

**DÉPARTEMENT ACOUSTIQUE ET ÉCLAIRAGE**

Laboratoire d'essais acoustiques

**RAPPORT D'ESSAIS N° AC12-26038558  
CONCERNANT UN PROCÉDE DE LAINE PROJÉTÉE**

L'accréditation de la section Laboratoires du COFRAC atteste de la compétence des laboratoires pour les seuls essais couverts par l'accréditation.

Ce rapport d'essais atteste uniquement des caractéristiques de l'objet soumis aux essais et ne préjuge pas des caractéristiques de produits similaires. Il ne constitue pas une certification de produits au sens de l'article L 115-27 à L 115-32 et R115-1 à R115-3 du code de la consommation modifié par la loi n° 2008-776 du 04 août 2008 article 113.

En cas d'émission du présent rapport par voie électronique et/ou sur support physique électronique, seul le rapport sous forme de support papier signé par le CSTB fait foi en cas de litige. Ce rapport sous forme de support papier est conservé au CSTB pendant une durée minimale de 10 ans.

La reproduction de ce rapport d'essais n'est autorisée que sous sa forme intégrale.

Il comporte dix pages.

**À LA DEMANDE DE : EURISOL SAS  
20 Avenue Eugène Gazeau  
60300 SENLIS**

N/Réf. : BR-70032443  
26038558  
PK/GA

**CENTRE SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE DU BATIMENT**

SIÈGE SOCIAL > 84 AVENUE JEAN JAURÈS | CHAMPS-SUR-MARNE | 77447 MARNE-LA-VALLÉE CEDEX 2  
TÉL. (33) 01 64 68 84 87 | FAX. (33) 01 64 68 83 14 | [www.cstb.fr](http://www.cstb.fr)  
MARNE-LA-VALLÉE | PARIS | GRENOBLE | NANTES | SOPHIA-ANTIPOLIS

**OBJET**

Déterminer l'indice d'affaiblissement acoustique R et le niveau de bruit de choc normalisé  $L_n$  d'un procédé de laine projetée.

**TEXTES DE RÉFÉRENCE**

Les mesures acoustiques sont réalisées :

- pour l'Indice d'affaiblissement acoustique R, selon les normes NF EN ISO 140-1 (1997), NF EN 20140-2 (1993) et NF EN ISO 140-3 (1995) complétées par la norme NF EN ISO 717/1 (1997) et amendements associés,
- pour le niveau de bruit de choc normalisé  $L_n$ , selon la norme NF EN ISO 140-6 (1997) complétée par la norme NF EN ISO 717/2.

**OBJET SOUMIS À L'ESSAI**

Date de réception au laboratoire : 26 Juin 2012  
Origine et mise en œuvre : Demandeur

**LISTE RÉCAPITULATIVE DES ESSAIS**

N° essai	Objet soumis à l'essai	Type d'essai
1	Plancher support avec laine projetée ISOTHERM d'épaisseur 120 mm sur treillis métallique.	R
2	Plancher support seul	R
3	Plancher support avec laine projetée ISOTHERM d'épaisseur 120 mm sur treillis métallique.	$L_n$
4	Plancher support seul	$L_n$

Fait à Marne-la-Vallée, le 9 octobre 2012

Le chargé d'essais



Pierre KERDUDOU

Le responsable du pôle



Jean-Baptiste CHÉNÉ

**DESCRIPTION  
D'UN PLANCHER ET D'UNE LAINE PROJETÉE**

**Essais 1 à 4**  
**Date 26/07/12**  
**Poste DELTA**

**DEMANDEUR** EURISOL

**FABRICANTS** EURISOL (laine projetée)  
CSTB (plancher support)

**APPELLATION** Procédé de laine projetée ISOTHERM

**CONFIGURATION** Laine projetée ISOTHERM d'épaisseur 120 mm sur treillis métallique revêtu d'un kraft sous plancher de 140 mm

