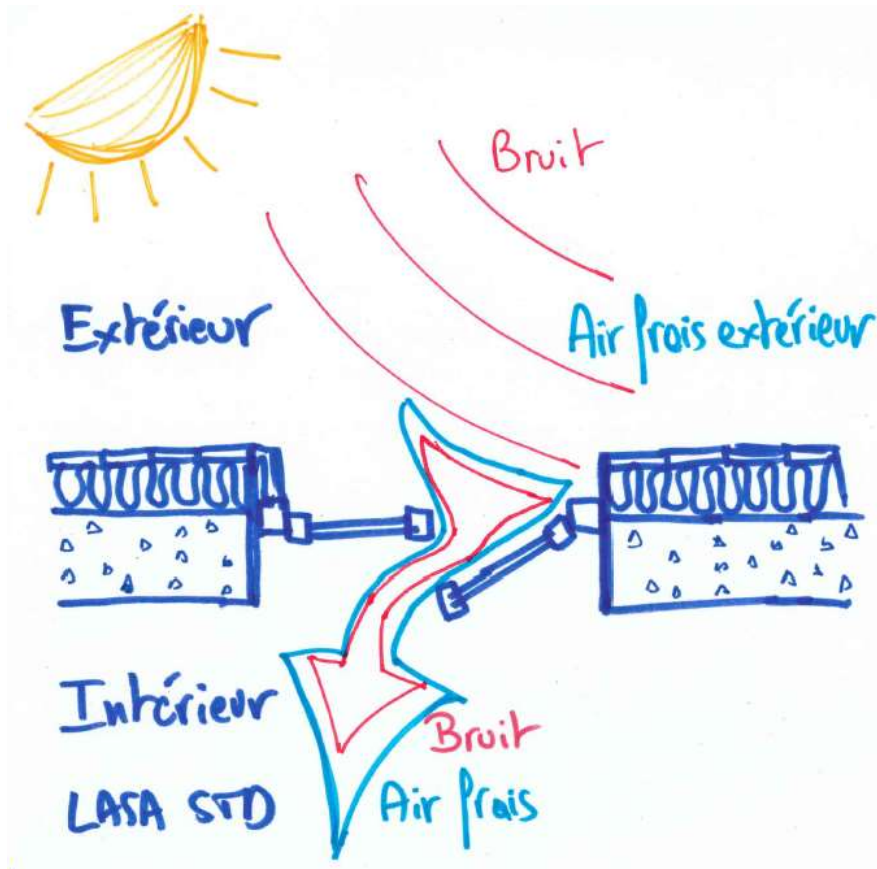
L'ingénierie
acoustique et vibratoire
depuis 1978

Acoustique et ventilation naturelle : OVNA



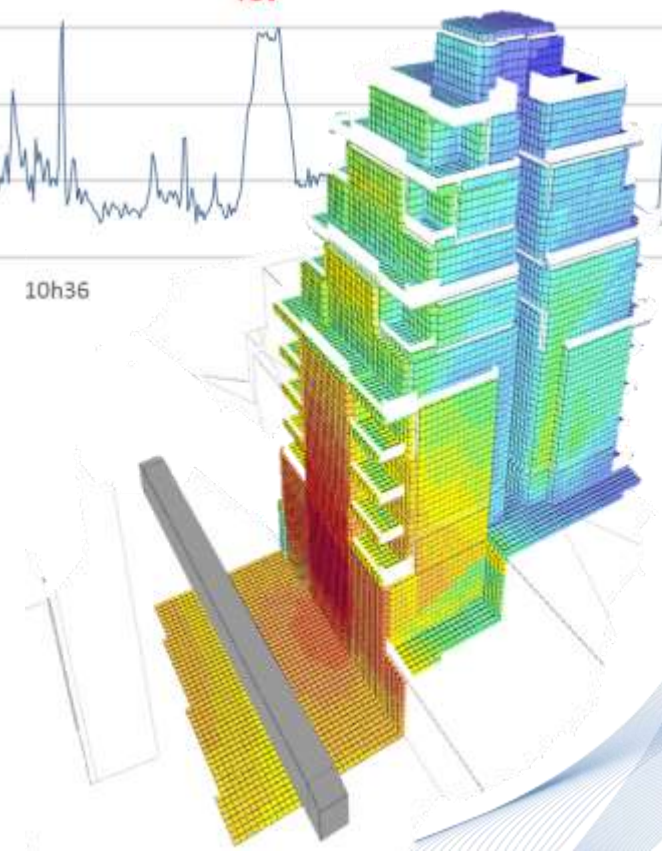
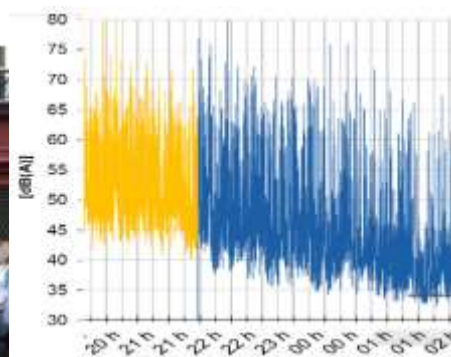
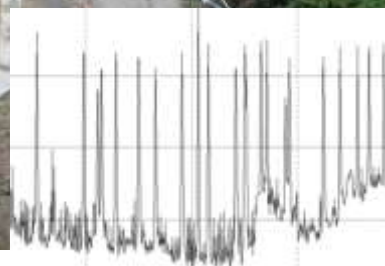
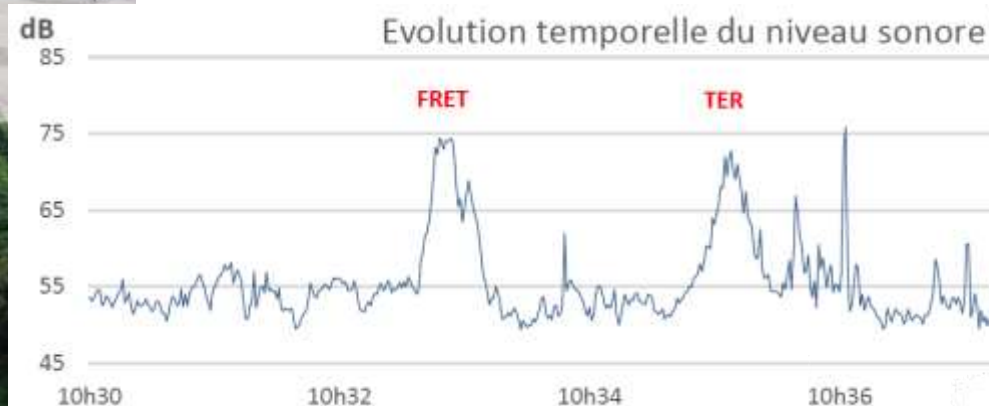
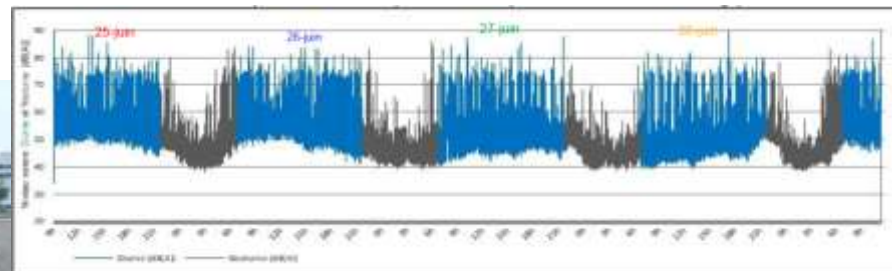
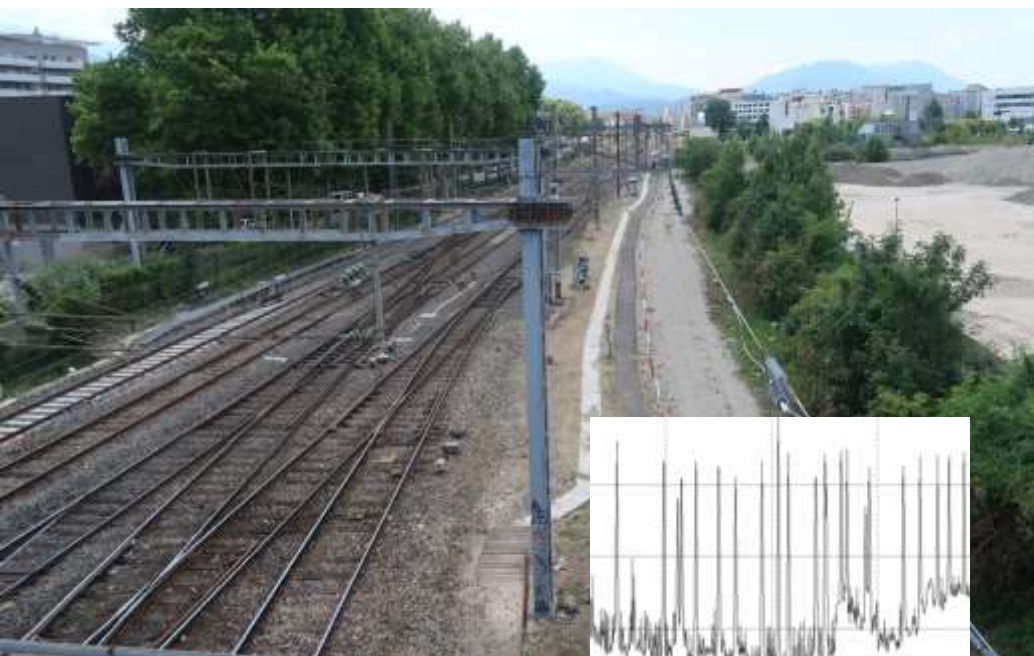
[illegible]

Comment les concilier avec le sujet du confort d'été et de la ventilation naturelle ?



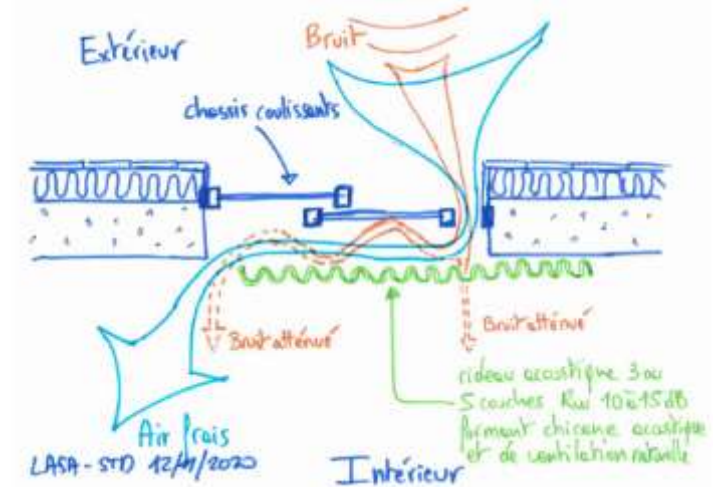
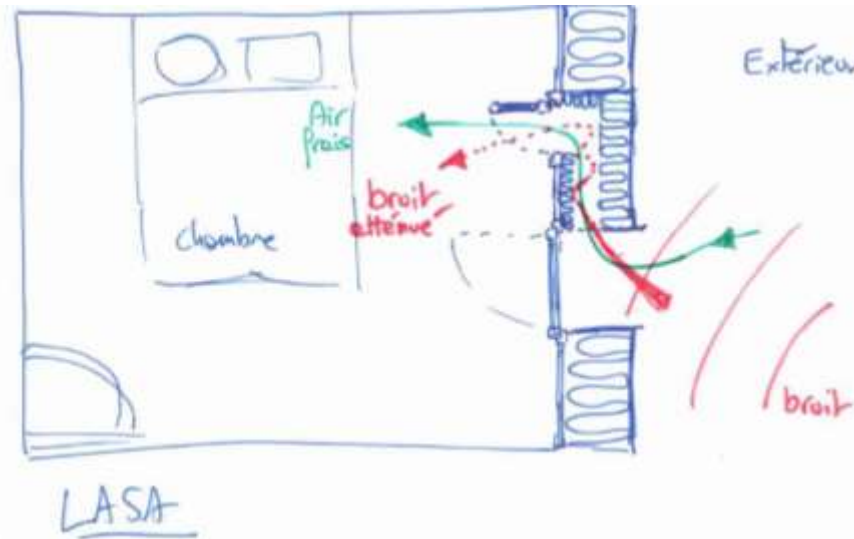
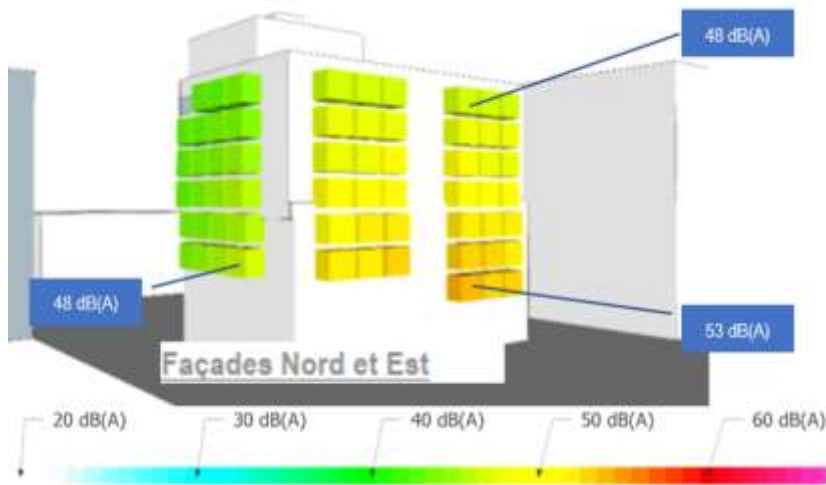
Ne plus devoir choisir entre avoir trop chaud ou avoir trop de bruit !

