



AFFAIRE CSTB N° AC20-00334

**ESTIMATION PAR CALCUL
DES PERFORMANCES ACOUSTIQUES
DE SYSTEMES D'OUVRANT DE
FAÇADE COUPLES**

Rapport final

Thibaut BLINET

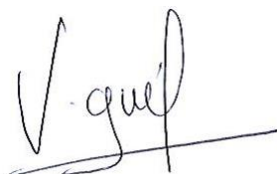
Demandeur de l'étude :

SOUCHIER BOULLET

11 Rue des Campanules

77185 LOGNES

Fait à Champs-sur-Marne, le 29 Juin 2021

Auteur	Approbation	Vérificateur
Thibaut BLINET 	Marie MAGNIN 	Véronique GUIF 

SOMMAIRE

1 - OBJET DE L'ETUDE	3
2 - PRESENTATION DE L'OUTIL ET DES SYSTEMES ETUDIES.....	3
2.1 - METHODE DE PREDICTION	3
2.2 - SYSTEMES ETUDIES.....	4
3 - SIMULATIONS DES PERFORMANCES ACOUSTIQUES.....	7
3.1 - DONNEES D'ENTREE	7
3.2 - VALIDATION DE LA METHODE : COMPARAISONS CALCUL/MESURE	8
3.3 - ESTIMATION DES PERFORMANCES ACOUSTIQUES DE DEUX APPAREILS DE DESENFUMAGE COUPLES	20
4 - CONCLUSION	24
ANNEXE 1 – PLANS DES APPAREILS DE DESENFUMAGE EN CONFIGURATIONS COUPLEES	26
ANNEXE 2 – DETAILS DES PERFORMANCES ACOUSTIQUES MESUREES ET CALCULEES PAR TIERS D'OCTAVE	27

1 - OBJET DE L'ETUDE

L'objectif de l'étude, à la demande de SOUCHIER BOULLET, est d'estimer par calculs les performances acoustiques (indice d'affaiblissement acoustique R) de systèmes d'appareil de désenfumage de façade couplés pour différentes distances d'espacement.

Dans une première partie, le logiciel de prédiction AcouSYS employé pour les simulations est présenté ainsi que son application pour le type de systèmes étudiés.

Dans une seconde partie, après avoir présenté les données d'entrée utilisées pour la réalisation des simulations, le logiciel est utilisé, dans un premier temps, pour simuler et comparer les performances acoustiques de systèmes testés en laboratoire indépendamment et en configurations couplées afin de valider la méthode employée pour la suite de l'étude. Dans un second temps, ces premiers résultats sont extrapolés par calculs afin d'estimer l'influence de la distance entre appareils sur les performances acoustiques pour des écartements allant de 200 à 400 mm.

Enfin, la troisième et dernière partie synthétise les résultats obtenus.

2 - PRESENTATION DE L'OUTIL ET DES SYSTEMES ETUDIES

2.1 - Méthode de prédiction

2.1.1 - Logiciel de prédiction AcouSYS

Le logiciel AcouSYS, développé par le CSTB, est couramment utilisé pour simuler l'indice d'affaiblissement acoustique, le coefficient d'absorption, le niveau de bruit de choc ou encore le niveau de bruit de pluie de composants du bâtiment évalués en laboratoire.

Ce logiciel de calcul acoustique de système multicouche tridimensionnel utilise une approche par onde pour des couches planes et infinies. Chaque couche est représentée par une matrice de transfert reliant les champs de déplacement et de contrainte à chaque interface de la couche. Les couches peuvent être de différents types : solide isotrope ou orthotrope, fluide, poreux, fluide équivalent, viscoélastique ou élément perforé.

Le logiciel permet également de considérer les conditions de montage entre chaque couche, c'est-à-dire en contact (collé : continuité des contraintes et des vitesses) ou non. La prise en compte des dimensions (latérales) finies du système est effectuée par une technique de fenêtrage spatial pour une excitation aérienne de type champ diffus.

2.1.2 - Méthodologie

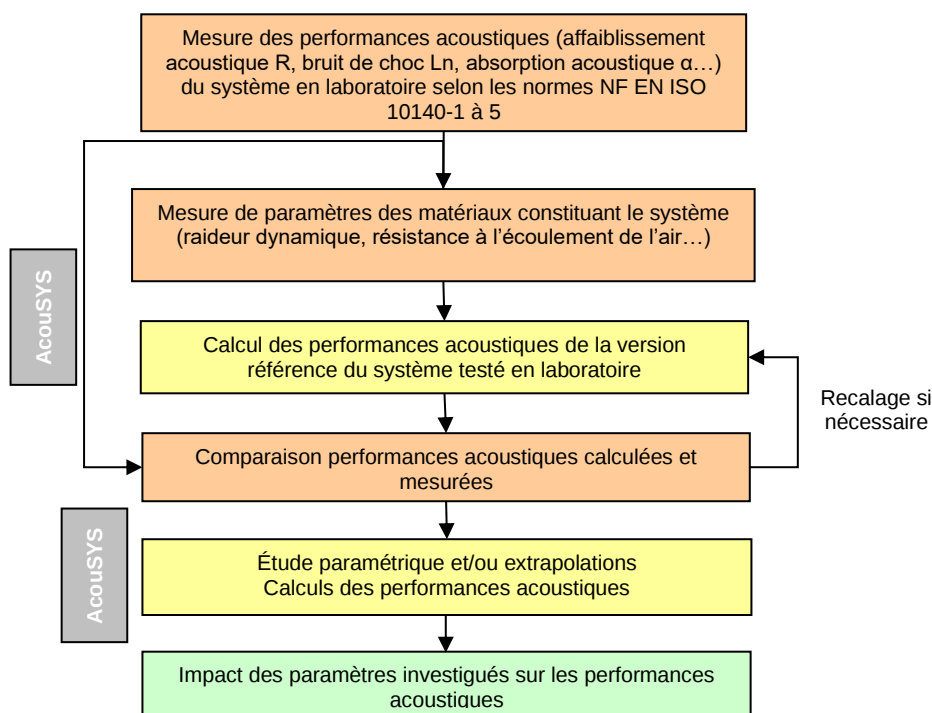


Figure 1 - Méthodologie de prédiction des performances acoustiques d'un système

Il est important de noter, que pour cette étude, aucun des matériaux constituant les systèmes étudiés n'ont été caractérisés. Des valeurs par défaut, ou fournies par SOUCHIER, ont été utilisées comme données d'entrée pour les simulations (cf. Tableau 2 et Tableau 3).

2.2 - Systèmes étudiés

2.2.1 - Appareils de désenfumage

Les systèmes étudiés sont des appareils de désenfumage mis en œuvre en façade de bâtiment permettant de réguler les flux de chaleur intérieurs.

Les appareils abordés dans cette étude sont de deux types :

- Appareil de désenfumage réf. LUXLAME F RPT à lames vitrées ;
- Appareil de désenfumage réf. OTF CPI de type opaque.

Le système LUXLAME F RPT, d'épaisseur totale 31,6 mm, est constitué d'un cadre dormant en aluminium et de quatre lames vitrées de composition 44.2A/10/66.2A, soit deux verres feuilletés d'épaisseurs respectives 8,8 mm (deux verres simples de 4 mm séparés de deux intercalaires type PVB acoustique) et 12,8 mm (deux verres simples de 6 mm séparés de deux intercalaires type PVB acoustique), espacés d'une lame d'argon de 10 mm.

Le système OTF (Ouvrant Télécommandé en Façade), d'épaisseur totale 59,5 mm, est constitué d'un cadre dormant en aluminium et d'un ouvrant composé des éléments de remplissage suivants :

- Une tôle en aluminium d'épaisseur 1,5 mm,
- Une masse bitumineuse réf. STICKSON (AKDEV) d'épaisseur 2,5 mm et de masse surfacique 3 kg/m²,
- Une mousse de polyuréthane réf. SOPROFOAM PU Agglo d'épaisseur 20 mm et de masse volumique 120 kg/m³,
- Une tôle en aluminium d'épaisseur 1,5 mm,
- Une masse bitumineuse réf. STICKSON (AKDEV) d'épaisseur 2,5 mm et de masse surfacique 3 kg/m²,
- Une mousse de polyuréthane réf. SOPROFOAM PU Agglo d'épaisseur 30 mm et de masse volumique 120 kg/m³,
- Une tôle en aluminium d'épaisseur 1,5 mm.

Les deux appareils ont pour dimensions 1600 x 1600 mm² et l'ouverture / fermeture (lames pour l'un et ouvrant pour l'autre) s'effectue à l'aide d'un dispositif électrique.

Lorsque les appareils sont couplés (cf. Plans en Annexe 1), les dénominations des éléments sont les suivantes :

- Deux systèmes LUXLAME F RPT couplés : Phonibaie_Luxlame F RPT OFE ;
- Systèmes LUXLAME F RPT et OTF CPI couplés : Phonibaie_Luxlame F RPT OFE_OTF OFBCE.