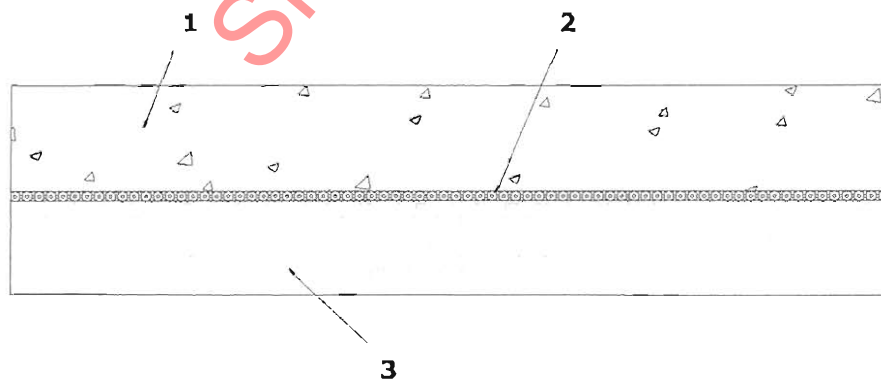
**CARACTÉRISTIQUES PRINCIPALES**

Dimensions en mm : 4200 x 3600  
Épaisseur de laine projetée en mm : 120  
Épaisseur totale en mm : 260  
Masse surfacique en kg/m<sup>2</sup> : ≈20 (treillis + laine projetée) + 325 (plancher support)

**DESCRIPTION** (les dimensions sont données en mm)

Plancher support	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Nature : Béton armé</li> <li>- Dimensions utiles : 4200 x 3600 x 140</li> <li>- Masse surfacique : 325 kg/m<sup>2</sup></li> </ul>
Treillis métallique	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Appellation : NERPLAC ECO avec papier kraft (EURISOL)</li> <li>- Nature : Lattis métallique nervuré en acier galvanisé d'épaisseur 0,3.</li> <li>- Présentation : plaques de 2500 x 600</li> <li>- Dimensions des mailles 7 x 10</li> <li>- Hauteur de nervure : 9</li> <li>- Masse surfacique nominale : 1,3 kg/m<sup>2</sup></li> </ul>
Laine projetée	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Appellation : ISOTHERM (EURISOL)</li> <li>- Nature : Matériau sec composé de laine minérale cardée, de liants minéraux inorganiques de type hydraulique additionnés d'adjuvants spécifiques et d'agent anti-poussières</li> <li>- Épaisseur : 120</li> <li>- Masse volumique : 140 à 180 kg/m<sup>3</sup></li> <li>- Présentation : Sacs de 25 kg</li> </ul>

**PLAN**



**1** : Dalle béton 140 mm  
**2** : Treillis métallique avec papier kraft  
**3** : Laine projetée ISOTHERM 120 mm

**MISE EN ŒUVRE  
D'UNE LAINE PROJÉTÉE**

**Essais 1 à 4**  
**Date 26/07/12**  
**Poste DELTA**

<b>DEMANDEUR</b>	<b>EURISOL</b>
<b>FABRICANTS</b>	<b>EURISOL (laine projetée)) CSTB (plancher support)</b>
<b>APPELLATION</b>	<b>Procédé de laine projetée ISOTHERM</b>
<b>CONFIGURATION</b>	<b>Laine projetée ISOTHERM d'épaisseur 120 mm sur treillis métallique revêtu d'un kraft sous plancher de 140 mm</b>
<b>MISE EN ŒUVRE</b> (les dimensions sont données en mm)	

Les plaques du treillis métallique sont vissées avec un recouvrement de 100 sur toute la surface inférieure du plancher support (environ 12 points de fixation/m<sup>2</sup>) et de façon à ce que le papier kraft soit plaqué contre la dalle béton.



La laine est ensuite projetée en épaisseur de 120 sur le treillis métallique et la finition est réalisée au rouleau.

Les essais sont réalisés 30 jours plus tard.