L'ingénierie
acoustique et vibratoire
depuis 1978



Ne plus devoir choisir entre
avoir trop chaud ou avoir trop de bruit ☺

Petite histoire d'une R&D au long cours chez LASA ...

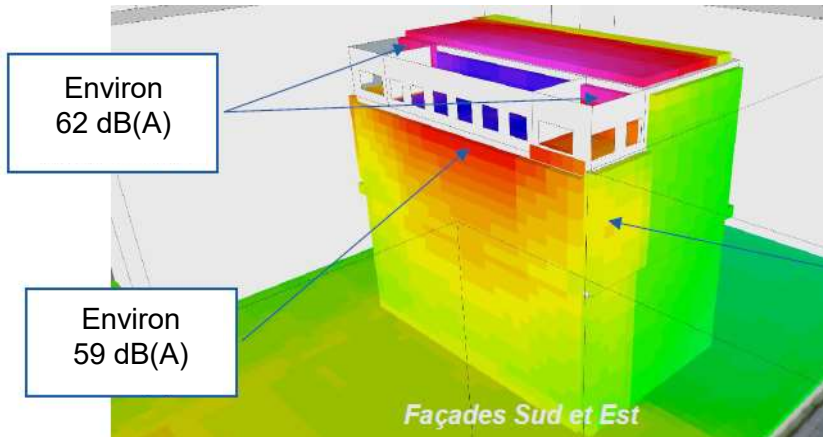
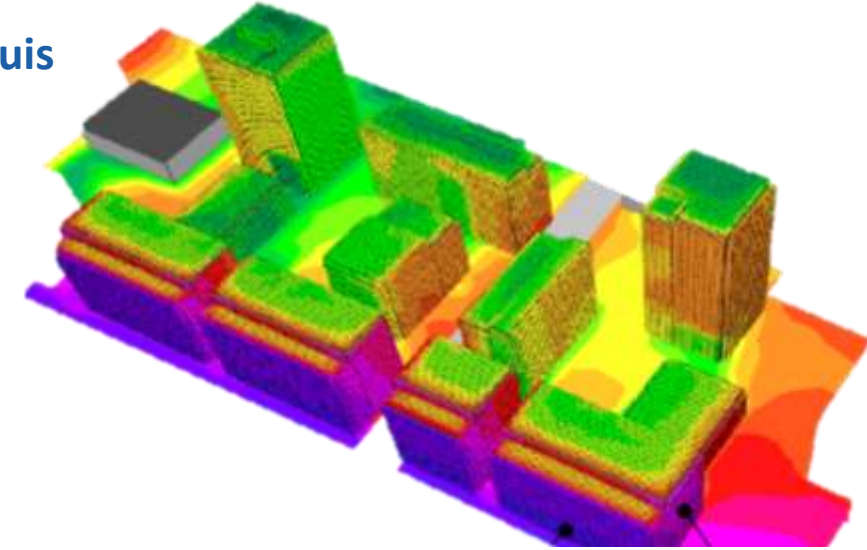


- Outils de modélisations : éligibilité sonore ventilation naturelle ...
- Solutions OVNA : Ouvrant de Ventilation Naturelle Acoustique

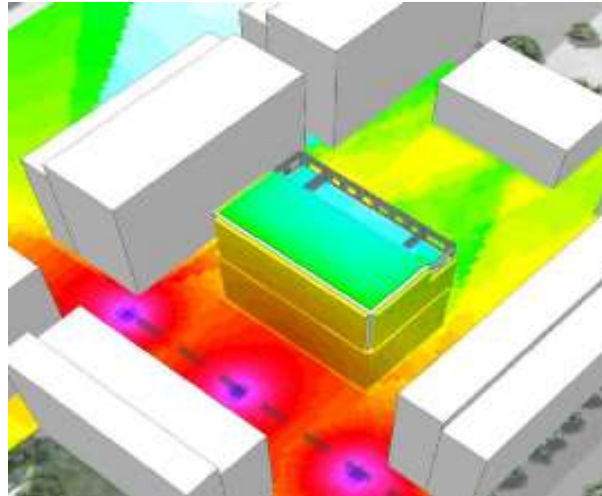
...

R&D LASA : un panel d'outils pour anticiper et aider la conception d'un projet

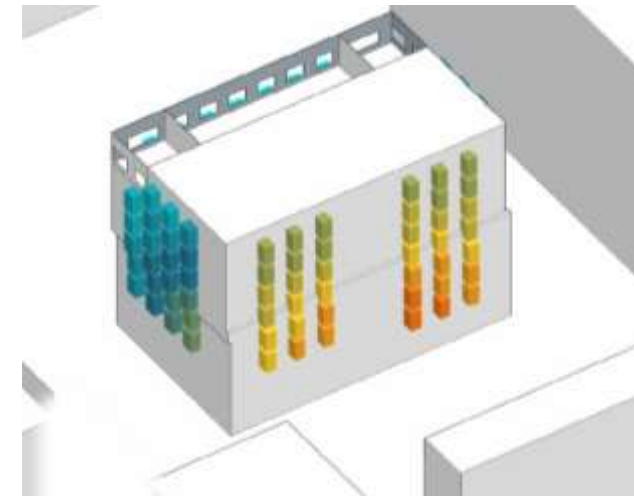
- Étude « d'éligibilité acoustique » à la ventilation naturelle. Analyse et prévision des localisations souhaitables et besoins en atténuation sonore des OVNA.
- Dimensionnement adapté des performances et caractéristiques des OVNA requis avec modèle prévisionnel LASA (recallé avec R&D sur prototypes)



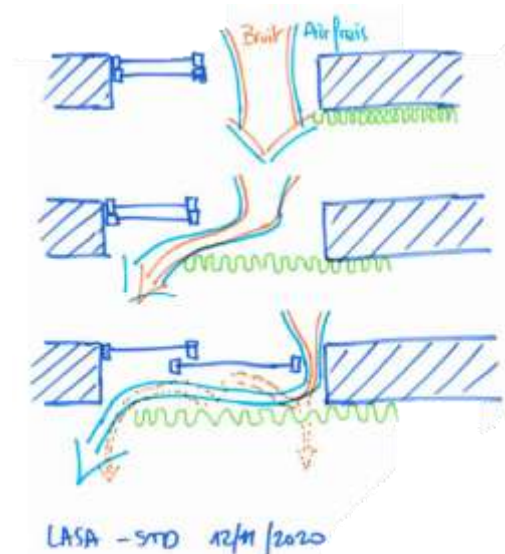
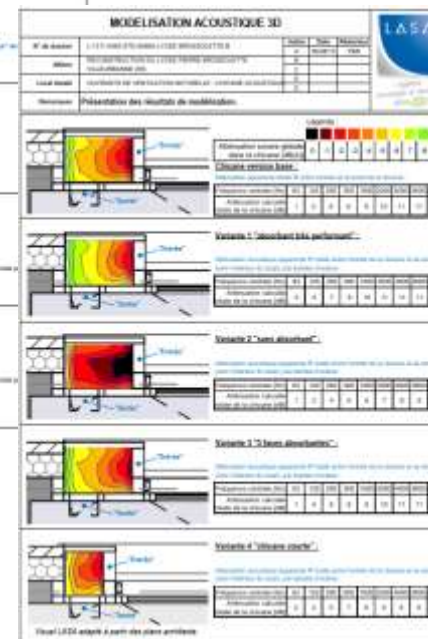
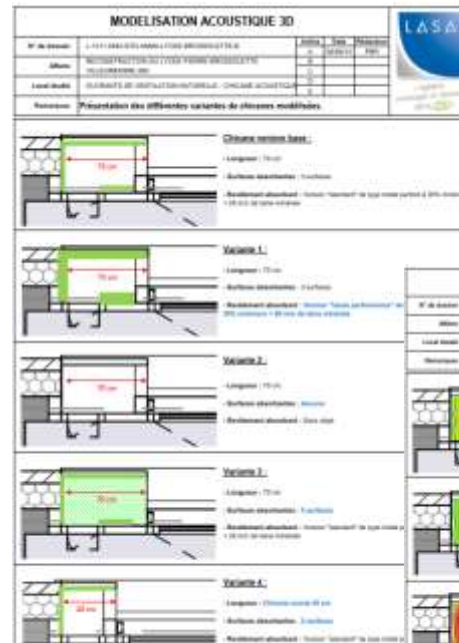
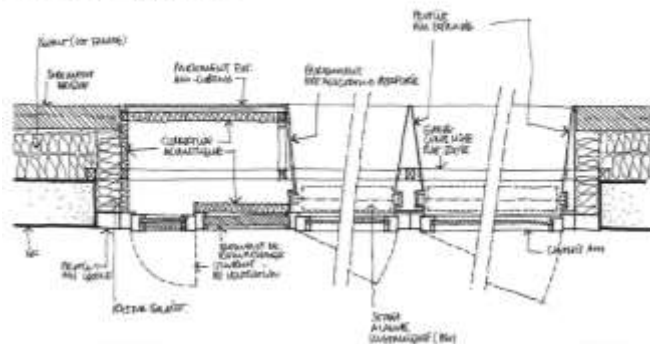
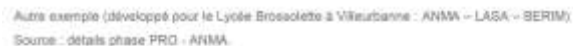
Simulation de l'usage de la terrasse partagée pour un apéritif ou repas animé - LASA



Simulation camion déchets

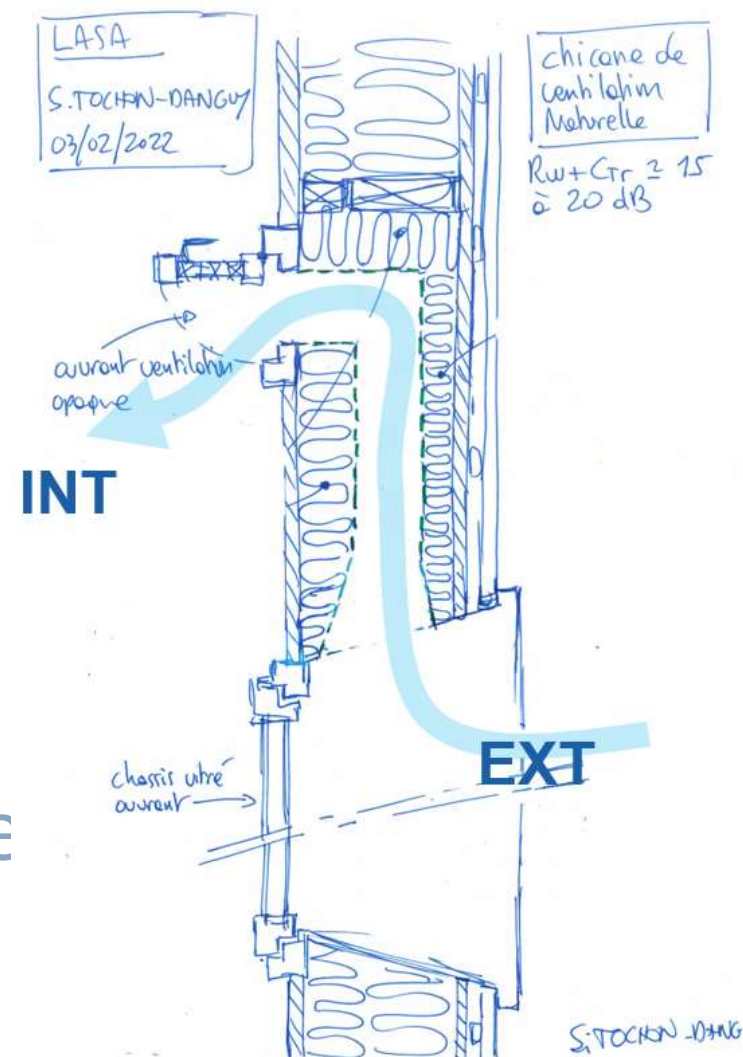


Evaluation $R_{A,tr}$ ventilation naturelle requis

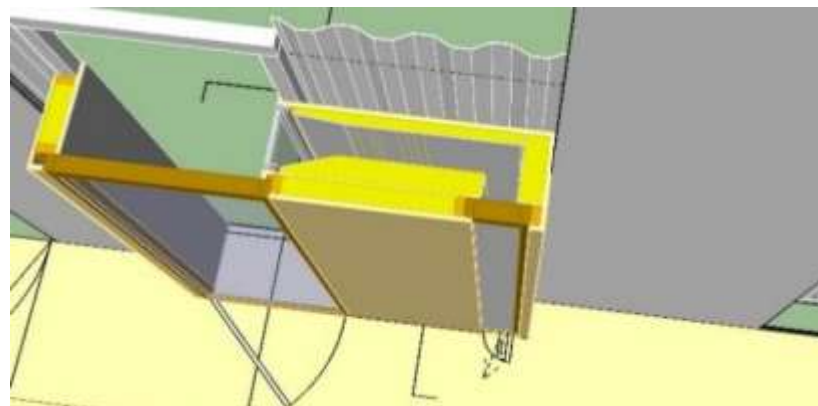
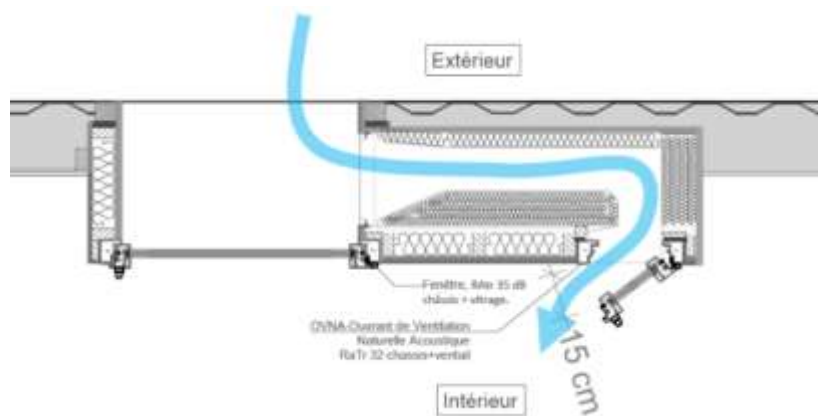
[illegible]