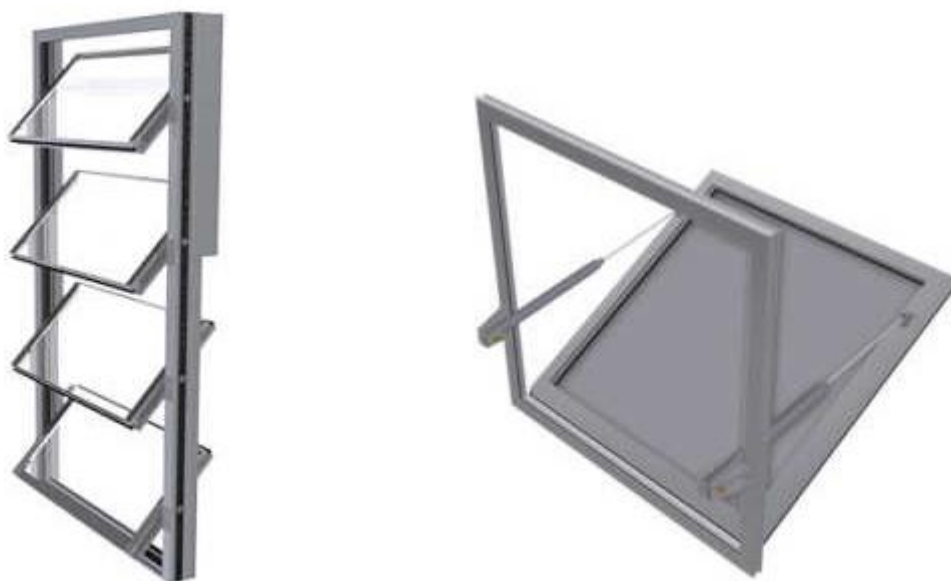


Figure 2 - Appareils de désenfumage LUXLAME F RPT et OTF CPI (source : www.souchier-boullet.com)

2.2.2 - Application au cas de systèmes d'ouvrant de façade

Sous AcouSYS, chaque épaisseur de produits constituant les systèmes étudiés est considérée comme une couche de matériau aux propriétés physiques, mécaniques associées à celui-ci (cf. [Tableau 2](#) et [Tableau 3](#)). Les deux systèmes de désenfumage sont donc modélisés individuellement comme un système à trois couches¹ (cas de l'appareil LUXLAME F RPT) et à sept couches (cas de l'appareil OTF CPI ; cf. exemple [Figure 3](#)). Toutes les couches sont considérées découplées entre elles, c'est-à-dire, sans contact les unes avec les autres.

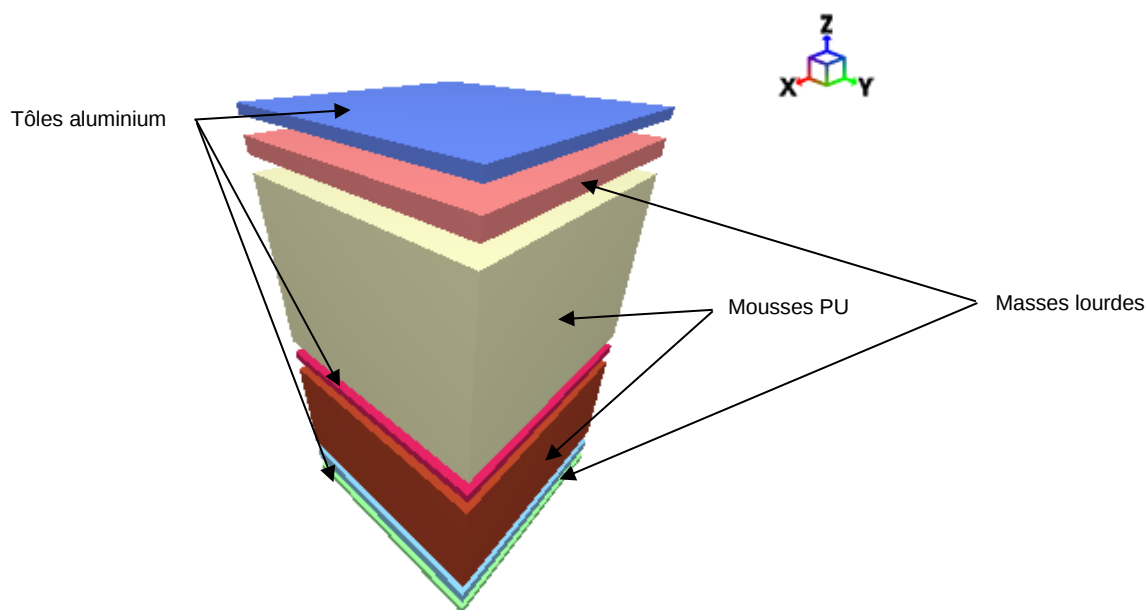


Figure 3 – Exemple de représentation simplifiée sous AcouSYS de la modélisation de l'appareil de désenfumage OTF CPI

Il est important de noter que le cadre périphérique de chaque système et les produits d'étanchéité, et donc les transmissions énergétiques via ces éléments, ne sont pas pris en compte par les calculs. De ce fait, les systèmes modélisés sont considérés comme n'ayant aucune perte énergétique périphérique (fuites, etc.), impactant généralement les hautes fréquences du spectre des performances acoustiques.

Enfin, un fenêtrage spatial de 1600 x 1600 mm² est appliqué lors des simulations afin de tenir compte des dimensions des maquettes passées en essai.

S'agissant de systèmes mis en œuvre en façade de bâtiment, la performance acoustique à prendre en considération est un isolement vis-à-vis du bruit provenant de l'extérieur, soit l'indice d'affaiblissement acoustique $R_w + C_{tr}$ ($= R_{A, tr}$).

¹ Les verres feuilletés sont également modélisés comme un élément équivalent représentatif de deux verres simples séparés par les intercalaires en PVB acoustique.

2.2.3 - Configurations étudiées

Les configurations étudiées sont présentées [Tableau 1](#).

Tableau 1 - Cas étudiés

Configuration d'appareillage			Dimensions (mm)	Simulation
Appareil 1	Espace (mm)	Appareil 2		
OTF CPI	/	/	1 600 x 1 600	Comparaison calcul/mesure (cf. Rapport d'essais du CSTB n° AC07-26007783)
LUXLAME F RPT (vitrage 44.2A/10/66.2A)	/	/		Comparaison calcul/mesure (cf. Rapport d'essais du CSTB n° AC20-00334)
LUXLAME F RPT (vitrage 44.2A/10/66.2A)	188	OTF CPI		
LUXLAME F RPT (vitrage 44.2A/10/66.2A)	240	OTF CPI		
LUXLAME F RPT (vitrage 44.2A/10/66.2A)	200 à 400 (par pas de 50)	OTF CPI		Estimation des performances acoustiques
LUXLAME F RPT (vitrage 44.2A/10/66.2A)	188	LUXLAME F RPT (vitrage 44.2A/10/66.2A)		Comparaison calcul/mesure (cf. Rapport d'essais du CSTB n° AC20-00334)
LUXLAME F RPT (vitrage 44.2A/10/66.2A)	240	LUXLAME F RPT (vitrage 44.2A/10/66.2A)		
LUXLAME F RPT (vitrage 44.2A/10/66.2A)	200 à 400 (par pas de 50)	LUXLAME F RPT (vitrage 44.2A/10/66.2A)		Estimation des performances acoustiques

3 - SIMULATIONS DES PERFORMANCES ACOUSTIQUES

L'ensemble des résultats présentés dans cette section est détaillé par tiers d'octave en Annexe 2.

3.1 - Données d'entrée

Les paramètres utilisés comme données d'entrée pour les simulations sont synthétisés [Tableau 2](#) et [Tableau 3](#).

Tableau 2 – Données d'entrée utilisés pour les simulations réalisées sur l'appareil LUXLAME F RPT

Type de couche	Epaisseur (mm)	Densité ρ (kg/m³)	Coef. Poisson ν (-)	Module de Young E (MPa)	Facteur de pertes η (%)
Verre feuilleté 44.2A *	8,76	2 374	0,22	Fonction de la fréquence	
Lame d'argon	10	1,79	/		
Verre feuilleté 66.2A *	12,76	2 414	0,22	Fonction de la fréquence	

* Couche homogénéisée équivalente

Tableau 3 – Données d'entrée utilisés pour les simulations réalisées sur l'appareil OTF CPI

Type de couche	Epaisseur (mm)	Densité ρ (kg/m ³)	Coef. Poisson ν (—)	Module de Young E (MPa)	Facteur de pertes η (%)
Tôle aluminium	1,5	2 700	0,33	71 000	1
Masse lourde	2,5	1 200	0,4	100	10
Mousse PU	20 30	120	0,2	0,124	20

3.2 - Validation de la méthode : Comparaisons calcul/mesure

Dans cette section, les performances acoustiques des systèmes mesurés en laboratoire sont comparées aux résultats issus de calcul afin de valider l'approche et la méthode utilisées pour la suite de l'étude.

3.2.1 - Appareil de désenfumage LUXLAME F RPT (vitrage 44.2A/10/66.2A) seul

L'appareil de désenfumage LUXLAME F RPT (vitrage 44.2A/10/66.2A) a été mesuré en laboratoire en dimensions 1600 x 1600 mm². Les résultats utilisés pour la comparaison étant issus d'une mesure dont l'étanchéité périphérique a été traitée avec du scotch, l'essai n'est pas intégré au rapport d'essais (cf. dossier du CSTB n° AC20-00334).