**CONDITIONS DE MESURES**

**Salle émission**

**Essai 1 :** Température : 24 °C  
Humidité relative : 61 %

**Essai 2 :** Température : 25 °C  
Humidité relative : 57 %

**Essai 3 :**

**Essai 4 :**

**Salle réception**

Température : 25,5 °C  
Humidité relative : 59%

Température : 27 °C  
Humidité relative : 53 %

Température : 24 °C  
Humidité relative : 61 %

Température : 25 °C  
Humidité relative : 59 %

**INDICE D'AFFAIBLISSEMENT ACOUSTIQUE R  
D'UN PLANCHER AVEC ET SANS LAINE PROJETÉE**

Essais 1 et 2  
Date 26/07/12  
Poste DELTA

AD42

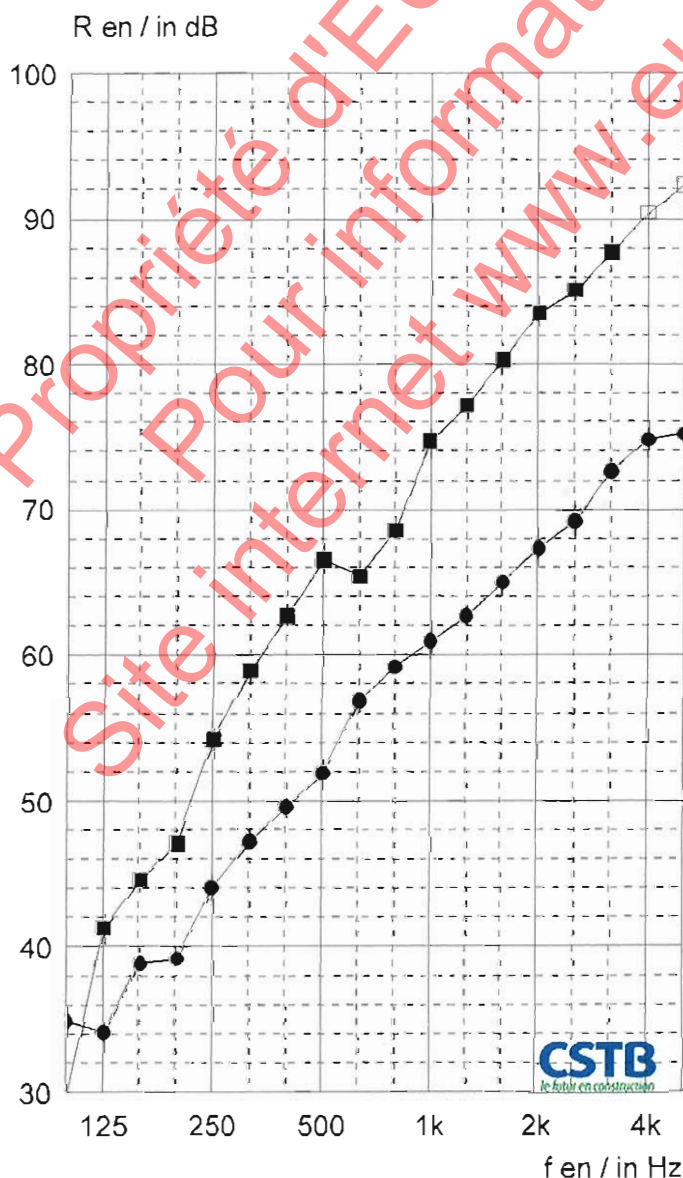
**DEMANDEUR** EURISOL  
**FABRICANTS** EURISOL (laine projetée)  
CSTB (plancher support)  
**APPELLATION** Procédé de laine projetée ISOTHERM  
**CONFIGURATION** Laine projetée ISOTHERM d'épaisseur 120 mm sur treillis  
métallique revêtu d'un kraft sous plancher de 140 mm

**CARACTÉRISTIQUES PRINCIPALES**

Dimensions en mm : 4200 x 3600  
Épaisseur de laine projetée en mm : 120  
Épaisseur totale en mm : 260  
Masse surfacique en kg/m<sup>2</sup> : ≈20 (treillis + laine projetée) + 325 (plancher support)

**RÉSULTATS**

■ Essai avec plancher support et laine projetée ; ● Essai avec plancher support seul



Code	■	●
f	R	R
100	29,5	34,9
125	41,3	34,1
160	44,6	38,9
200	47,1	39,2
250	54,2	44,0
315	58,9	47,2
400	62,7	49,6
500	66,5	51,9
630	65,4	56,9
800	68,6	59,2
1k	74,7	61,0
1,25k	77,2	62,7
1,6k	80,3	65,0
2k	83,5	67,3
2,5k	85,1	69,2
3,15k	87,7	72,6
4k	90,4 ** (101,0)	74,8
5k	92,3 ** (103,0)	75,2
Hz	dB	dB

(\*) : valeur corrigée/corrected value. (†) : limite de post-station limit.