Thèse de Charlotte LAFFONT (CIFRE LASA/CRESSON),

- ➔ Poursuite travail sur ce sujet
- ➔ Olivier Balaÿ – chaire habitat du futur
- ➔ **Obtention financement (UGA)**
- ➔ **Construction de 2 prototypes** aux
Grands Ateliers Innovation Architecture



→ Construction des 2 prototypes



➔ Installation à la maison du projet gratte-ciel Villeurbanne



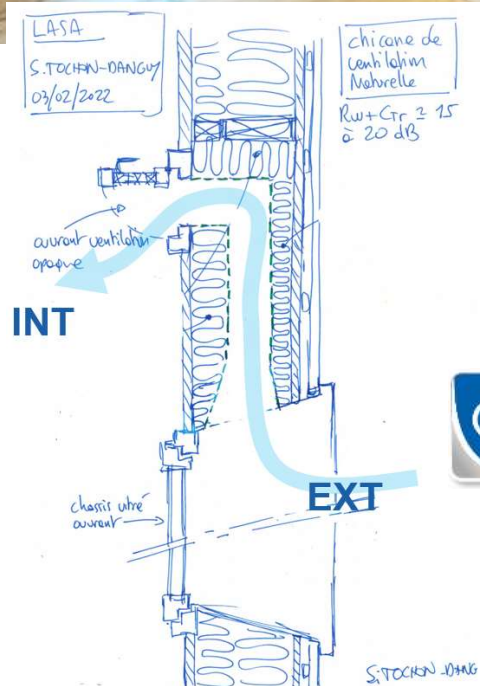
Air



➔ Mesures détaillées des performances acoustiques

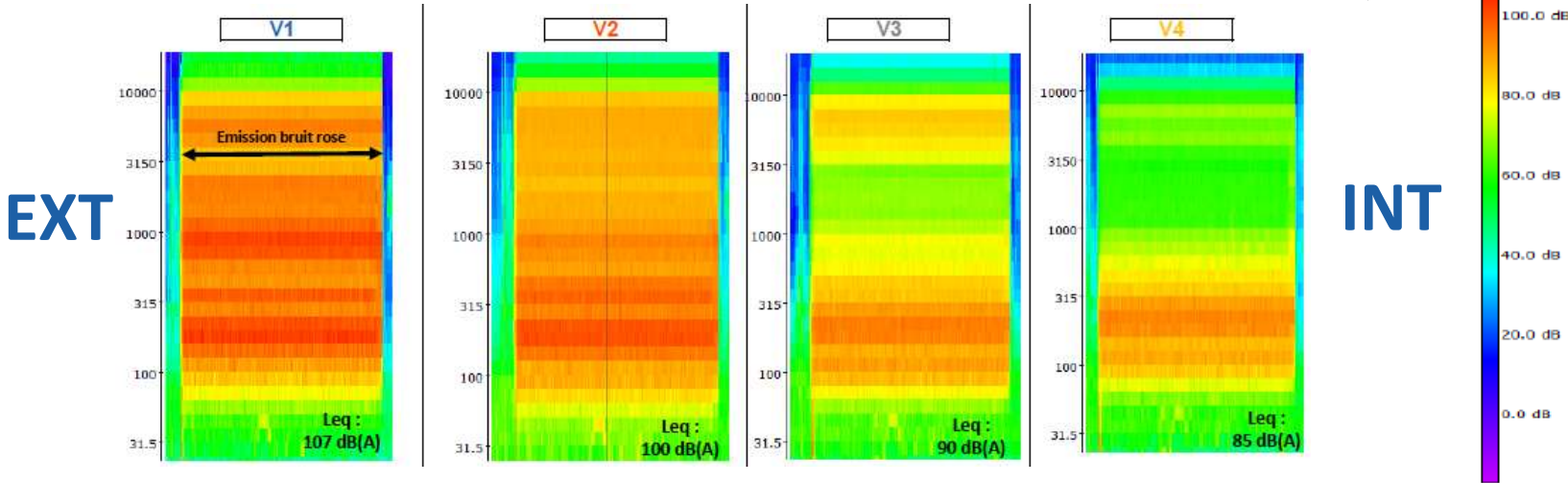


R&D LASA : Prototype d'Ouvrant de Ventilation Naturelle Acoustique (OVNA)



Entrée OVNA - extérieur

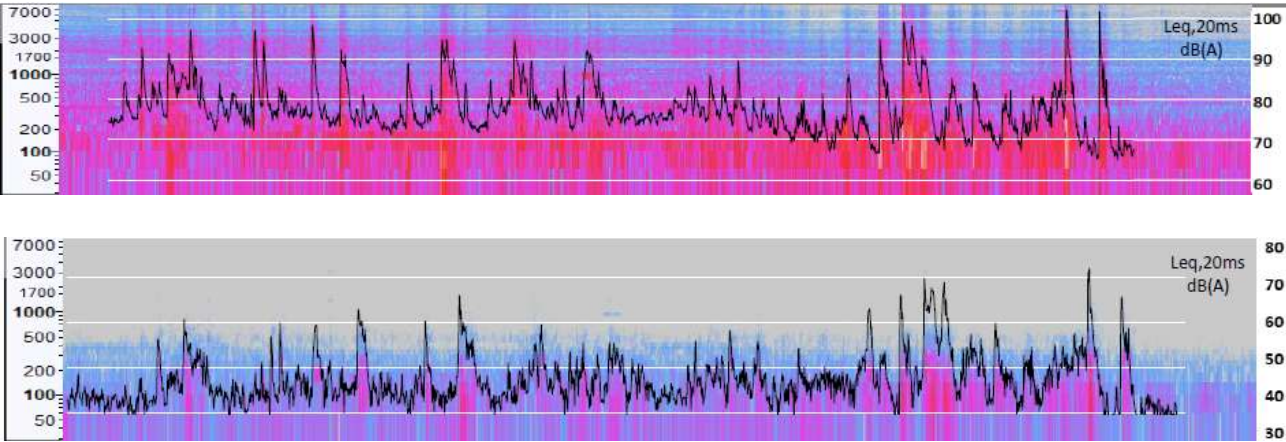
sortie OVNA - intérieur



➤ Exemple atténuation bruit camion déchets

EXT

INT

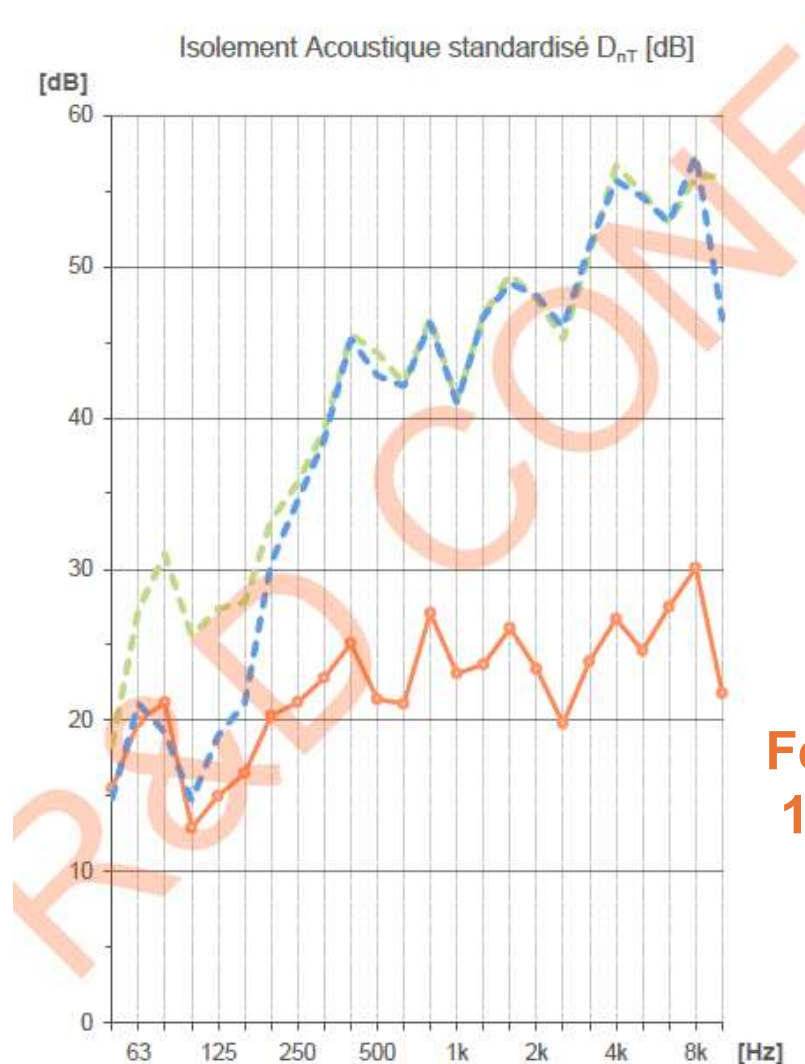


niveau sonore
équivalent sur la
durée de
l'événement

84 dB(A)

53 dB(A)

→ Comparaison ouverture 15cm Fenêtre classique ou OVNA



OVNA fermé

D_{01}_{∞}

$D_{nT,A} = 43 \text{ dB} (\Delta = 20 \text{ dB})$

$D_{nT,A,tr} = 39 \text{ dB} (\Delta = 17 \text{ dB})$

$D_{voix} = 47 \text{ dB} (\Delta = 23 \text{ dB})$

OVNA ouvert

D_{09}_{∞}

$D_{nT,A} = 38 \text{ dB} (\Delta = 15 \text{ dB})$

$D_{nT,A,tr} = 32 \text{ dB} (\Delta = 10 \text{ dB})$

$D_{voix} = 46 \text{ dB} (\Delta = 22 \text{ dB})$

Fenêtre entrebâillée 15cm

D_{03}_{∞}

$D_{nT,w}(C;C_{tr}) = 23 (0; -1) \text{ dB}$

$D_{nT,A} = 23 \text{ dB}$

$D_{nT,A,tr} = 22 \text{ dB}$

$D_{voix} = 24 \text{ dB}$

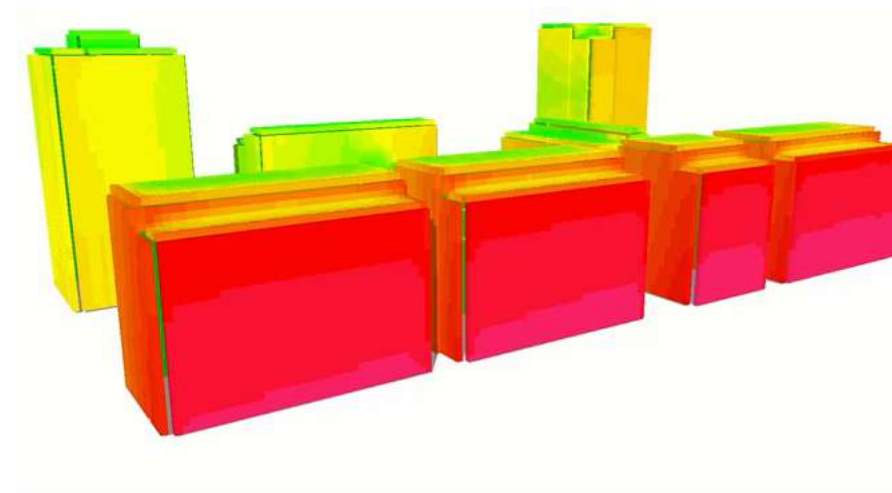
Amélioration de nos méthodes d'anticipation / modélisation

➔ Études « d'éligibilité » à la ventilation naturelle

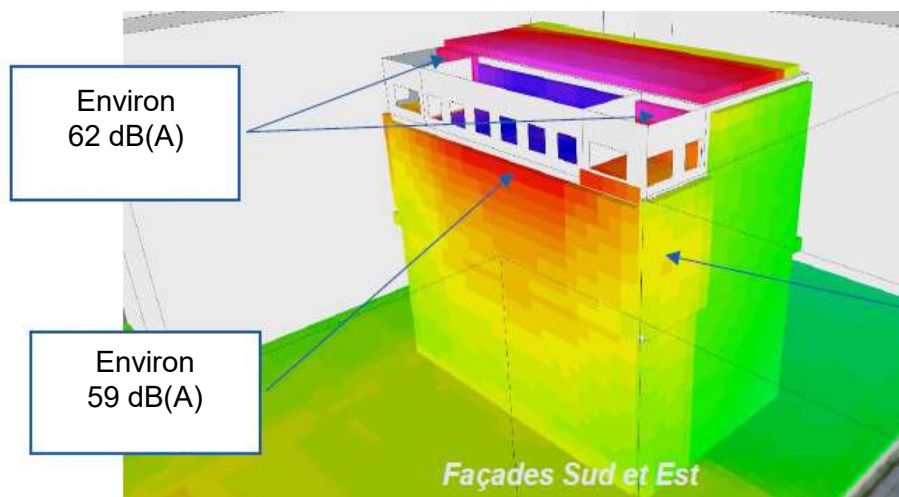
➔ Analyse localisations souhaitables des OVNA