Les courbes illustrées [Figure 4](#) présentent une comparaison calcul/mesure de l'indice d'affaiblissement acoustique R obtenu sur l'appareil de désenfumage LUXLAME F RPT (vitrage 44.2A/10/66.2A) et le [Tableau 4](#) résume les indices uniques de performances acoustiques associées.

D'après la comparaison calcul/mesure, la corrélation est relativement satisfaisante. Les performances acoustiques sont surestimées par la simulation en hautes fréquences (dus, entre autres, aux éléments périphériques qui ne sont pas pris en compte) mais ces écarts n'impactent pas les indices de performance globale $R_w + C_{tr}$ calculé et mesuré à 39 dB dans les deux cas.

De même, la différence observée en basses fréquences sont principalement dues aux comportements modaux du panneau mesuré qui ne sont également pas pris en compte par la TMM.

Ces deux remarques seront valables pour toutes les simulations réalisées et présentées dans la suite de l'étude.

Tableau 4 - Performances acoustiques estimées et mesurées sur l'appareil de désenfumage LUXLAME F RPT (vitrage 44.2A/10/66.2A)

Configuration		R_w (C ; C_{tr}) [dB]	R_w [dB]	$R_w + C$ [dB]	$R_w + C_{tr}$ [dB]
Appareil de désenfumage LUXLAME F RPT (vitrage 44.2A/10/66.2A)	Calcul	45 (-2 ; -6)	45	43	39
	Mesure	44 (-1 ; -5)	44	43	39

Systèmes :

Label	Système
■	Vitrage 44.2s(10)66.2s - Indice d'affaiblissement acoustique
■	LUXLAME F RPT (44.2s(10)66.2s) - Essai

■	$R_w (C; C_{tr}) = 45 (-2; -6) \text{ dB}$ STC = 44 dB
■	$R_w (C; C_{tr}) = 44 (-1; -5) \text{ dB}$ STC = 44 dB

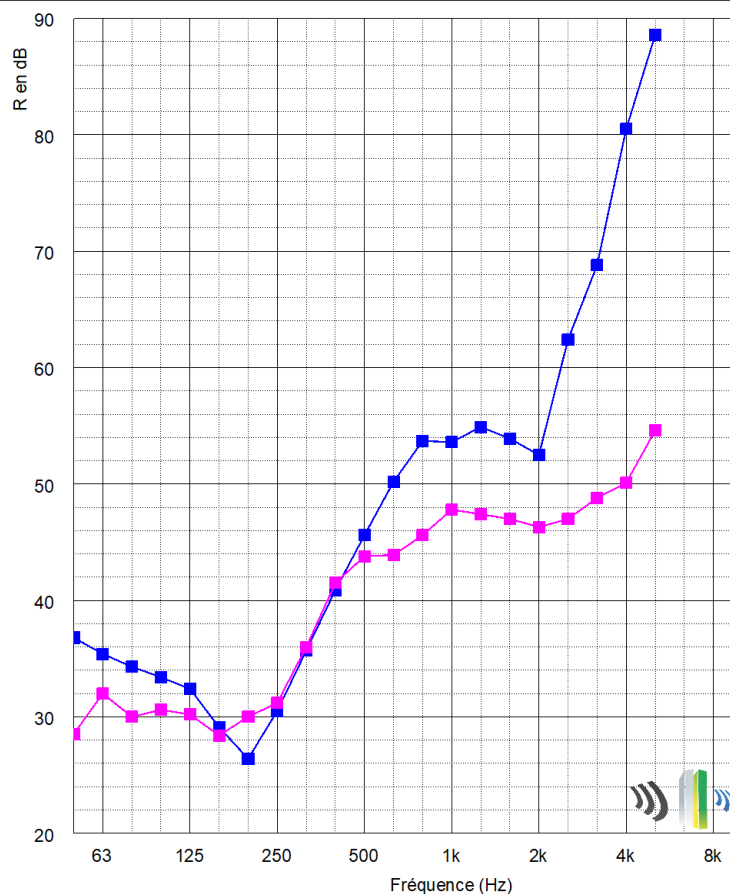


Figure 4 – Comparaison calcul/mesure de l'indice d'affaiblissement acoustique R sur l'appareil de désenfumage LUXLAME F RPT (vitrage 44.2A/10/66.2A)

3.2.2 - Appareil de désenfumage OTF CPI seul

L'appareil de désenfumage OTF CPI a été mesuré en laboratoire en dimensions 1600 x 1600 mm² (cf. Rapport d'essais du CSTB n° AC07-26007783). Les courbes illustrées [Figure 5](#) présentent une comparaison calcul/mesure de l'indice d'affaiblissement acoustique R obtenu sur l'appareil de désenfumage OTF CPI et le [Tableau 5](#) résume les indices uniques de performances acoustiques associées.

Encore une fois, les performances acoustiques sont surestimées en hautes fréquences par la simulation mais ces écarts n'impactent pas les indices de performance globale R_w+C_{tr} calculé et mesuré à 36 dB dans les deux cas.

Tableau 5 - Performances acoustiques estimées et mesurées sur l'appareil de désenfumage OTF CPI

Configuration		$R_w (C; C_{tr})$ [dB]	R_w [dB]	R_w+C [dB]	R_w+C_{tr} [dB]
Appareil de désenfumage OTF CPI	Calcul	44 (-3 ; -8)	44	41	36
	Mesure	43 (-2 ; -7)	43	41	36

Systèmes :

Label	Système
■	OTF CPI - Indice d'affaiblissement acoustique
■	OTF CPI - Essai

■	$R_w (C; C_{tr}) = 44 (-3; -8) \text{ dB}$ STC = 45 dB
■	$R_w (C; C_{tr}) = 43 (-2; -7) \text{ dB}$ STC = 43 dB

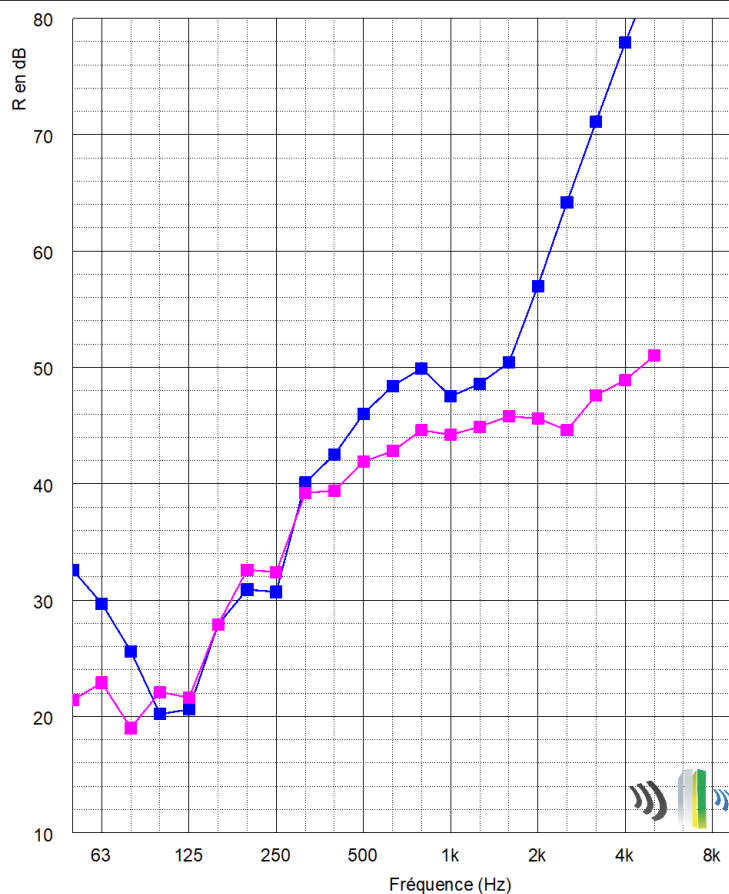


Figure 5 – Comparaison calcul/mesure de l'indice d'affaiblissement acoustique R sur l'appareil de désenfumage OTF CPI

3.2.3 - Appareils de désenfumage LUXLAME F RPT (vitrage 44.2A/10/66.2A) + OTF CPI (Espaces de 188 mm)

Les appareils de désenfumage LUXLAME F RPT (vitrage 44.2A/10/66.2A) et OTF CPI ont été mesurés en laboratoire, espacés de 188 mm, avec une fermeture électrique, en dimensions 1600 x 1600 mm² (cf. Rapport d'essais du CSTB n° AC20-00334). Les courbes illustrées [Figure 6](#) présentent une comparaison calcul/mesure de l'indice d'affaiblissement acoustique R obtenu sur le couplage de ces deux appareils et le [Tableau 6](#) résume les indices uniques de performances acoustiques associées.

Dans ce cas-là, la corrélation entre le calcul et la mesure n'est pas très satisfaisante, tant d'un point de vue comportemental qu'indiciel. Les indices de performance globale R_w+C_{tr} calculé et mesuré montre une différence de 4 dB en faveur de la simulation.