■	$R_w (C; C_{tr}) = 62(-5; -13) \text{ dB}$ Pour information / For information: $R_c = R_w + C = 57 \text{ dB}$ $R_{tr} = R_w + C_{tr} = 49 \text{ dB}$
●	$R_w (C; C_{tr}) = 55(-2; -7) \text{ dB}$ Pour information / For information: $R_c = R_w + C = 53 \text{ dB}$ $R_{tr} = R_w + C_{tr} = 48 \text{ dB}$

**NIVEAU DE BRUIT DE CHOC NORMALISÉ  $L_n$   
D'UN PLANCHER AVEC ET SANS LAINE PROJETÉ**

CD42

Essais **3 et 4**  
Dates **26/07/12**  
Poste **DELTA**

DEMANDEUR

EURISOL

FABRICANTS

EURISOL (laine projetée)  
CSTB (plancher support)

APPELLATION

Procédé de laine projetée **ISOTHERM**

CONFIGURATION

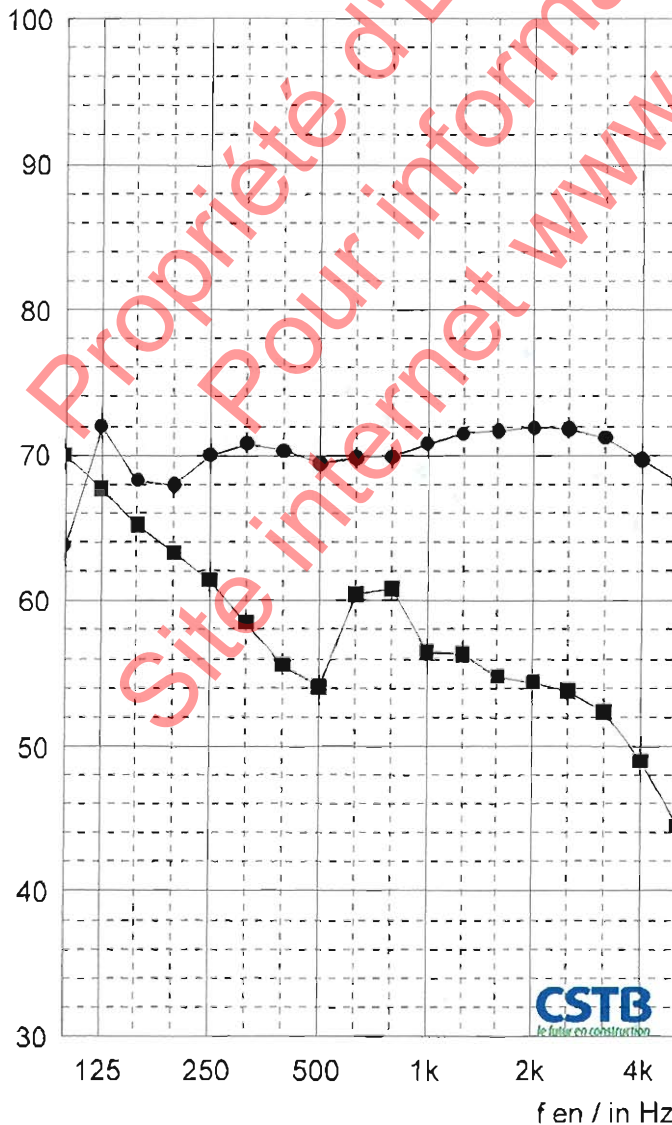
Laine projetée **ISOTHERM** d'épaisseur 120 mm sur treillis métallique revêtu d'un kraft sous plancher de 140 mm