➔ Conception forme/dimensions OVNA adaptés au projet



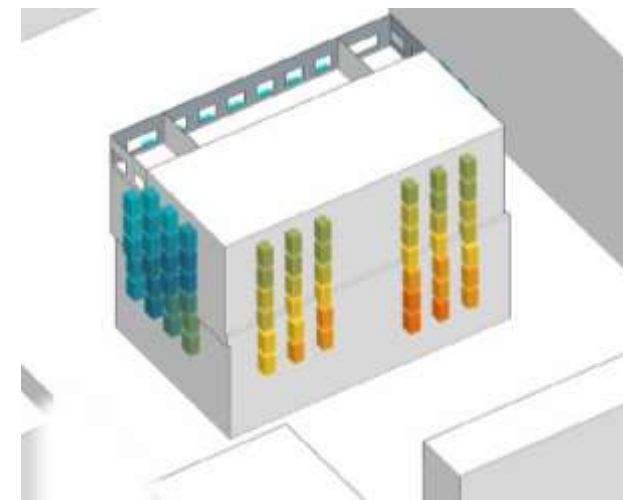
➔ Dimensionnement des OVNA adaptés et optimisés au contexte du projet avec modèle prévisionnel LASA



Simulation de l'usage de la terrasse partagée pour un apéritif ou repas animé - LASA



Simulation camion déchets



Evaluation $R_{A,tr}$ ventilation naturelle requis



*R&D LASA : OVNA et outils de
modélisation et anticipation*

**Primé au concours des
Décibels d'Or 2024**

Catégorie Recherche

➔ Mesures vitesses d'air/débits avec TRIBU



Nous poursuivrons l'amélioration de nos outils et méthodes, mais nous sommes en mesure de proposer à nos partenaires :

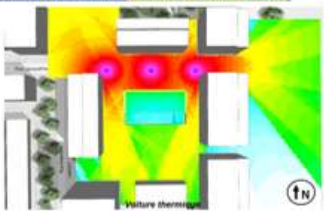
- Des études «d'éligibilité à la ventilation naturelle»
 - La conception sur mesure des OVNA requis en fonction du contexte du site et de l'utilisation des locaux » lorsque cela est nécessaire ou souhaitable sur nos projets !
- ➔ Nous développons une méthode de dimensionnement des OVNA améliorée, avec des calculs FEM

LASA & R&D: éligibilité à la ventilation naturelle

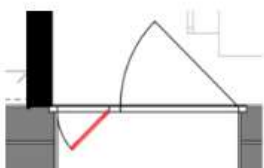
- Analyse des niveaux sonores moyens et ponctuels au niveau des différentes façades
- Analyse de la gêne potentielle et de l'éligibilité à la ventilation naturelle (et/ou OVNA)

Les six schémas des cartographies de niveau sonore maximum effectués sont présentés pour chaque type de scénario. La présentation de ces cartes s'adresse à tout expert ou maître d'ouvrage des chantiers de programmation principale de (champ d'essai, réflexions sur les façades, réverbération, ...)

VUE AERIEENNE AU PASSAGE D'UN VEHICULE DANS LA RUE PURY



Quelles
conséquences avec
une Atténuation de
l'OVNA ouvert avec
fente de ventilation
10 cm ?

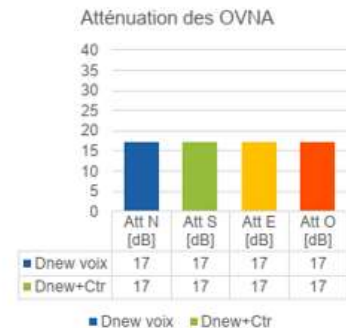


$D_{0,5-5000} + C_{tr}$
 $\approx 17 \text{ dB}$

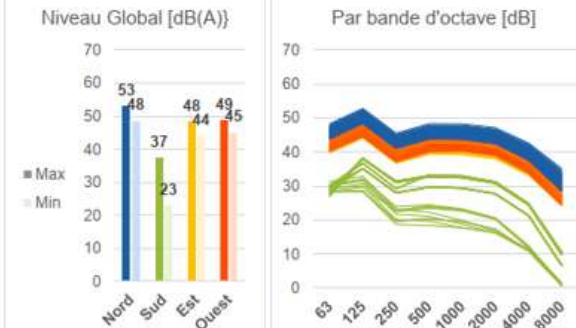
$D_{0,5-5000}$
 $\approx 17 \text{ dB}$

Configuration CAMION POUBELLE sur Rue de Pury

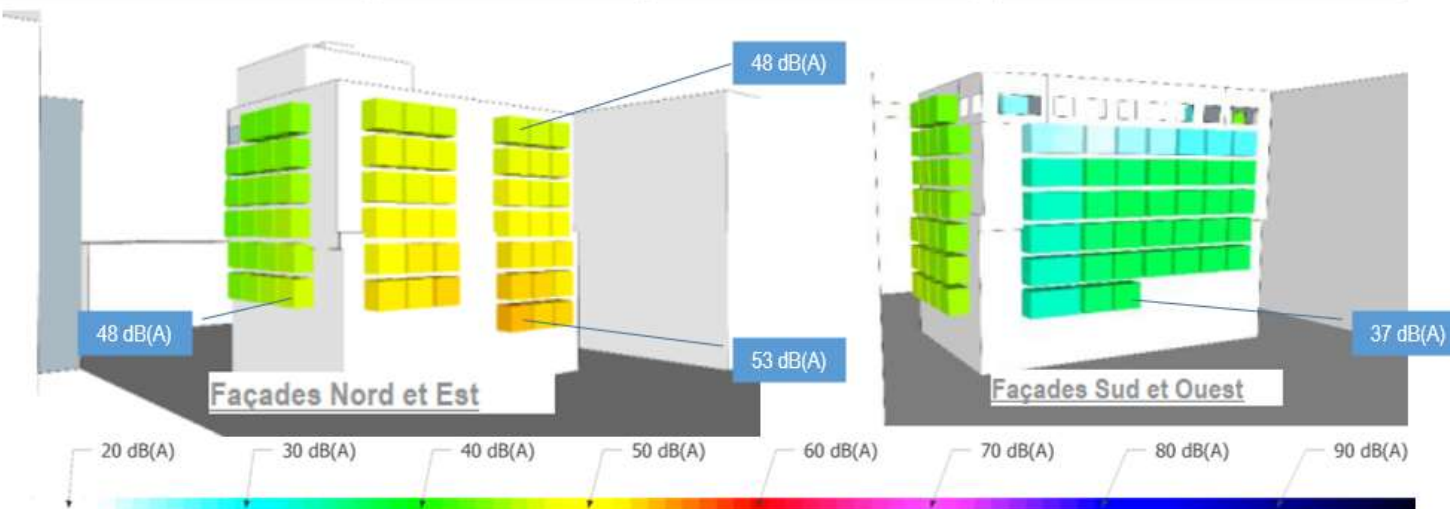
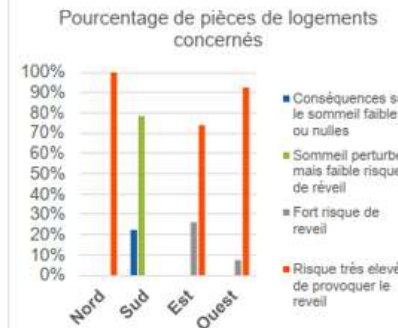
**ATTENUATION de BASE avec l'OVNA
OUVERT AVEC 10 cm de VENTILATION**



**ESTIMATION DU NIVEAU SONORE DANS LES LOGEMENTS AU
PASSAGE DE L'EVENEMENT.**

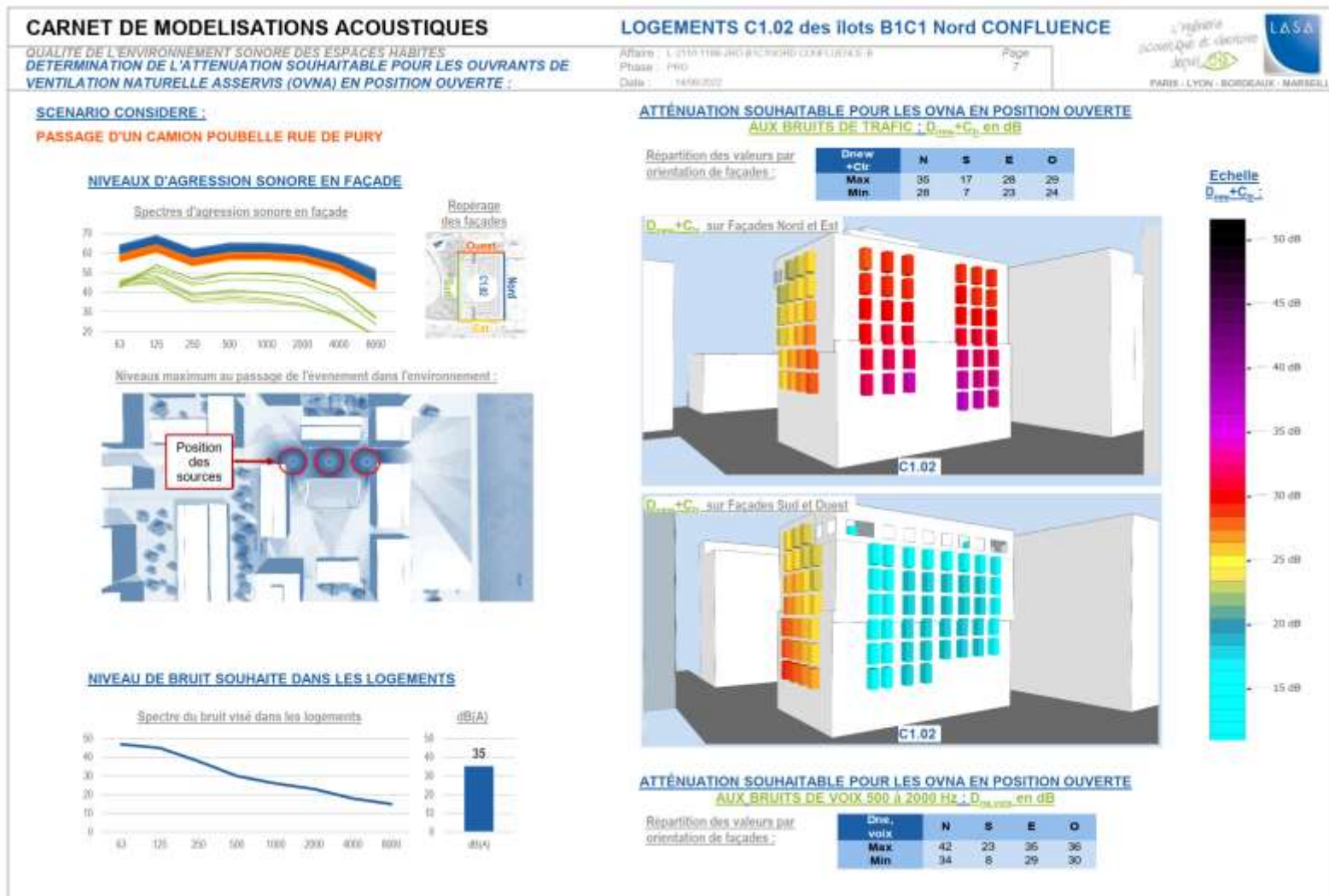


**CONSÉQUENCES SUR LA
TRANQUILITÉ ET LE
SOMMEIL DES OCCUPANTS**



LASA & R&D: éligibilité à la ventilation naturelle

- Détermination des gains/atténuation requis (pour fenêtre, autre dispositif et/ou





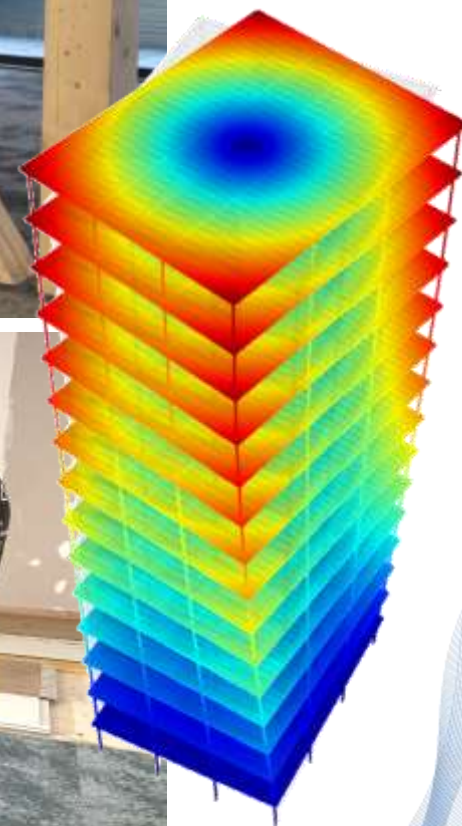
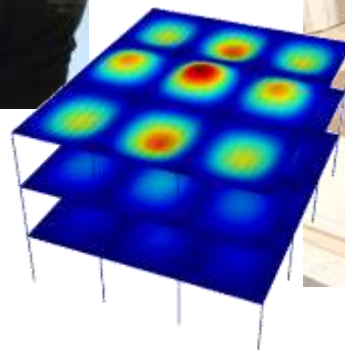
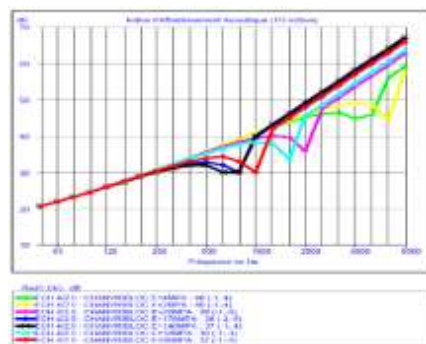
L'ingénierie
acoustique et vibratoire
depuis 1978

Qualité acoustique des constructions bois et matériaux bio et géo sourcés



R&D - Acoustique et vibrations dans les bâtiments en structure bois

Dans la continuité de nombreux projets en structure bois menés depuis près de 15 ans, le LASA poursuit la R&D sur le sujet. Avec des campagnes de caractérisation expérimentale, et la mise au point de méthodes de modélisation numérique 3D des structures bois (FEM). L'objectif est de pouvoir répondre aux enjeux de la maîtrise des phénomènes de propagation vibratoire et de bruits solidiens (bruits de pas, bruits impacts) dans les structures bois, et ainsi proposer des réponses innovantes et optimisées sur les projets de nos clients.