Tableau 6 - Performances acoustiques estimées et mesurées sur les appareils de désenfumage LUXLAME F RPT (vitrage 44.2A/10/66.2A) + OTF CPI (Espace de 188 mm)

Configuration		$R_w (C; C_{tr})$ [dB]	R_w [dB]	R_w+C [dB]	R_w+C_{tr} [dB]
Appareils de désenfumage LUXLAME F RPT (vitrage 44.2A/10/66.2A) + espace de 188 mm + OTF CPI	Calcul	60 (-2 ; -7)	60	58	53
	Mesure	56 (-2 ; -7)	56	54	49

Systèmes :

Label	Système
■	LUXLAME F RPT + 188 + OTF CPI - Indice d'affaiblissement acoustique
■	LUXLAME F RPT + 188 + OTF CPI - Essai

■	$R_w (C;C_{tr}) = 60 (-2;-7) \text{ dB}$ STC = 61 dB
■	$R_w (C;C_{tr}) = 56 (-2;-7) \text{ dB}$ STC = 56 dB

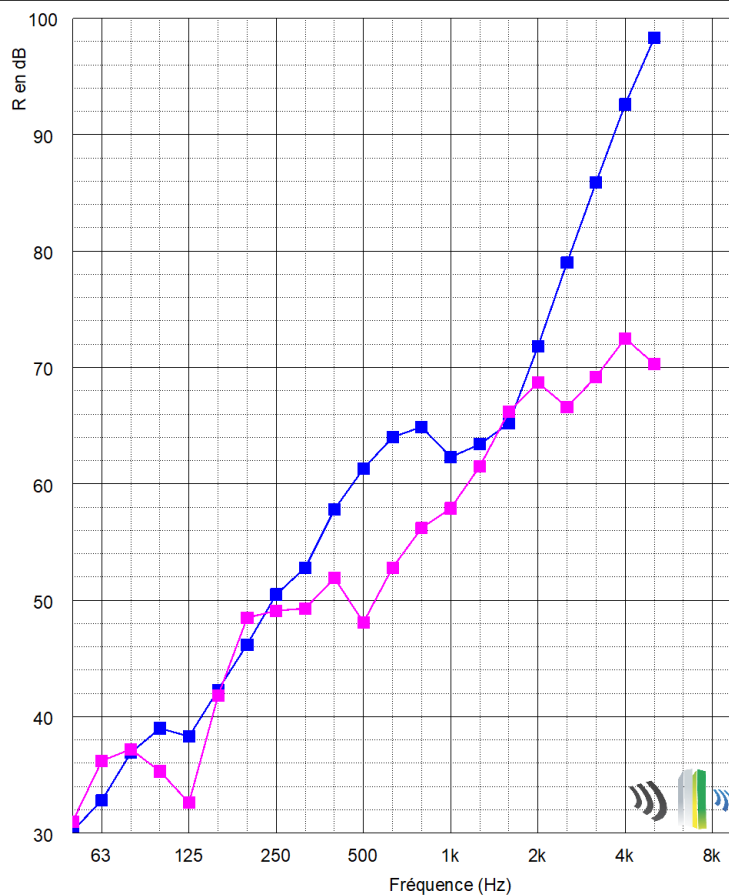


Figure 6 – Comparaison calcul/mesure de l'indice d'affaiblissement acoustique R sur les appareils de désenfumage LUXLAME F RPT (vitrage 44.2A/10/66.2A) et OTF CPI (Espace de 188 mm)

3.2.4 - Appareils de désenfumage LUXLAME F RPT (vitrage 44.2A/10/66.2A) + OTF CPI (Espaces de 240 mm)

Les appareils de désenfumage LUXLAME F RPT (vitrage 44.2A/10/66.2A) et OTF CPI ont été mesurés en laboratoire, espacés de 240 mm, avec une fermeture électrique, en dimensions 1600 x 1600 mm² (cf. Rapport d'essais du CSTB n° AC20-00334). Les courbes illustrées [Figure 7](#) présentent une comparaison calcul/mesure de l'indice d'affaiblissement acoustique R obtenu sur le couplage de ces deux appareils et le [Tableau 7](#) résume les indices uniques de performances acoustiques associées.

Contrairement au cas étudié précédemment, la corrélation calcul/mesure est cette fois-ci plus satisfaisante. Les indices de performance globale R_w+C_{tr} calculé et mesuré sont identiques, soit 54 dB.

Si ces résultats sont comparés au cas précédent, l'augmentation de l'espace de 50 mm entre les deux appareils (passage d'un espace de 188 mm à 240 mm) montre une amélioration de la performance acoustique R_w+C_{tr} de 2 dB en calcul, et de 5 dB à l'essai. Or ce dernier gain semble fortement surévalué, ce qui amènerait à penser que les performances mesurées avec l'espace de 188 mm entre les deux appareils aient été pénalisées par un problème de mise en œuvre ou une mauvaise étanchéité des appareils.

Tableau 7 - Performances acoustiques estimées et mesurées sur les appareils de désenfumage LUXLAME F RPT (vitrage 44.2A/10/66.2A) + OTF CPI (Espace de 240 mm)

Configuration		$R_w (C; C_{tr})$ [dB]	R_w [dB]	R_w+C [dB]	R_w+C_{tr} [dB]
Appareils de désenfumage LUXLAME F RPT (vitrage 44.2A/10/66.2A) + espace de 240 mm + OTF CPI	Calcul	62 (-2 ; -8)	62	60	54
	Mesure	60 (-2 ; -6)	60	58	54

Systèmes :

Label	Système
■	LUXLAME F RPT + 240 + OTF CPI - Indice d'affaiblissement acoustique
■	LUXLAME F RPT + 240 + OTF CPI - Essai

■	$R_w (C; C_{tr}) = 62 (-2; -8) \text{ dB}$ STC = 63 dB
■	$R_w (C; C_{tr}) = 60 (-2; -6) \text{ dB}$ STC = 60 dB

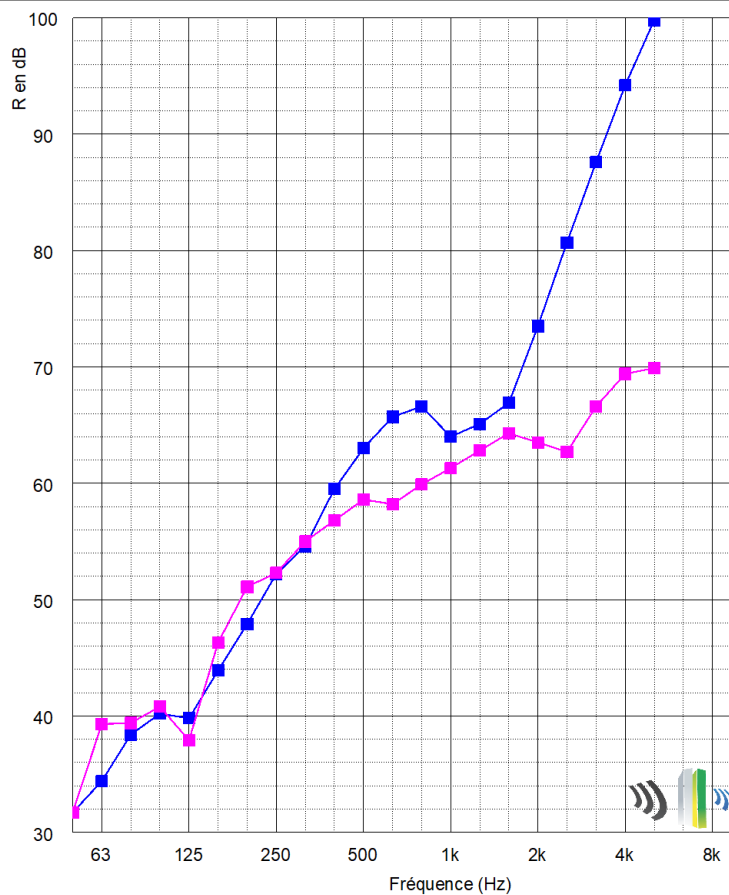


Figure 7 – Comparaison calcul/mesure de l'indice d'affaiblissement acoustique R sur les appareils de désenfumage LUXLAME F RPT (vitrage 44.2A/10/66.2A) et OTF CPI (Espace de 240 mm)

3.2.5 - Appareils de désenfumage doubles LUXLAME F RPT (Espaces de 188 mm)

Les deux appareils de désenfumage LUXLAME F RPT ont été mesurés en laboratoire, espacés de 188 mm, avec une fermeture électrique, en dimensions 1600 x 1600 mm² (cf. Rapport d'essais du CSTB n° AC20-00334). Les courbes illustrées Figure 8 présentent une comparaison calcul/mesure de l'indice d'affaiblissement acoustique R obtenu sur le couplage de ces deux appareils et le Tableau 8 résume les indices uniques de performances acoustiques associées.

La corrélation calcul/mesure est relativement satisfaisante et les indices de performance globale R_w+C_{tr} calculé et mesuré sont identiques, soit 56 dB.