**CARACTÉRISTIQUES PRINCIPALES**

Dimensions en mm : 4200 x 3600  
Épaisseur de laine projetée en mm : 120  
Épaisseur totale en mm : 260  
Masse surfacique en kg/m<sup>2</sup> : ≈20 (treillis + laine projetée) + 325 (plancher support)

**RÉSULTATS**

■ Essai avec plancher support et laine projetée ; ● Essai avec plancher support seul  
 $L_n$  en / in dB



Code	■	●
f	L <sub>n</sub>	L <sub>n</sub>
100	70,0	63,8
125	67,7	72,0
160	65,2	68,3
200	63,3	68,0
250	61,4	70,0
315	58,5	70,8
400	55,6	70,3
500	54,1	69,4
630	60,4	69,8
800	60,8	69,9
1k	56,5	70,8
1,25k	56,3	71,5
1,6k	54,8	71,7
2k	54,4	71,9
2,5k	53,8	71,8
3,15k	52,4	71,2
4k	49,0	69,7
5k	44,5	68,1
Hz	dB	dB

(\*) : valeur corrigée/corrected value. (†) : limite de poste/station limit.

■	L <sub>n,w</sub> = 63 dB Pour information / For information: C <sub>v</sub> = -4 dB	L = 67 dB(A)
●	L <sub>n,w</sub> = 78 dB Pour information / For information: C <sub>v</sub> = -11 dB	L = 82 dB(A)

## ANNEXE 1 MÉTHODE D'ÉVALUATION ET EXPRESSION DES RÉSULTATS

### INDICE D'AFFAIBLISSEMENT ACOUSTIQUE AU BRUIT AÉRIEN R

➤ **Méthode d'évaluation : NF EN ISO 140-3 (1995)**

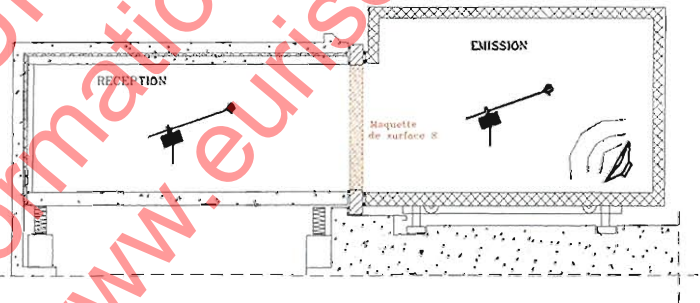
La norme NF EN ISO 140-3 (1995) est la méthode d'évaluation de l'isolement acoustique aux bruits aériens des éléments de construction tels que murs, plancher, portes, fenêtres, éléments de façades, façades, ...

Le mesurage doit être réalisé dans un laboratoire d'essai sans transmissions latérales.

Le poste d'essai utilisé est composé de deux salles : une salle fixe contre laquelle nous fixons le cadre support de l'échantillon à tester et une salle mobile réalisant ainsi un couple « salle d'émission – salle de réception ». Ces salles et le cadre sont totalement désolidarisés entre eux (joints néoprènes) et sont conformes à la norme NF EN ISO 140-1 (1997). La conception des salles (boîte dans la boîte) procure une forte isolation acoustique vis-à-vis de l'extérieur et permet de mesurer des niveaux de bruit de fond très faibles.

Mesure par tiers d'octave, de 100 à 5000 Hz :

- du niveau de bruit de fond dans le local de réception  $L_{BdF}$
- de l'isolement brut :  $L_E - L_R$
- de la durée de réverbération du local de réception T



Calcul de l'indice d'affaiblissement acoustique R en dB pour chaque tiers d'octave :

$$R = L_E - L_R + 10 \log (S/A)$$

$L_E$  : Niveau sonore dans le local d'émission en dB

$L_R$  : Niveau sonore dans le local de réception, corrigé du bruit de fond en dB

S : surface de la maquette à tester en  $m^2$

A : Aire équivalente d'absorption dans le local de réception en  $m^2$

$A = (0,16 \times V)/T$  où V est le volume du local de réception en  $m^3$  et T est la durée de réverbération du même local en s.