*Optimisation acoustique des complexes
de façades, planchers, et parois bois.*

R&D - Acoustique et vibrations dans les bâtiments en structure bois

L'ingénierie
acoustique et vibratoire
depuis 1978



Bois massif CLT



Poteau poutres façades ossature



Structure + façade ossature



Poteau dalles béton façades caissons préfab



Façades caissons préfab ossature



Bruits d'impacts : méthode actuelle
= machine à chocs



Méthode peu corrélée au ressenti
dans les constructions bois



Méthode pour meilleure prise en compte
des « chocs mous » de la marche : **ballon
d'impact ou ballon japonais**



R&D - Acoustique et vibrations dans les bâtiments en structure bois



Projet Boccador
Paris 14e
MOA : Unibail

Architecte :
MVRDV – SRA

MOE : Scyna 4 /
INEX / Vanguard /
Arcora / Artelia /
LASA

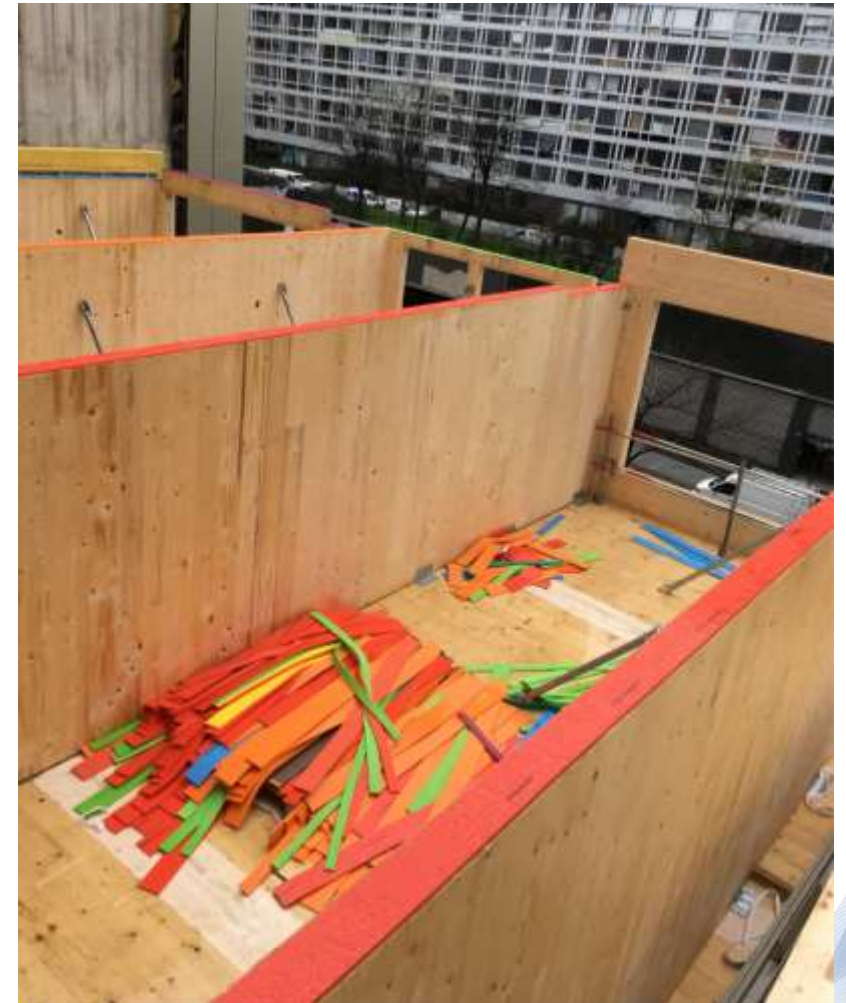
Spécificités du projet de logements

Volonté architecturale forte d'avoir le
CLT apparent en sous face des planchers
et pour certaines faces des cloisons distributives



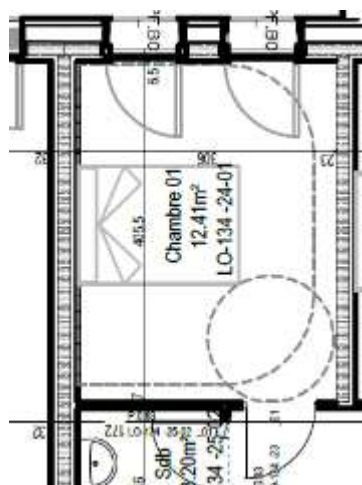
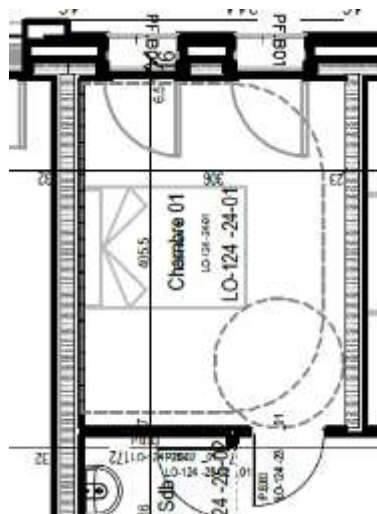
Projet très innovant car peu (voire pas) de projet de logements collectifs avec CLT apparent en France et aucune solution éprouvée à l'époque de la conception (2014 - 2016)... Et encore à l'heure actuelle...

Bruits de chocs : découplage des niveaux avec résilients adaptés aux descentes de charges



Mesures sur témoins / mesures de réception

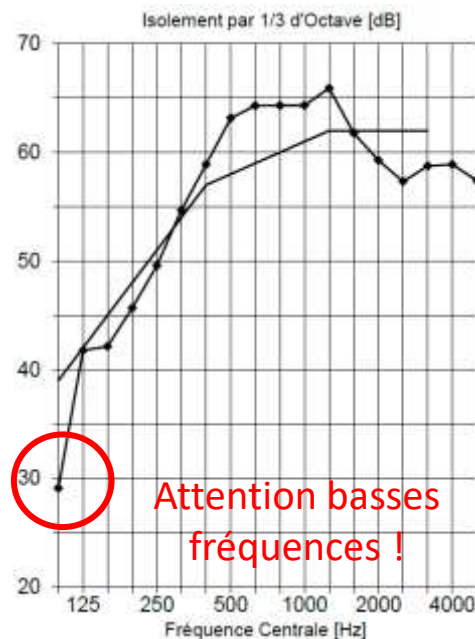
Exemple de résultats : 2 chambres superposées



Isolement au bruit aérien

Objectif respecté

($D_{nT,w} + C \geq 53$ dB)

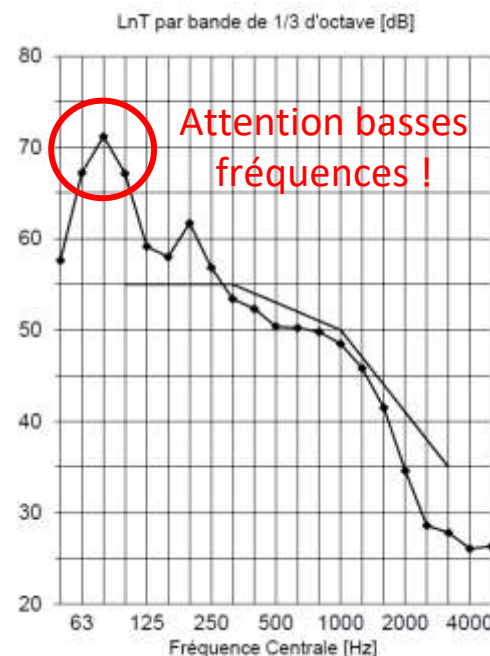


	C	Ctr
$D_{nT,w} = 58$ dB	-2	-8
$D_{nAT}(rose) = 56$ dB(A)		
$D_{nT,w} + C = 56$ dB		

Bruits de chocs

Objectif respecté

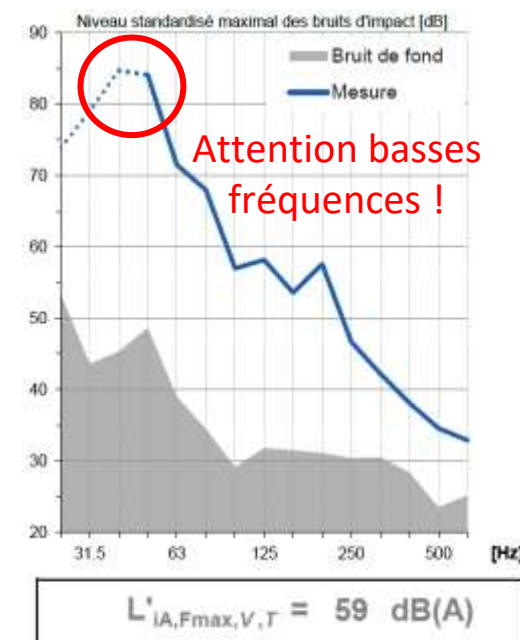
($L'_{nT,w} \leq 55$ dB)



Attention « nouvelle »
exigence NF HQE à partir
de v3 ($L'_{nT,w} + C_i \leq 55$ dB)

Ballon d'impact

Pas d'objectif



$L'_{IA,Fmax,V,T} = 59$ dB(A)

R&D - Acoustique et vibrations dans les bâtiments en structure bois



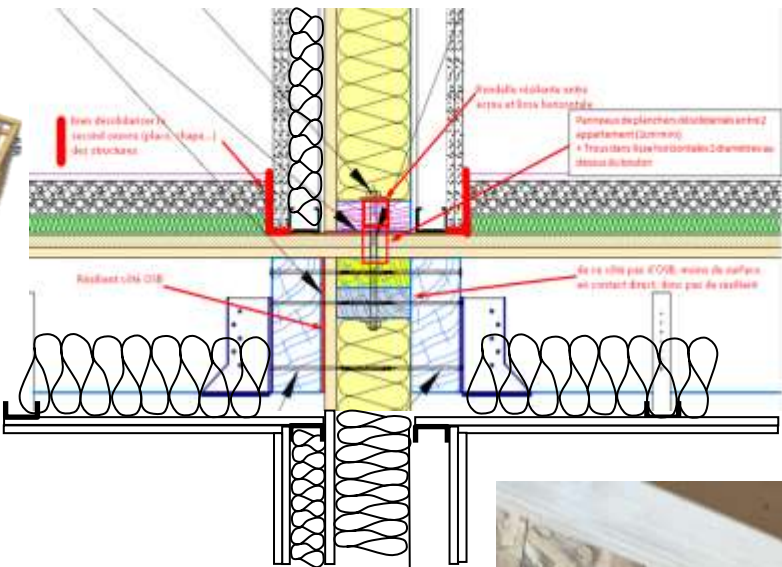
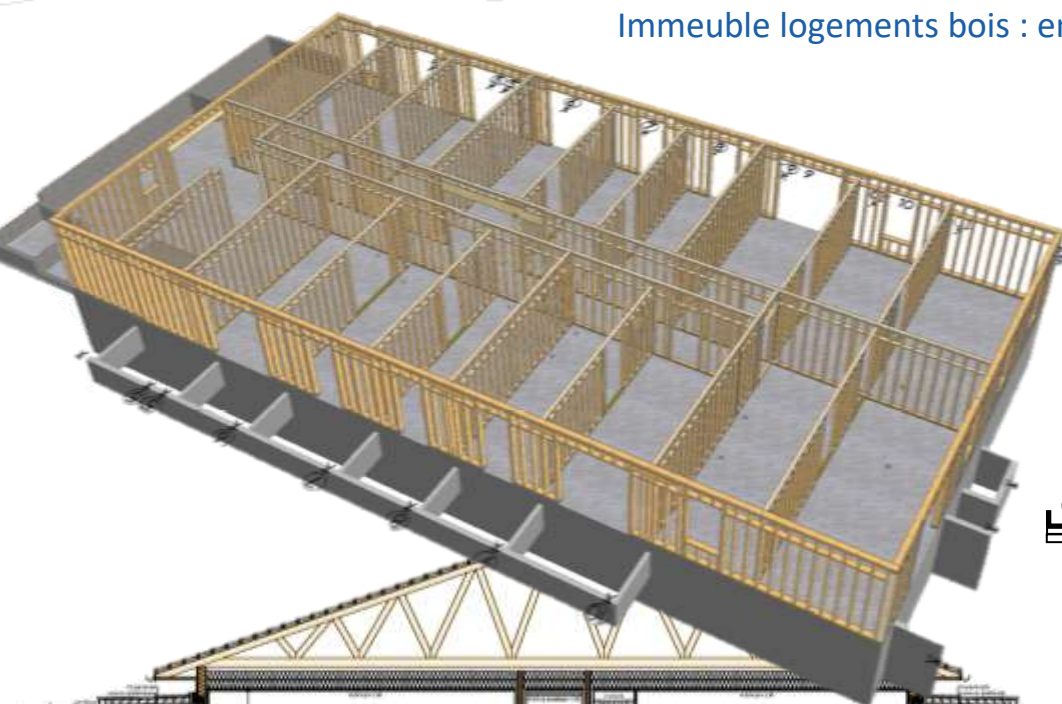
MOA : RRA