Tableau 8 - Performances acoustiques estimées et mesurées sur les appareils de désenfumage doubles LUXLAME F RPT (vitrage 44.2A/10/66.2A) (Espace de 188 mm)

Configuration		$R_w (C; C_{tr})$ [dB]	R_w [dB]	R_w+C [dB]	R_w+C_{tr} [dB]
Appareils de désenfumage doubles LUXLAME F RPT (espacés de 188 mm)	Calcul	63 (-2 ; -7)	63	61	56
	Mesure	61 (-1 ; -5)	61	60	56

Systèmes :

Label	Système
■	LUXLAME F RPT + 188 + LUXLAME F RPT - Indice d'affaiblissement acoustique
■	LUXLAME F RPT + 188 + LUXLAME F RPT - Essai

■	$R_w (C; C_{tr}) = 63 (-2; -7) \text{ dB}$ STC = 64 dB
■	$R_w (C; C_{tr}) = 61 (-1; -5) \text{ dB}$ STC = 61 dB

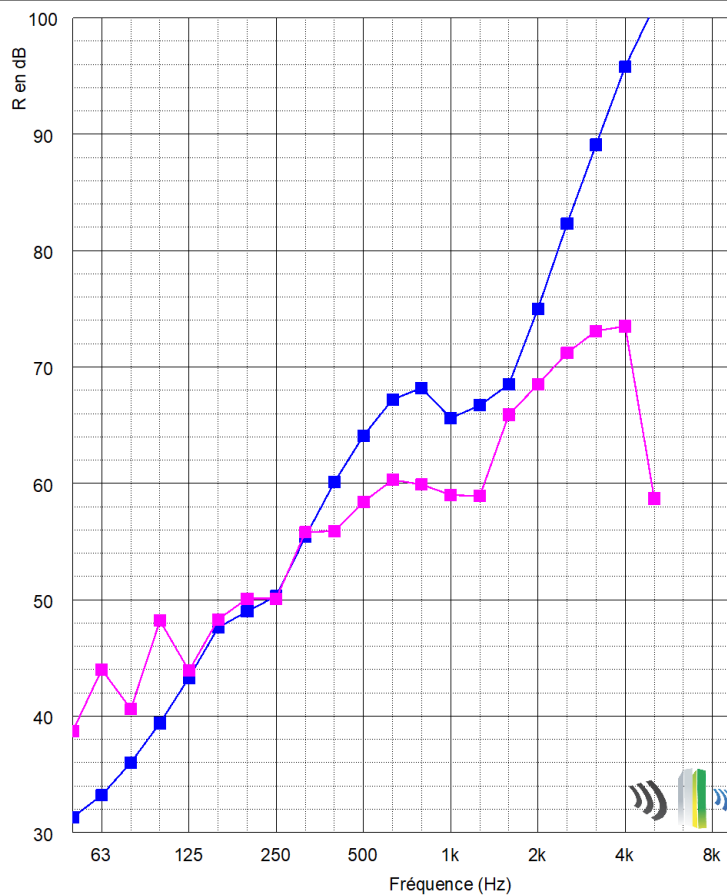


Figure 8 – Comparaison calcul/mesure de l'indice d'affaiblissement acoustique R sur les appareils de désenfumage doubles LUXLAME F RPT (Espace de 188 mm)

3.2.6 - Appareils de désenfumage doubles LUXLAME F RPT (Espaces de 240 mm)

Les deux appareils de désenfumage LUXLAME F RPT ont été mesurés en laboratoire, espacés de 240 mm, avec une fermeture électrique, en dimensions 1600 x 1600 mm² (cf. Rapport d'essais du CSTB n° AC20-00334). Les courbes illustrées Figure 9 présentent une comparaison calcul/mesure de l'indice d'affaiblissement acoustique R obtenu sur le couplage de ces deux appareils et le Tableau 9 résume les indices uniques de performances acoustiques associées.

Encore une fois, la corrélation calcul/mesure est relativement satisfaisante et les indices de performance globale R_w+C_{tr} calculé et mesuré sont identiques, soit 57 dB.

Si ces résultats sont comparés au cas précédent, l'augmentation de l'espace de 50 mm entre les deux appareils (passage d'un espace de 188 mm à 240 mm) montre une amélioration de la performance acoustique R_w+C_{tr} de 1 dB en calcul et à l'essai, ce qui semble plus réaliste que les configurations avec les appareils LUXLAME F RPT et OTF CPI couplés.

Tableau 9 - Performances acoustiques estimées et mesurées sur les appareils de désenfumage doubles LUXLAME F RPT (vitrage 44.2A/10/66.2A) (Espace de 240 mm)

Configuration		$R_w (C; C_{tr})$ [dB]	R_w [dB]	R_w+C [dB]	R_w+C_{tr} [dB]
Appareils de désenfumage doubles LUXLAME F RPT (espacés de 240 mm)	Calcul	65 (-2 ; -8)	65	63	57
	Mesure	61 (-1 ; -4)	61	60	57

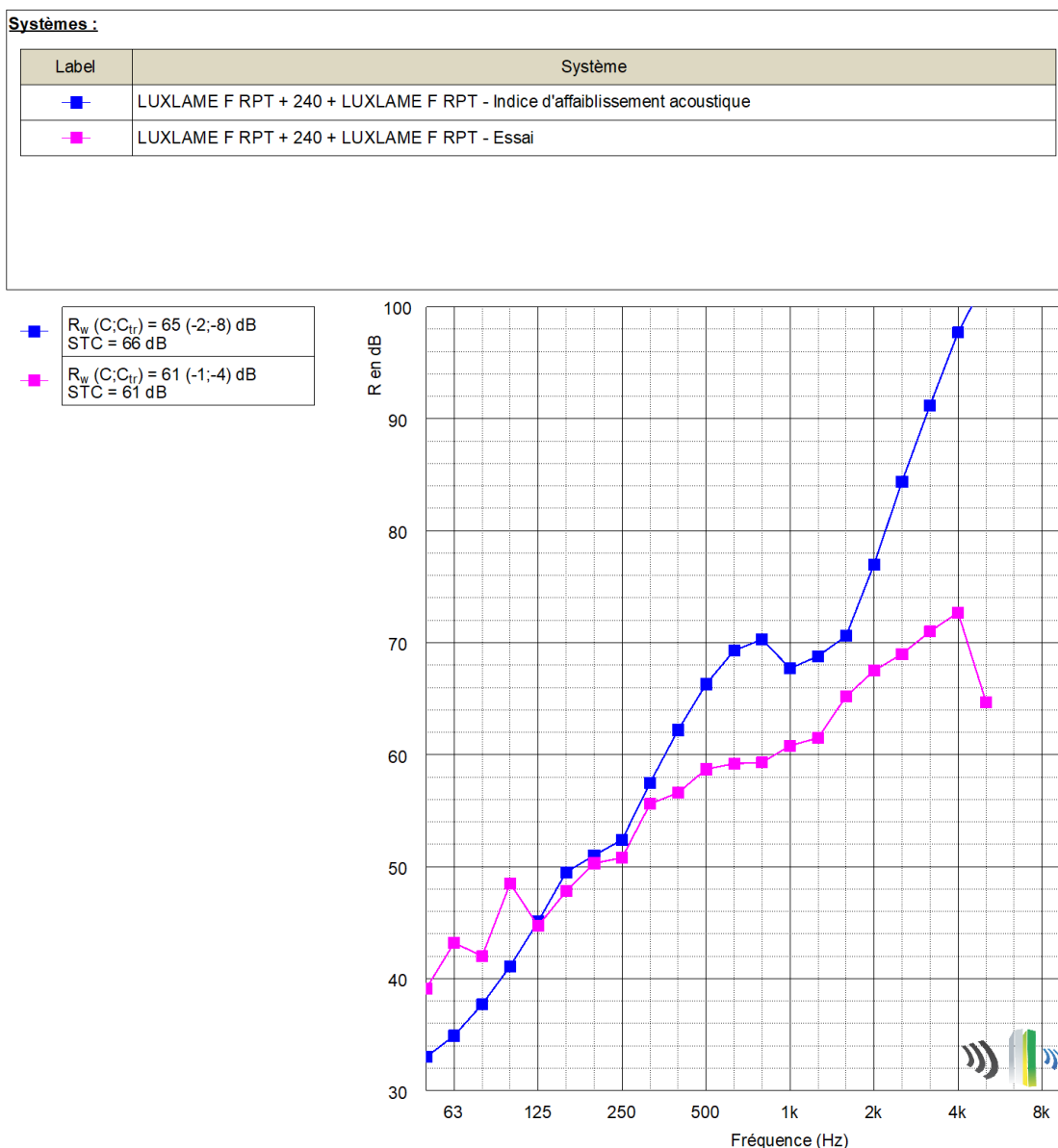


Figure 9 – Comparaison calcul/mesure de l'indice d'affaiblissement acoustique R sur les appareils de désenfumage doubles LUXLAME F RPT (Espace de 240 mm)

3.2.7 - Synthèse des comparaisons calcul/mesure

Dans l'ensemble, les comparaisons calcul/mesure obtenues ont montré de bonnes corrélations, tant d'un point de vue comportemental qu'indiciel. A noter, cependant, que la configuration concernant le couplage des appareils LUXLAME F RPT et OTF CPI, espacés de 188 mm, n'a pas donné satisfaction, due à la présence d'éventuelles fuites lors de l'essai qui engendreraient une dégradation des performances mesurées.

Au vu de ces premiers résultats, il semblerait que l'augmentation de l'espace de 50 mm entre deux appareils entrainerait une amélioration des performances acoustiques de 1 dB. Cette observation sera étudiée et validée par la suite.