Architecte : R2K

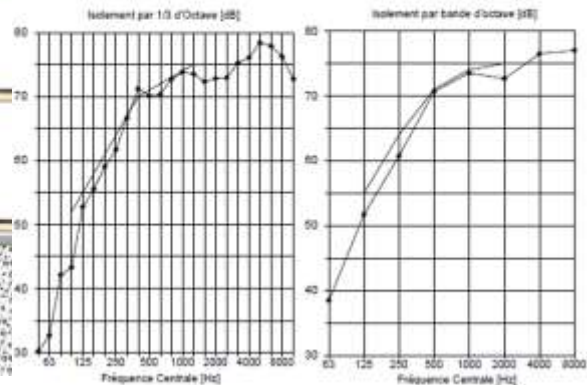
MOE : ARTELIA /
CET / INDIGGO /
ANGLADE / LASA

R&D - Acoustique et vibrations dans les bâtiments en structure bois

Immeuble logements bois : enjeu des planchers filants entre appartements



	C (norme)	C _{tr} (norme)
DnT _w = 71 dB	-	-
DnAT (norme) = 69 dB(A)	-	-
DnT _w + C (norme) = 69 dB	-	-

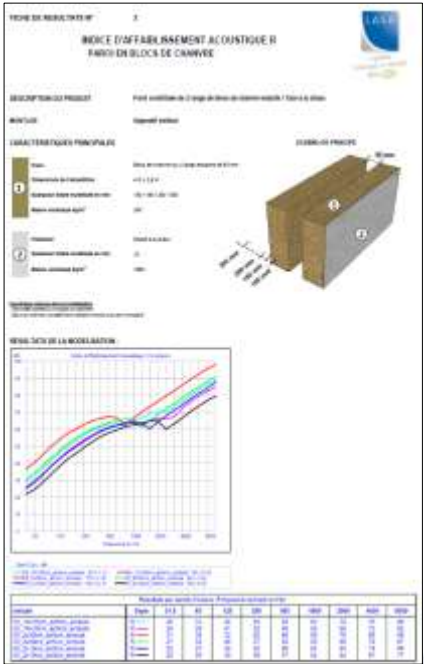
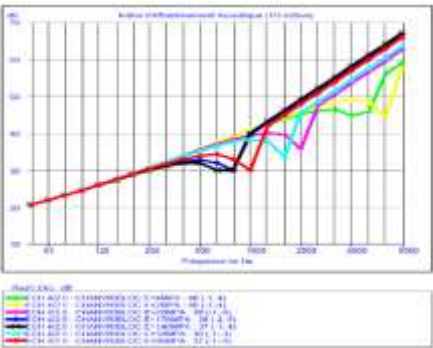
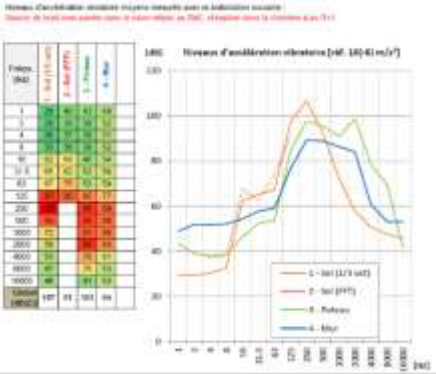


Résilient entre
muralière et
solives

Résilient entre
MOB et
solives

R&D - Performances acoustiques des matériaux biosourcés

Modélisations numériques des performances acoustiques



Campagnes de mesures sur sites existants, recalage des modèles acoustiques

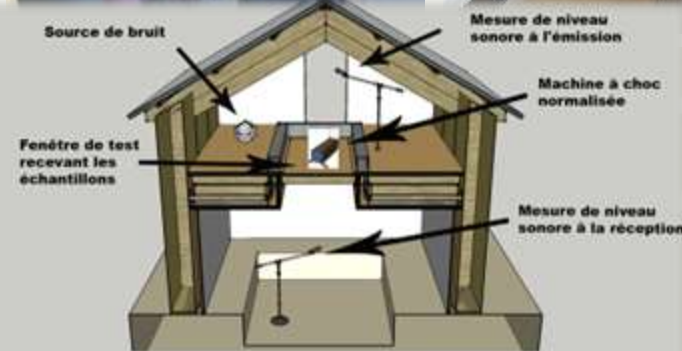
Qualité acoustique des constructions bois et matériaux biosourcés



Recherche et développement : Projet À Pas De Velours (2012)

Face au constat du manque d'information acoustiques pour les matériaux d'origine biosourcées, le LASA et ses partenaires ont mené un projet conséquent de caractérisation d'un panel de ces éléments, visant à lever les blocages à l'emploi et favoriser leur intégration par les acteurs de la construction :

- ✓ Conception et réalisation sur fonds propres d'une cellule d'essais prototype,
- ✓ Mise au point d'un protocole d'essai rigoureux en rapport avec les objectifs de résultats et les spécificités de la cellule d'essai,
- ✓ Caractérisation de systèmes de planchers bois solivés avec des systèmes utilisant des matériaux biosourcés.



Cellule de mesures acoustiques spécifique en ossature bois

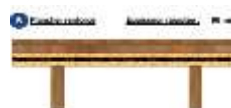


Plus de 200 mesures et 80 configurations testées notamment à base de matériaux biosourcés :

- ✓ Laine de bois semi-rigide et panneaux,
- ✓ Laine de chanvre semi-rigide et panneaux,
- ✓ Ouate de cellulose en panneaux et en vrac,
- ✓ Laine de mouton,
- ✓ Sous-couche liège, ...



Complexe de plancher avec renfort par-dessus, par-dessous et mixte :



Tous les résultats en accès libre sur www.apasdevelours.fr

R&D - Performances acoustique matériaux biosourcés : parois en Terre Crue

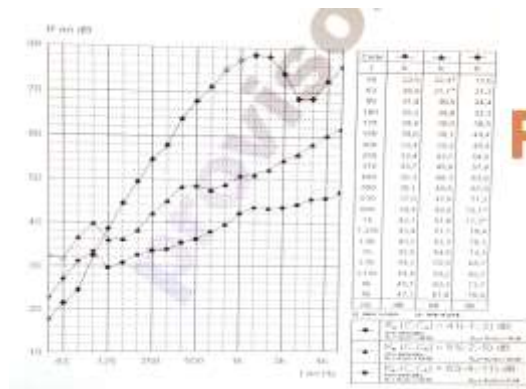
En collaboration avec des acteurs référents dans le domaine (Craterre, Amaco, l'agence Joly&Loiret), et les intervenants du projet Cycle-Terre, LASA a mené très tôt des travaux de R&D pionniers concernant le comportement acoustique des parois en terre crue (BTC, BTE, panneaux de terre,...). Essais en laboratoires, modélisations acoustiques, études paramétriques de l'impact des compositions, études des paramètres de mises en œuvre, participation à la mise au point d'ATEX. LASA a acquis des compétences et un retour d'expérience unique sur le sujet. Dans la continuité de ces travaux fondateurs, LASA est aujourd'hui copilote de l'axe acoustique du Projet National Terre (PNTERRRE) et également cotraitant et coordinateur du projet de R&D national CarAc'Terre (financé par Ademe et France 2030) aux cotés du CEREMA, du CSTB , de l'université Gustave Eiffel et de la Confédération Nationale de la Construction en Terre Crue.



100	110	120	130	140	150	160	170	180	190	200	210	220	230	240	250	260	270	280	290	300	310	320	330	340	350	360	370	380	390	400	410	420	430	440	450	460	470	480	490	500	510	520	530	540	550	560	570	580	590	600	610	620	630	640	650	660	670	680	690	700	710	720	730	740	750	760	770	780	790	800	810	820	830	840	850	860	870	880	890	900	910	920	930	940	950	960	970	980	990	1000	1010	1020	1030	1040	1050	1060	1070	1080	1090	1100	1110	1120	1130	1140	1150	1160	1170	1180	1190	1200	1210	1220	1230	1240	1250	1260	1270	1280	1290	1300	1310	1320	1330	1340	1350	1360	1370	1380	1390	1400	1410	1420	1430	1440	1450	1460	1470	1480	1490	1500	1510	1520	1530	1540	1550	1560	1570	1580	1590	1600	1610	1620	1630	1640	1650	1660	1670	1680	1690	1700	1710	1720	1730	1740	1750	1760	1770	1780	1790	1800	1810	1820	1830	1840	1850	1860	1870	1880	1890	1900	1910	1920	1930	1940	1950	1960	1970	1980	1990	2000	2010	2020	2030	2040	2050	2060	2070	2080	2090	2100	2110	2120	2130	2140	2150	2160	2170	2180	2190	2200	2210	2220	2230	2240	2250	2260	2270	2280	2290	2300	2310	2320	2330	2340	2350	2360	2370	2380	2390	2400	2410	2420	2430	2440	2450	2460	2470	2480	2490	2500	2510	2520	2530	2540	2550	2560	2570	2580	2590	2600	2610	2620	2630	2640	2650	2660	2670	2680	2690	2700	2710	2720	2730	2740	2750	2760	2770	2780	2790	2800	2810	2820	2830	2840	2850	2860	2870	2880	2890	2900	2910	2920	2930	2940	2950	2960	2970	2980	2990	3000	3010	3020	3030	3040	3050	3060	3070	3080	3090	3100	3110	3120	3130	3140	3150	3160	3170	3180	3190	3200	3210	3220	3230	3240	3250	3260	3270	3280	3290	3300	3310	3320	3330	3340	3350	3360	3370	3380	3390	3400	3410	3420	3430	3440	3450	3460	3470	3480	3490	3500	3510	3520	3530	3540	3550	3560	3570	3580	3590	3600	3610	3620	3630	3640	3650	3660	3670	3680	3690	3700	3710	3720	3730	3740	3750	3760	3770	3780	3790	3800	3810	3820	3830	3840	3850	3860	3870	3880	3890	3900	3910	3920	3930	3940	3950	3960	3970	3980	3990	4000	4010	4020	4030	4040	4050	4060	4070	4080	4090	4100	4110	4120	4130	4140	4150	4160	4170	4180	4190	4200	4210	4220	4230	4240	4250	4260	4270	4280	4290	4300	4310	4320	4330	4340	4350	4360	4370	4380	4390	4400	4410	4420	4430	4440	4450	4460	4470	4480	4490	4500	4510	4520	4530	4540	4550	4560	4570	4580	4590	4600	4610	4620	4630	4640	4650	4660	4670	4680	4690	4700	4710	4720	4730	4740	4750	4760	4770	4780	4790	4800	4810	4820	4830	4840	4850	4860	4870	4880	4890	4900	4910	4920	4930	4940	4950	4960	4970	4980	4990	5000	5010	5020	5030	5040	5050	5060	5070	5080	5090	5100	5110	5120	5130	5140	5150	5160	5170	5180	5190	5200	5210	5220	5230	5240	5250	5260	5270	5280	5290	5300	5310	5320	5330	5340	5350	5360	5370	5380	5390	5400	5410	5420	5430	5440	5450	5460	5470	5480	5490	5500	5510	5520	5530	5540	5550	5560	5570	5580	5590	5600	5610	5620	5630	5640	5650	5660	5670	5680	5690	5700	5710	5720	5730	5740	5750	5760	5770	5780	5790	5800	5810	5820	5830	5840	5850	5860	5870	5880	5890	5900	5910	5920	5930	5940	5950	5960	5970	5980	5990	6000	6010	6020	6030	6040	6050	6060	6070	6080	6090	6100	6110	6120	6130	6140	6150	6160	6170	6180	6190	6200	6210	6220	6230	6240	6250	6260	6270	6280	6290	6300	6310	6320	6330	6340	6350	6360	6370	6380	6390	6400	6410	6420	6430	6440	6450	6460	6470	6480	6490	6500	6510	6520	6530	6540	6550	6560	6570	6580	6590	6600	6610	6620	6630	6640	6650	6660	6670	6680	6690	6700	6710	6720	6730	6740	6750	6760	6770	6780	6790	6800	6810	6820	6830	6840	6850	6860	6870	6880	6890	6900	6910	6920	6930	6940	6950	6960	6970	6980	6990	7000	7010	7020	7030	7040	7050	7060	7070	7080	7090	7100	7110	7120	7130	7140	7150	7160	7170	7180	7190	7200	7210	7220	7230	7240	7250	7260	7270	7280	7290	7300	7310	7320	7330	7340	7350	7360	7370	7380	7390	7400	7410	7420	7430	7440	7450	7460	7470	7480	7490	7500	7510	7520	7530	7540	7550	7560	7570	7580	7590	7600	7610	7620	7630	7640	7650	7660	7670	7680	7690	7700	7710	7720	7730	7740	7750	7760	7770	7780	7790	7800	7810	7820	7830	7840	7850	7860	7870	7880	7890	7900	7910	7920	7930	7940	7950	7960	7970	7980	7990	8000	8010	8020	8030	8040	8050	8060	8070	8080	8090	8100	8110	8120	8130	8140	8150	8160	8170	8180	8190	8200	8210	8220	8230	8240	8250	8260	8270	8280	8290	8300	8310	8320	8330	8340	8350	8360	8370	8380	8390	8400	8410	8420	8430	8440	8450	8460	8470	8480	8490	8500	8510	8520	8530	8540	8550	8560	8570	8580	8590	8600	8610	8620	8630	8640	8650	8660	8670	8680	8690	8700	8710	8720	8730	8740	8750	8760	8770	8780	8790	8800	8810	8820	8830	8840	8850	8860	8870	8880	8890	8900	8910	8920	8930	8940	8950	8960	8970	8980	8990	9000	9010	9020	9030	9040	9050	9060	9070	9080	9090	9100	9110	9120	9130	9140	9150	9160	9170	9180	9190	9200	9210	9220	9230	9240	9250	9260	9270	9280	9290	9300	9310	9320	9330	9340	9350	9360	9370	9380	9390	9400	9410	9420	9430	9440	9450	9460	9470	9480	9490	9500	9510	9520	9530	9540	9550	9560	9570	9580	9590	9600	9610	9620	9630	9640	9650	9660	9670	9680	9690	9700	9710	9720	9730	9740	9750	9760	9770	9780	9790	9800	9810	9820	9830	9840	9850	9860	9870	9880	9890	9900	9910	9920	9930	9940	9950	9960	9970	9980	9990	10000
-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	-------



Optimisation acoustique des parois, planchers et façades intégrant la terre crue.