3.3 - Estimation des performances acoustiques de deux appareils de désenfumage couplés

A partir des comparaisons calcul/mesure obtenues dans la section suivante, une extrapolation des résultats est effectuée afin de déterminer l'impact d'une augmentation de la distance entre deux appareils de désenfumage couplés, pour des écartements entre appareils de 200 à 400 mm, par pas de 50 mm.

3.3.1 - Appareils de désenfumage LUXLAME F RPT + OTF CPI

Les courbes illustrées [Figure 10](#) présentent une estimation des performances acoustiques du couplage des appareils de désenfumage LUXLAME F RPT + OTF CPI pour différents écartements et le [Tableau 10](#) résume les indices uniques de performances acoustiques associées.

Tableau 10 - Performances acoustiques estimées sur les appareils de désenfumage LUXLAME F RPT (vitrage 44.2A/10/66.2A) + OTF CPI pour différents écartements

Configuration appareils de désenfumage LUXLAME F RPT + OTF CPI			$R_w (C; C_{tr})$ [dB]	R_w [dB]	R_w+C [dB]	R_w+C_{tr} [dB]
Espaces entre appareils	200 mm	Calcul	61 (-2 ; -8)	61	59	53
	250 mm		62 (-2 ; -7)	62	60	55
	300 mm		64 (-3 ; -8)	64	61	56
	350 mm		65 (-3 ; -8)	65	62	57
	400 mm		66 (-3 ; -8)	66	63	58

D'après les résultats issus des simulations, l'augmentation de l'espace de 50 mm entre les appareils LUXLAME F RPT et OTF CPI entraîne une amélioration moyenne des performances R_w+C_{tr} de 1 dB.

Systèmes :

Label	Système
■	LUXLAME F RPT + 200 + OTF CPI - Indice d'affaiblissement acoustique
■	LUXLAME F RPT + 250 + OTF CPI - Indice d'affaiblissement acoustique
■	LUXLAME F RPT + 300 + OTF CPI - Indice d'affaiblissement acoustique
■	LUXLAME F RPT + 350 + OTF CPI - Indice d'affaiblissement acoustique
■	LUXLAME F RPT + 400 + OTF CPI - Indice d'affaiblissement acoustique

■	$R_w (C; C_{tr}) = 61 (-2; -8)$ dB STC = 61 dB
■	$R_w (C; C_{tr}) = 62 (-2; -7)$ dB STC = 63 dB
■	$R_w (C; C_{tr}) = 64 (-3; -8)$ dB STC = 64 dB
■	$R_w (C; C_{tr}) = 65 (-3; -8)$ dB STC = 65 dB
■	$R_w (C; C_{tr}) = 66 (-3; -8)$ dB STC = 66 dB

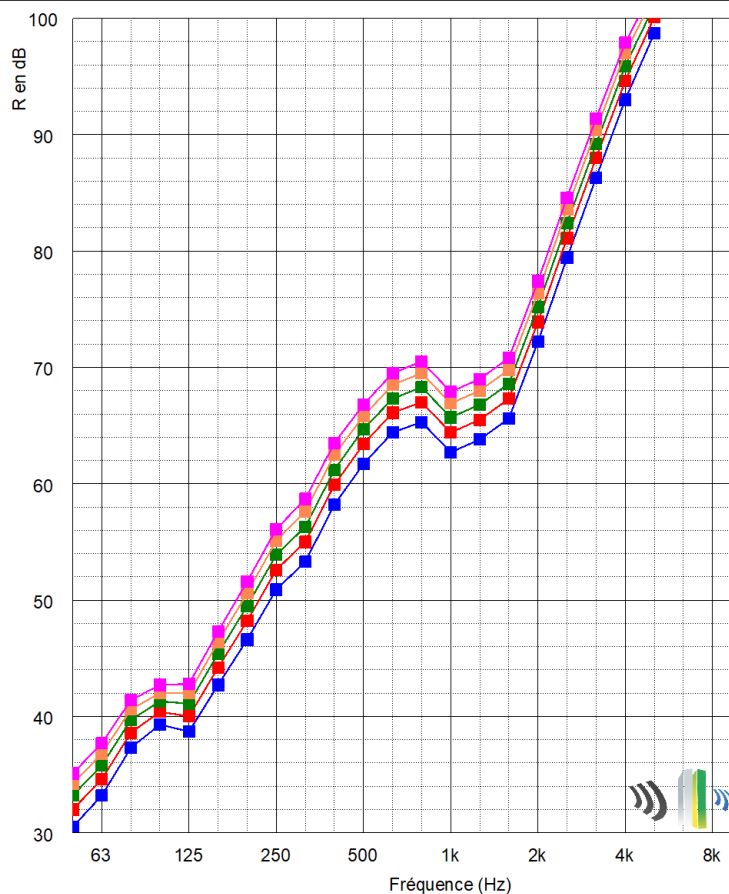


Figure 10 – Indices d'affaiblissement acoustique estimés sur les appareils de désenfumage LUXLAME F RPT (vitrage 44.2A/10/66.2A) + OTF CPI pour différents écartements

3.3.2 - Appareils de désenfumage doubles LUXLAME F RPT

Les courbes illustrées [Figure 11](#) présentent une comparaison calcul/mesure de l'indice d'affaiblissement acoustique R obtenu sur le couplage de ces deux appareils et le [Tableau 11](#) résume les indices uniques de performances acoustiques associées.

Tableau 11 - Performances acoustiques estimées sur les appareils de désenfumage doubles LUXLAME F RPT (vitrage 44.2A/10/66.2A) pour différents écartements

Configuration appareils de désenfumage doubles LUXLAME F RPT			$R_w (C; C_{tr})$ [dB]	R_w [dB]	R_w+C [dB]	R_w+C_{tr} [dB]
Espaces entre appareils	200 mm	Calcul	64 (-2 ; -8)	64	62	56
	250 mm		65 (-2 ; -7)	65	63	58
	300 mm		67 (-2 ; -8)	67	65	59
	350 mm		68 (-2 ; -8)	68	66	60
	400 mm		69 (-2 ; -8)	69	67	61

D'après les résultats issus des simulations, l'augmentation de l'espace de 50 mm entre deux appareils LUXLAME F RPT entraîne une amélioration moyenne des performances R_w+C_{tr} de 1 dB.

Systèmes :

Label	Système
—■—	LUXLAME F RPT + 200 + LUXLAME F RPT - Indice d'affaiblissement acoustique
—■—	LUXLAME F RPT + 250 + LUXLAME F RPT - Indice d'affaiblissement acoustique
—■—	LUXLAME F RPT + 300 + LUXLAME F RPT - Indice d'affaiblissement acoustique
—■—	LUXLAME F RPT + 350 + LUXLAME F RPT - Indice d'affaiblissement acoustique
—■—	LUXLAME F RPT + 400 + LUXLAME F RPT - Indice d'affaiblissement acoustique

—■—	$R_w (C;C_{tr}) = 64 \text{ (-2;-8) dB}$ STC = 64 dB
—■—	$R_w (C;C_{tr}) = 65 \text{ (-2;-7) dB}$ STC = 66 dB
—■—	$R_w (C;C_{tr}) = 67 \text{ (-2;-8) dB}$ STC = 68 dB
—■—	$R_w (C;C_{tr}) = 68 \text{ (-2;-8) dB}$ STC = 69 dB
—■—	$R_w (C;C_{tr}) = 69 \text{ (-2;-8) dB}$ STC = 70 dB

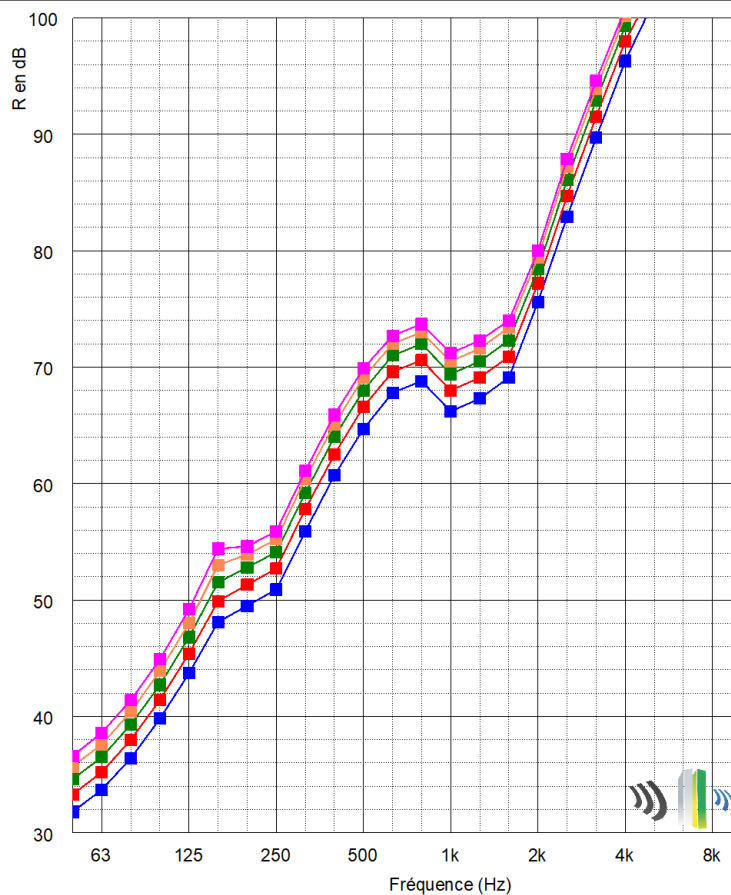


Figure 11 – Indices d'affaiblissement acoustique estimés sur les appareils de désenfumage doubles LUXLAME F RPT (vitrage 44.2A/10/66.2A) pour différents écartements

4 - CONCLUSION

L'objectif de l'étude, à la demande de SOUCHIER BOULLET, est d'estimer par calculs les performances acoustiques (indice d'affaiblissement acoustique R) de systèmes d'appareil de désenfumage de façade couplés pour différentes distances d'espacement, suite à des essais réalisés en laboratoire.

Après avoir confronté les résultats d'essais à des résultats obtenus par simulation, qui ont montré, dans l'ensemble, de bonnes corrélations entre les calculs et les mesures (sauf pour la configuration des deux appareils de désenfumage LUXLAME F RPT couplé à l'appareil OTF CPI, espacés de 188 mm), ces premiers résultats ont été extrapolés afin d'étudier l'impact d'une augmentation de l'espace de 200 à 400 mm entre deux appareils.

L'ensemble des performances acoustiques obtenues en mesure et par simulation sont présentées dans le [Tableau 12](#) ci-après.

D'après les résultats, une augmentation de l'espacement de 50 mm entre deux appareils de désenfumage couplés entraîne une amélioration moyenne des performances acoustiques de 1 dB.

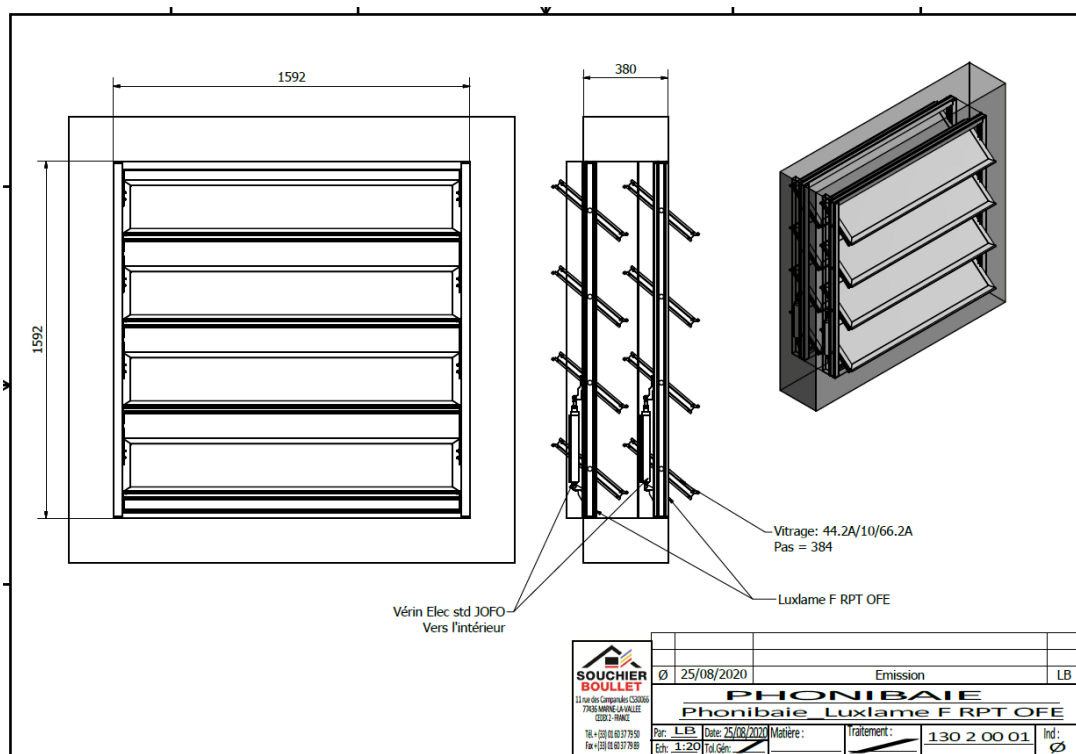
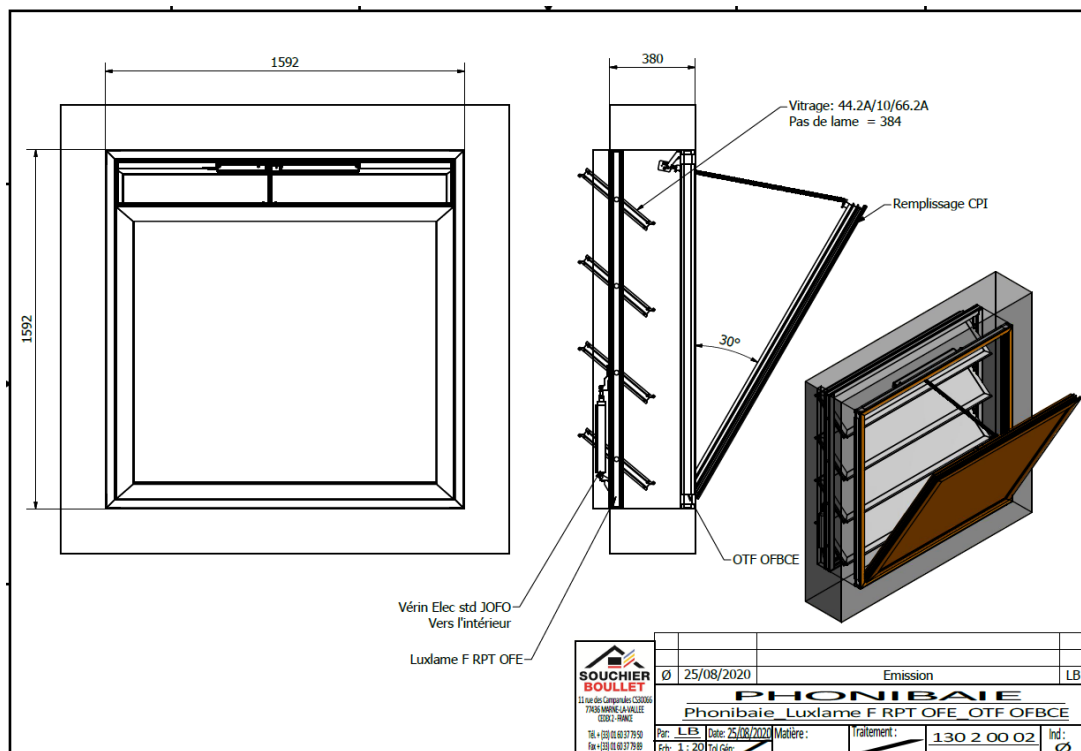
Tableau 12 - Performances acoustiques mesurées et estimées sur les appareils de désenfumage LUXLAME F RPT (vitrage 44.2A/10/66.2A) et OTF CPI en configurations simples ou doubles, pour différents espacements

Configuration appareils de désenfumage		$R_w (C; C_{tr})$ [dB]	R_w [dB]	R_w+C [dB]	R_w+C_{tr} [dB]
Appareil de désenfumage LUXLAME F RPT (vitrage 44.2A/10/66.2A)	Calcul	45 (-2 ; -6)	45	43	39
	Mesure	44 (-1 ; -5)	44	43	39
Appareil de désenfumage OTF CPI	Calcul	44 (-3 ; -8)	44	41	36
	Mesure	43 (-2 ; -7)	43	41	36
Appareils de désenfumage LUXLAME F RPT + OTF CPI	Espacés de 188 mm	Calcul	60 (-2 ; -7)	60	58
		Mesure	56 (-2 ; -7)	56	54
	Espacés de 200 mm	Calcul	61 (-2 ; -8)	61	59
	Espacés de 240 mm	Calcul	62 (-2 ; -8)	62	60
		Mesure	60 (-2 ; -6)	60	58
	Espacés de 250 mm	Calcul	62 (-2 ; -7)	62	60
	Espacés de 300 mm		64 (-3 ; -8)	64	61
	Espacés de 350 mm		65 (-3 ; -8)	65	62
	Espacés de 400 mm		66 (-3 ; -8)	66	63
	Appareils de désenfumage doubles LUXLAME F RPT	Espacés de 188 mm	Calcul	63 (-2 ; -7)	63
			Mesure	61 (-1 ; -5)	61
		Espacés de 200 mm	Calcul	64 (-2 ; -8)	64
		Espacés de 240 mm	Calcul	65 (-2 ; -8)	65
			Mesure	61 (-1 ; -4)	61
		Espacés de 250 mm	Calcul	65 (-2 ; -7)	65
		Espacés de 300 mm		67 (-2 ; -8)	67
		Espacés de 350 mm		68 (-2 ; -8)	68
		Espacés de 400 mm		69 (-2 ; -8)	69

Notes :

- Les résultats issus des simulations donnent des informations sur le comportement et les tendances engendrées par les variations paramétriques apportées aux systèmes étudiés.
- Les performances acoustiques annoncées sont estimées avec une incertitude de ± 1 à 3 dB selon les systèmes étudiés, au même titre que les résultats d'essais régis par la norme NF EN ISO 12999-1.
- De même, ces mêmes performances sont valables uniquement pour des systèmes constitués des matériaux ayant les propriétés indiquées dans l'étude.