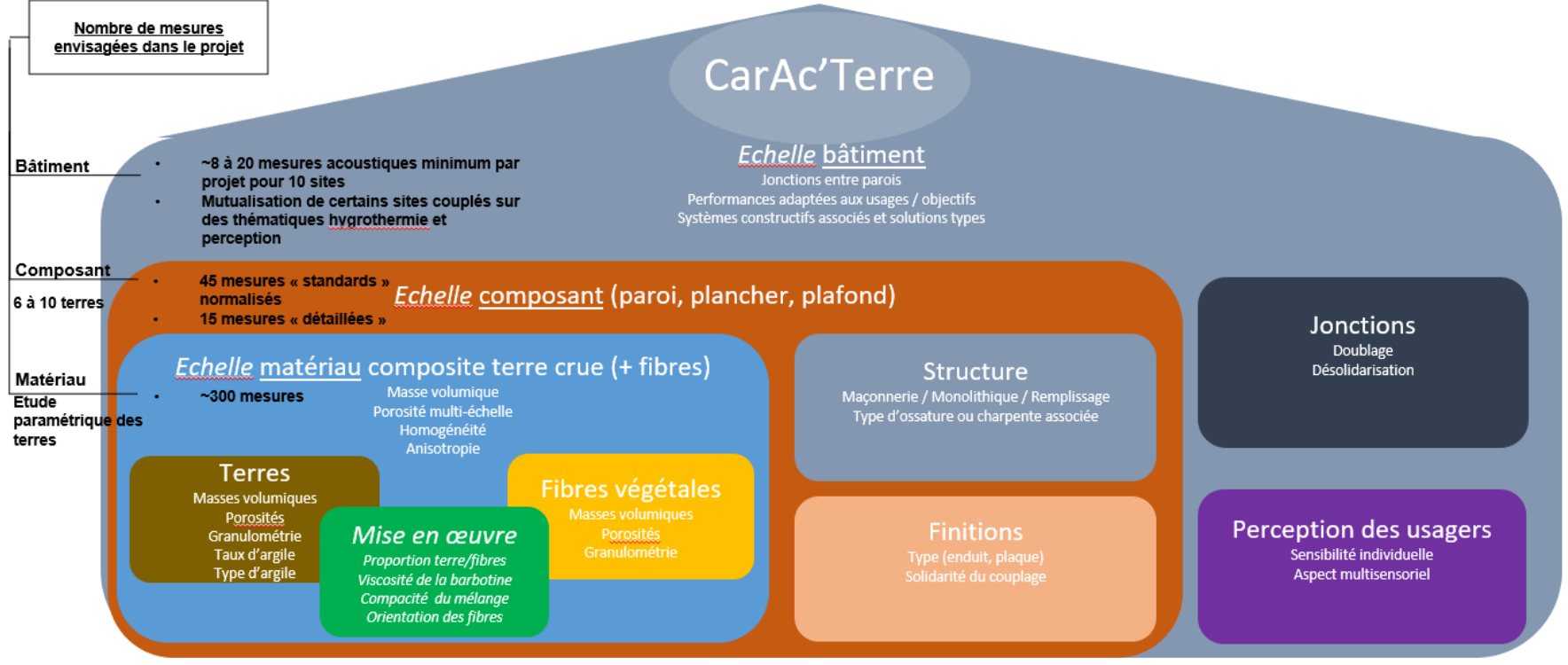
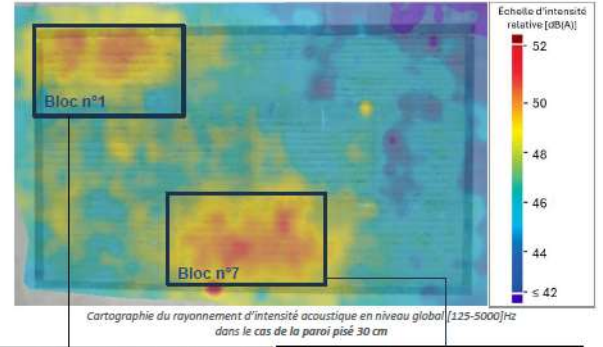


R&D - acoustique des constructions en terre crue : projet de R&D national CarAc'Terre



LASA est aujourd'hui co-pilote de l'axe acoustique du Projet National Terre (PNTERRE) et également cotraitant et coordinateur du projet de R&D national CarAc'Terre (financé par Ademe et France 2030) aux cotés du CEREMA, du CSTB, de l'université Gustave Eiffel et de la CCTC. Objectif du projet : de nombreuses mesures acoustiques en laboratoire et sur site et des modélisations pour mieux connaître, comprendre, et pouvoir modéliser / anticiper correctement le comportement acoustique des différents types de parois et planchers en terre crue. Et ainsi pouvoir préconiser les bonnes parois pour les bons usages, avec les bons types de montages et de jonctions.

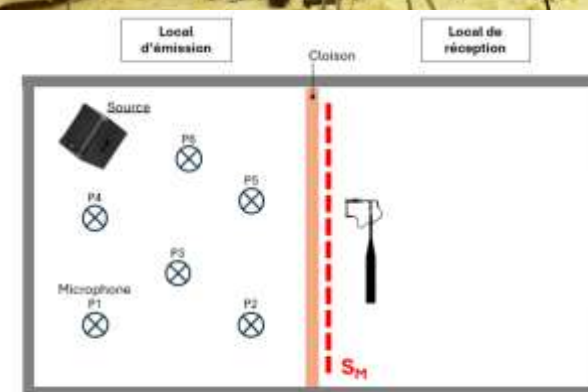
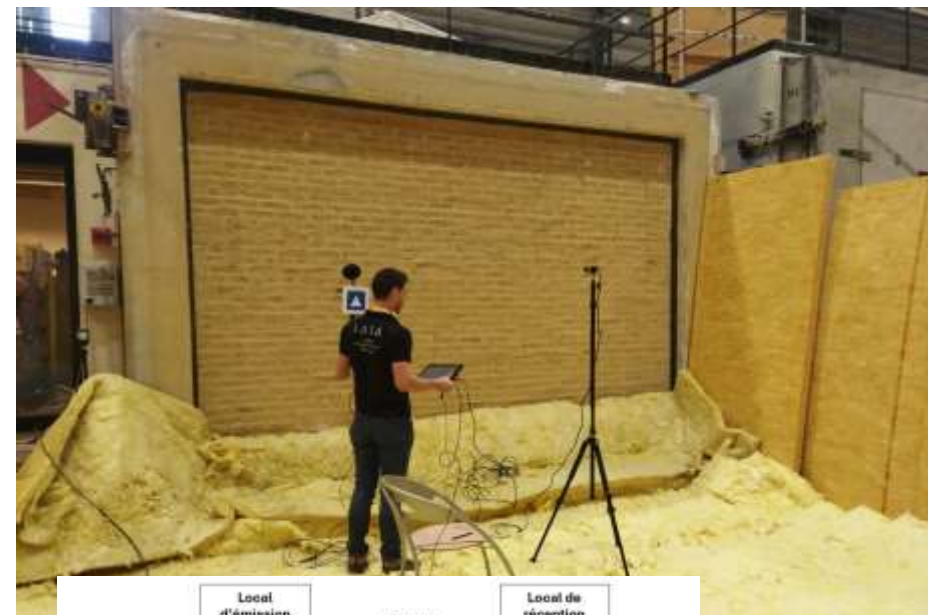
Nombre de mesures envisagées dans le projet



R&D - acoustique des constructions en terre crue : projet de R&D national CarAc'Terre



R&D - acoustique des constructions en terre crue : projet de R&D national CarAc'Terre



Cartographie de
l'intensimétrie

Mesures de l'affaiblissement acoustique R par intensimétrie

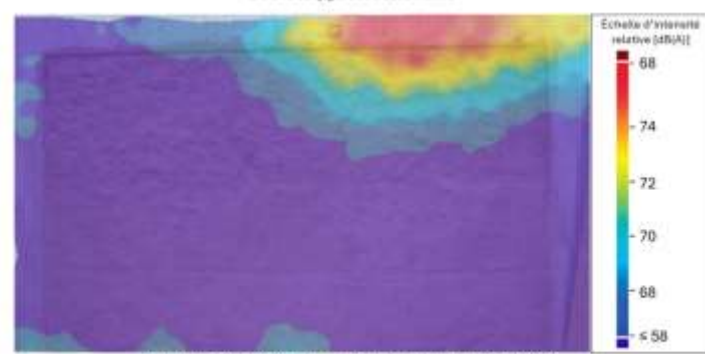
Analyse et qualification des performances des jonctions en périphérie : retraits au séchage, tassement des parois, traitements à la périphérie, ...



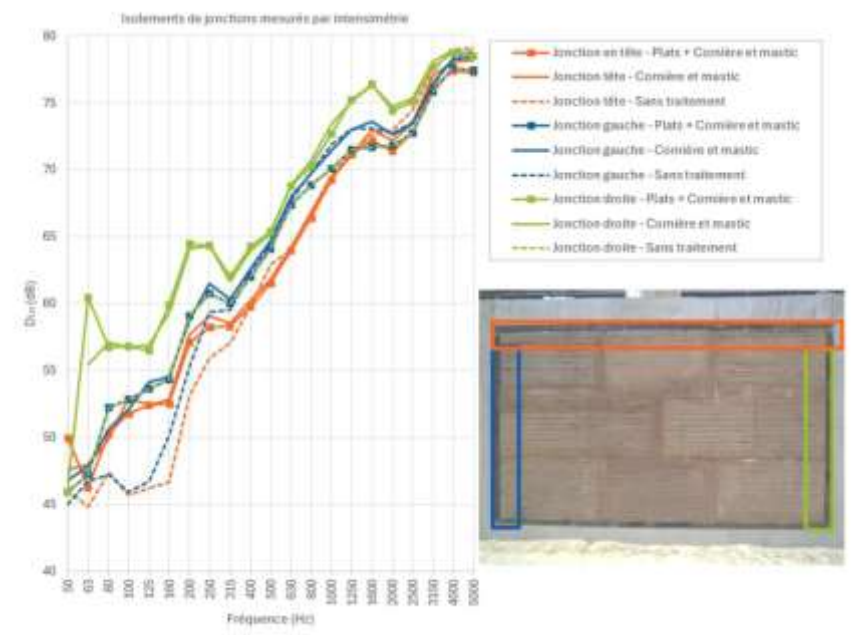
Retrait latéral en périphérie avec le cadre béton



Cartographie du rayonnement d'intensité acoustique en niveau global [50-1250]Hz dans la configuration sans mortier



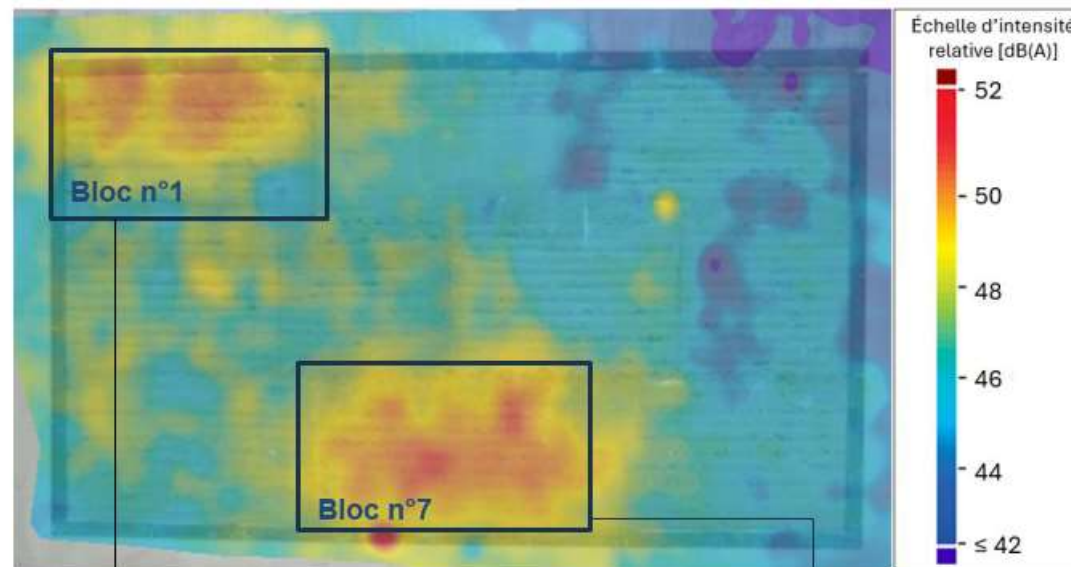
Cartographie de l'intensité acoustique en niveau global [50-1250]Hz dans la configuration avec mortier