ANNEXE 1 – PLANS DES APPAREILS DE DESENFUMAGE EN CONFIGURATIONS COUPLEES



ANNEXE 2 – DETAILS DES PERFORMANCES ACOUSTIQUES MESUREES ET CALCULEES PAR TIERS D'OCTAVE

• Comparaisons calculs/mesures

Fréq. (Hz)	Simulation Acousys	Mesure Laboratoire *	Simulation Acousys	Mesure Laboratoire
	Appareil de désenfumage LUXLAME F RPT (44.2s(10)66.2s)		Appareil de désenfumage OTF CPI	
	R (dB)	R (dB)	R (dB)	R (dB)
50	36.8	28.5	32.6	21.4
63	35.4	32	29.7	22.9
80	34.3	30	25.6	19
100	33.4	30.6	20.2	22.1
125	32.4	30.2	20.6	21.6
160	29.1	28.4	27.9	27.9
200	26.4	30.0	30.9	32.6
250	30.5	31.2	30.7	32.4
315	35.7	36.0	40.1	39.2
400	40.9	41.5	42.5	39.4
500	45.6	43.8	46.0	41.9
630	50.2	43.9	48.4	42.8
800	53.7	45.6	49.9	44.6
1000	53.6	47.8	47.5	44.2
1250	54.9	47.4	48.6	44.9
1600	53.9	47.0	50.4	45.8
2000	52.5	46.3	57.0	45.6
2500	62.4	47.0	64.2	44.6
3150	68.8	48.8	71.1	47.6
4000	80.5	50.1	77.9	48.9
5000	88.6	54.6	84.1	51.0
	$R_w (C; C_{tr}) = 45 (-2 ; -6) \text{ dB}$	$R_w (C; C_{tr}) = 44 (-1 ; -5) \text{ dB}$	$R_w (C; C_{tr}) = 44 (-3 ; -8) \text{ dB}$	$R_w (C; C_{tr}) = 43 (-2 ; -7) \text{ dB}$

* Mesures non COFRAC, réalisées avec traitement partiel des fuites (scotch)

Fréq. (Hz)	Simulation Acousys	Mesure Laboratoire	Simulation Acousys	Mesure Laboratoire
	Appareils de désenfumage LUXLAME F RPT (44.2s(10)66.2s) + OTF CPI			
	Espaces de 188 mm		Espaces de 240 mm	
	R (dB)	R (dB)	R (dB)	R (dB)
50	30.2	31	31.7	31.7
63	32.8	36.2	34.4	39.3
80	36.9	37.2	38.4	39.4
100	39.0	35.3	40.2	40.8
125	38.3	32.6	39.8	37.9
160	42.3	41.8	43.9	46.3
200	46.2	48.5	47.9	51.1
250	50.5	49.1	52.2	52.3
315	52.8	49.3	54.6	55.0
400	57.8	51.9	59.5	56.8
500	61.3	48.1	63.0	58.6
630	64.0	52.8	65.7	58.2
800	64.9	56.2	66.6	59.9
1000	62.3	57.9	64.0	61.3
1250	63.4	61.5	65.1	62.8
1600	65.2	66.2	66.9	64.3
2000	71.8	68.7	73.5	63.5
2500	79.0	66.6	80.7	62.7
3150	85.9	69.2	87.6	66.6
4000	92.6	72.5	94.2	69.4
5000	98.3	70.3	99.8	69.9
	dB	$R_w (C; C_{tr}) = 56 (-2 ; -7) \text{ dB}$	$R_w (C; C_{tr}) = 62 (-2 ; -8) \text{ dB}$	$R_w (C; C_{tr}) = 60 (-2 ; -6) \text{ dB}$

	Simulation Acousys	Mesure Laboratoire	Simulation Acousys	Mesure Laboratoire
	Appareils de désenfumage doubles LUXLAME F RPT (44.2s(10)66.2s)			
	Espaces de 188 mm		Espaces de 240 mm	
Fréq. (Hz)	R (dB)	R (dB)	R (dB)	R (dB)
50	31.3	38.7	33	39.1
63	33.2	44	34.9	43.2
80	36	40.6	37.7	42
100	39.4	48.2	41.1	48.5
125	43.3	43.9	45.1	44.7
160	47.6	48.3	49.5	47.8
200	49.0	50.1	51.0	50.3
250	50.3	50.1	52.4	50.8
315	55.4	55.8	57.5	55.6
400	60.1	55.9	62.2	56.6
500	64.1	58.4	66.3	58.7
630	67.2	60.3	69.3	59.2
800	68.2	59.9	70.3	59.3
1000	65.6	59.0	67.7	60.8
1250	66.7	58.9	68.8	61.5
1600	68.5	65.9	70.6	65.2
2000	75.0	68.5	77.0	67.5
2500	82.3	71.2	84.4	69.0
3150	89.1	73.1	91.2	71.0
4000	95.8	73.5	97.7	72.7
5000	101.0	58.7	102.5	64.7
	$R_w (C; C_{tr}) = 63 (-2 ; -7) \text{ dB}$	$R_w (C; C_{tr}) = 61 (-1 ; -5) \text{ dB}$	$R_w (C; C_{tr}) = 65 (-2 ; -8) \text{ dB}$	$R_w (C; C_{tr}) = 61 (-1 ; -4) \text{ dB}$

- Estimations par calcul des performances acoustiques

	Simulations Acousys				
	Appareils de désenfumage LUXLAME F RPT (44.2s(10)66.2s) + OTF CPI				
	Espaces de 200 mm	Espaces de 250 mm	Espaces de 300 mm	Espaces de 350 mm	Espaces de 400 mm
Fréq. (Hz)	R (dB)	R (dB)	R (dB)	R (dB)	R (dB)
50	30.5	32	33.2	34.2	35.1
63	33.2	34.6	35.8	36.8	37.7
80	37.3	38.6	39.7	40.6	41.4
100	39.3	40.4	41.3	42.0	42.7
125	38.7	40.0	41.1	42.0	42.8
160	42.7	44.2	45.4	46.4	47.3
200	46.6	48.2	49.5	50.6	51.6
250	50.9	52.6	53.9	55.1	56.1
315	53.3	55.0	56.3	57.6	58.7
400	58.2	59.9	61.2	62.5	63.5
500	61.7	63.4	64.7	65.8	66.8
630	64.4	66.1	67.3	68.5	69.5
800	65.3	67.0	68.3	69.5	70.5
1000	62.7	64.4	65.7	66.9	67.9
1250	63.8	65.5	66.8	68.0	69.0
1600	65.6	67.3	68.6	69.8	70.8
2000	72.2	73.9	75.2	76.4	77.4
2500	79.4	81.1	82.4	83.6	84.6
3150	86.3	88.0	89.2	90.4	91.4
4000	93.0	94.6	95.9	97.0	97.9
5000	98.7	100.1	101.1	102.0	102.7
	$R_w (C; C_{tr}) = 61 (-2 ; -8) \text{ dB}$	$R_w (C; C_{tr}) = 62 (-2 ; -7) \text{ dB}$	$R_w (C; C_{tr}) = 64 (-3 ; -8) \text{ dB}$	$R_w (C; C_{tr}) = 65 (-3 ; -8) \text{ dB}$	$R_w (C; C_{tr}) = 66 (-3 ; -8) \text{ dB}$

Simulations Acousys					
Appareils de désenfumage doubles LUXLAME F RPT (44.2s(10)66.2s)					
	Espacés de 200 mm	Espacés de 250 mm	Espacés de 300 mm	Espacés de 350 mm	Espacés de 400 mm
Fréq. (Hz)	R (dB)	R (dB)	R (dB)	R (dB)	R (dB)
50	31.8	33.3	34.6	35.7	36.6
63	33.7	35.2	36.5	37.6	38.6
80	36.4	38	39.3	40.4	41.4
100	39.8	41.4	42.7	43.9	44.9
125	43.7	45.4	46.8	48.0	49.2
160	48.1	49.9	51.5	53.0	54.4
200	49.5	51.3	52.8	53.9	54.6
250	50.9	52.7	54.1	55.2	55.9
315	55.9	57.8	59.2	60.4	61.1
400	60.7	62.5	64.0	65.1	65.9
500	64.7	66.6	68.0	69.1	69.9
630	67.8	69.6	71.0	72.0	72.7
800	68.8	70.6	72.0	73.0	73.7
1000	66.2	68.0	69.4	70.5	71.2
1250	67.3	69.1	70.5	71.6	72.3
1600	69.1	70.9	72.3	73.4	74.0
2000	75.6	77.2	78.4	79.4	80.0
2500	82.9	84.7	86.1	87.2	87.9
3150	89.7	91.5	92.9	93.9	94.6
4000	96.3	98.0	99.3	100.2	100.8
5000	101.5	102.7	103.6	104.2	104.5
	$R_w (C; C_{tr}) = 64 (-2 ; -8) \text{ dB}$	$R_w (C; C_{tr}) = 65 (-2 ; -7) \text{ dB}$	$R_w (C; C_{tr}) = 67 (-2 ; -8) \text{ dB}$	$R_w (C; C_{tr}) = 68 (-2 ; -8) \text{ dB}$	$R_w (C; C_{tr}) = 69 (-2 ; -8) \text{ dB}$



Le futur en construction

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

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