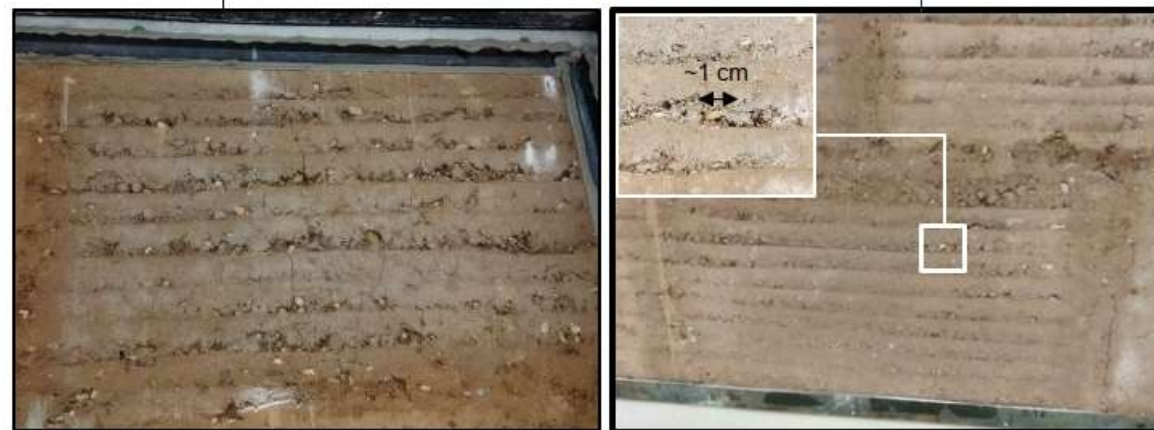
Isollements de jonction mesurés sur la paroi pisé de 30 cm

Évaluation des transmissions aux jonctions

R&D - acoustique des constructions en terre crue : projet de R&D national CarAc'Terre



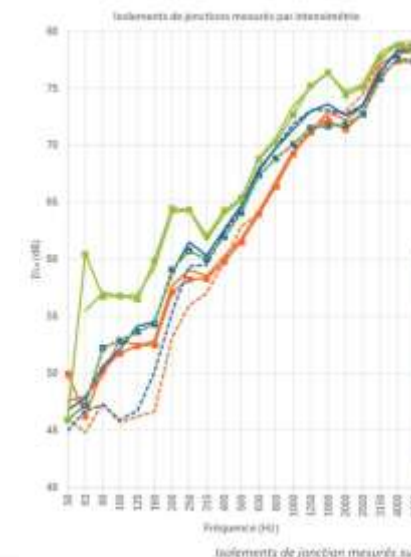
Cartographie du rayonnement d'intensité acoustique en niveau global [125-5000]Hz dans le cas de la paroi pisé 30 cm



Aspect de surface du bloc n°1 (gauche) et bloc n°7 (droite)

**Murs pisés
d'épaisseur
300 et 400 mm**

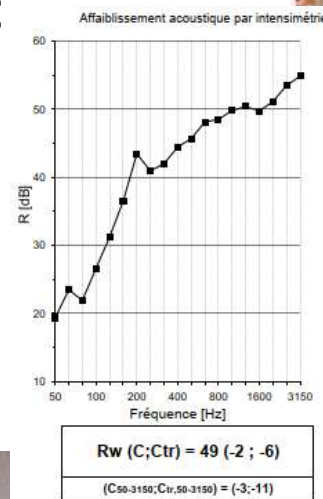
**Essais LASA
augmentés : mesures
intensimétriques**



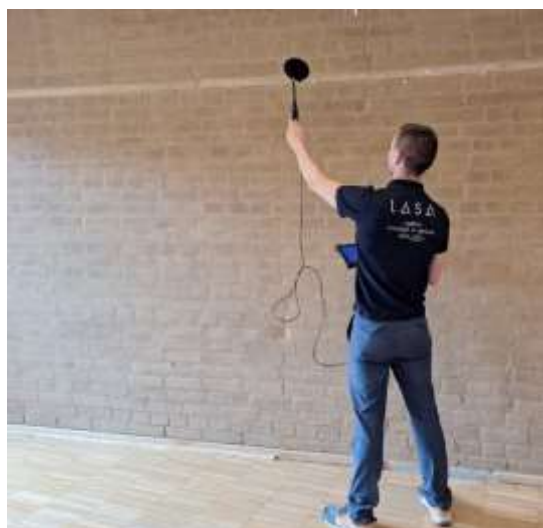
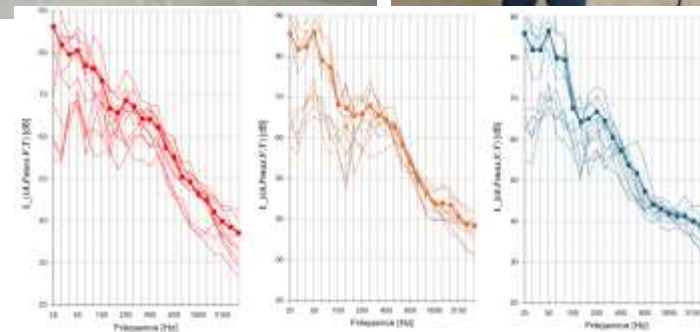
R&D - acoustique des constructions en terre crue : projet de R&D national CarAc'Terre

• Mesure des performances acoustiques in situ des systèmes constructifs terre crue :

- Isolation aux bruits aériens
- Niveaux bruits d'impact
- Réverbération
- Transmissions latérales



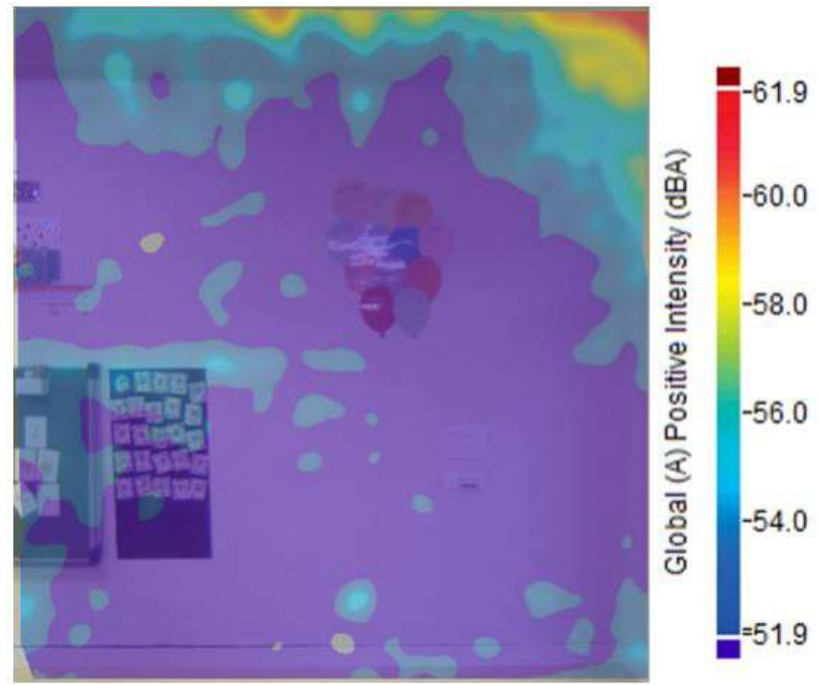
Mesures réalisées d'après la norme NF EN ISO 15188-2



R&D - acoustique des constructions en terre crue : projet de R&D national CarAc'Terre

- Mesures des affaiblissements R de parois *in situ*
- Visualisation des transmissions
 - Identification des voies de transmissions prépondérantes
 - Hétérogénéité des transmissions directes, transmissions parasites aux jonctions, ...

Rapports de mesures in situ :



↑
Différence de mise en œuvre en tête de paroi avec jonction bois-terre

← Faiblesse de la paroi en tête

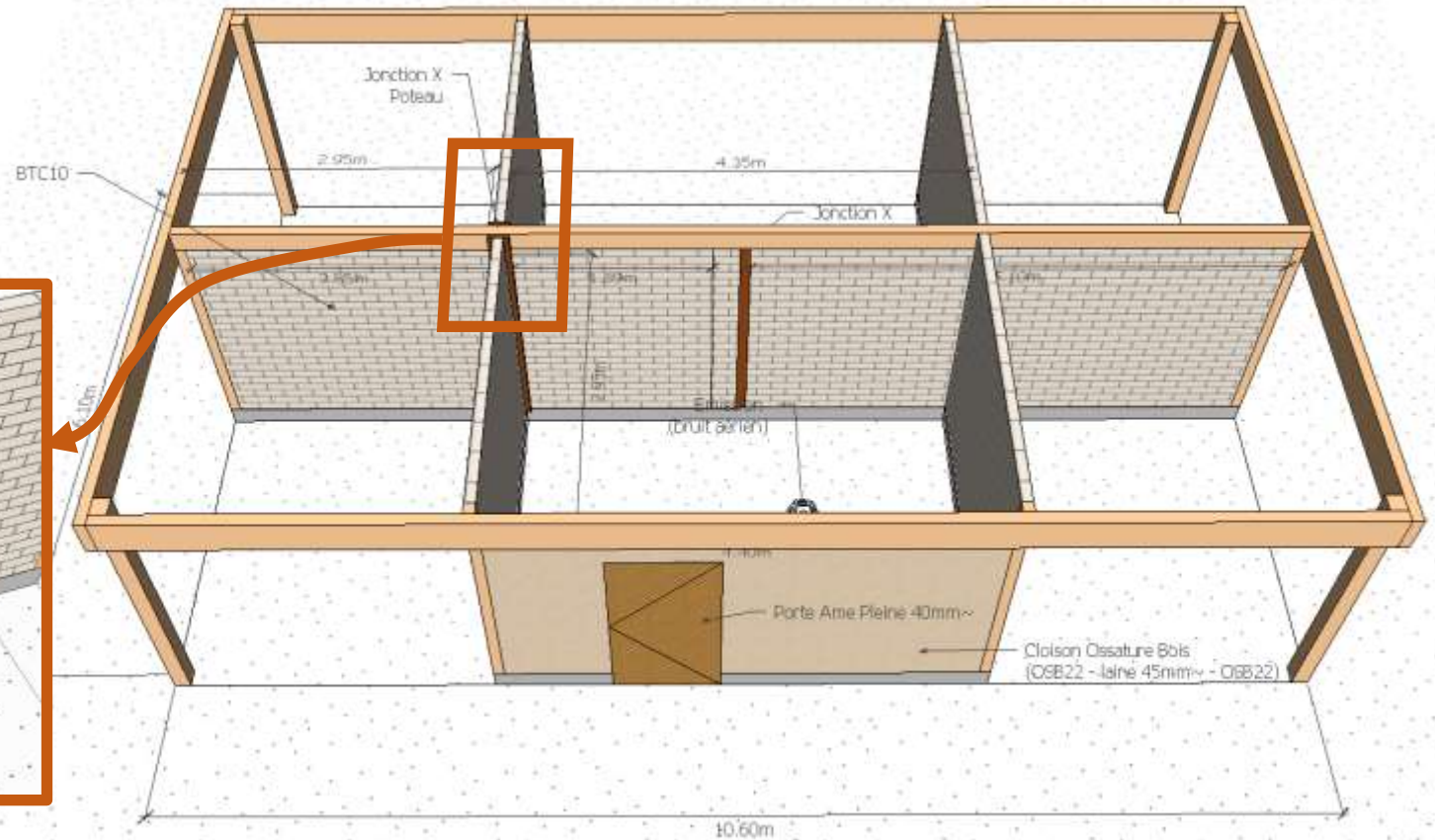
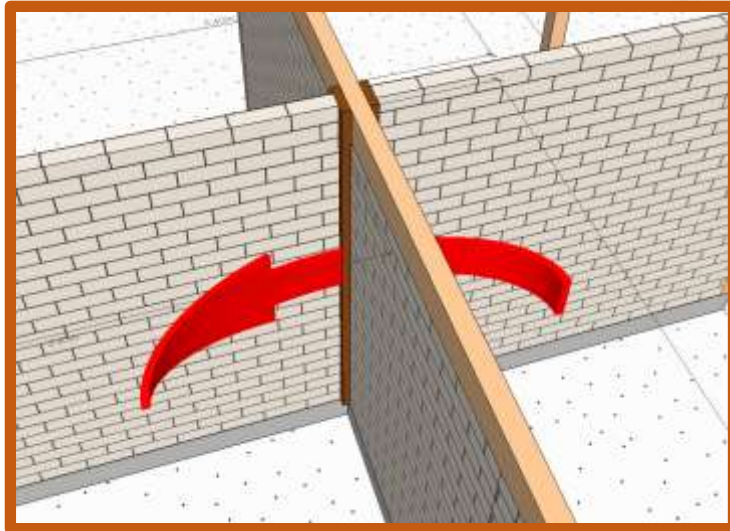
R&D - acoustique des constructions en terre crue : projet de R&D national CarAc'Terre

- Construction d'un bâtiment en **briques de terre crue** et structure bois sur prototype de bâtiment (maquette échelle 1) aux GAIA
- Caractérisation des transmissions latérales
caractérisation des **affaiblissements de jonctions** K_{ij} des jonctions en X et en T.

- Dimensions bâtiment : 10,60 x 6,10 x 2,80 m (compatible norme mesure Kij)
- Surface de murs BTC : env 55 m²



Les Grands
Ateliers



R&D - acoustique des constructions en terre crue : projet de R&D national CarAc'Terre

L'ingénierie
acoustique et vibratoire
depuis 1975



La maquette d'essais en cours de construction aux Grands Ateliers de l'Île d'Abeau



L'ingénierie
acoustique et vibratoire
depuis 1975



R&D - acoustique des constructions en terre crue : projet de R&D national CarAc'Terre