Plus R est grand, plus l'élément testé est performant.

➤ **Expression des résultats : Calcul de l'indice unique pondéré  $R_w(C;C_{tr})$  selon la norme NF EN ISO 717-1 (1997)**

Prise en compte des valeurs de R par tiers d'octave entre 100 et 3150 Hz avec une précision au 1/10ème de dB.

Déplacement vertical d'une courbe de référence par saut de 1 dB jusqu'à ce que la somme des écarts défavorables soit la plus grande tout en restant inférieure ou égale à 32,0 dB.

$R_w$  en dB est la valeur donnée alors par la courbe de référence à 500 Hz.

Les termes d'adaptation à un spectre (C et  $C_{tr}$ ) sont calculés à l'aide de spectres de référence pour obtenir :

- L'isolement vis-à-vis de bruits de voisinage, d'activités industrielles ou aéroportuaire :  **$R_A = R_w + C$  en dB**
- L'isolement vis-à-vis du bruit d'infrastructure de transport terrestre :  **$R_{A,tr} = R_w + C_{tr}$  en dB**

## ANNEXE 2 MÉTHODE D'ÉVALUATION ET EXPRESSION DES RÉSULTATS

### AMELIORATION DE L'ISOLATION AU BRUIT DE CHOC $\Delta L$

Détermination de la réduction de la transmission des bruits de choc par les revêtements de sol sur un plancher lourd normalisé excités par une machine à choc normalisée.  
Le mesurage doit être exécuté dans un laboratoire d'essai.

➤ **Méthode d'évaluation : NF EN ISO 140-8 (1997)**

Mesure par tiers d'octave, de 100 à 5000 Hz :

- du niveau de bruit de choc  $L_i$  dans la salle de réception
- du niveau de bruit de fond
- de la durée de réverbération du local de réception T

Calcul du niveau de bruit de choc normalisé  $L_n$  en dB pour chaque tiers d'octave :

$$L_n = L_i + 10 \log (A/A_0)$$

$L_i$  : Niveau de bruit de choc mesuré dans la salle de réception et éventuellement corrigé du bruit de fond

$A_0$  : Aire de référence égale à 10 m<sup>2</sup> en laboratoire

$A$  : Aire équivalente d'absorption dans le local de réception en m<sup>2</sup>

$A = (0,16 \times V)/T$  où  $V$  est le volume du local de réception en m<sup>3</sup> et  $T$  est la durée de réverbération du même local en s

Calcul de l'amélioration de l'isolation au bruit de choc  $\Delta L$  en dB pour chaque tiers d'octave :

$$\Delta L = L_{n0} - L_n$$

$L_{n0}$  : Niveau de bruit de choc normalisé du plancher lourd normalisé sans le revêtement de sol,

$L_n$  : Niveau de bruit de choc normalisé du plancher lourd normalisé avec le revêtement de sol.

➤ **Expression des résultats :**

Calcul du niveau de bruit de choc normalisé du plancher de référence recouvert du revêtement de sol soumis à l'essai en tiers d'octave de 100 à 3150 Hz :

$$L_{n,r} = L_{n,r,0} - \Delta L$$

- $L_{n,r,0}$  = niveau de bruit de choc du plancher de référence,
- $\Delta L$  = amélioration de l'isolation au bruit de choc

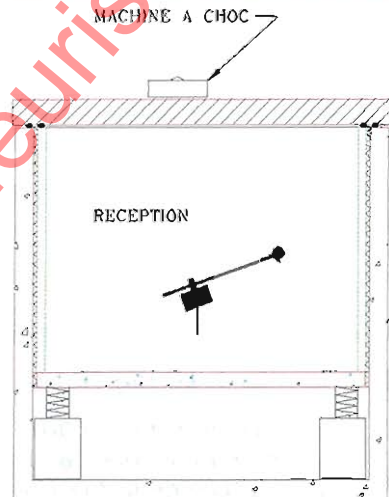
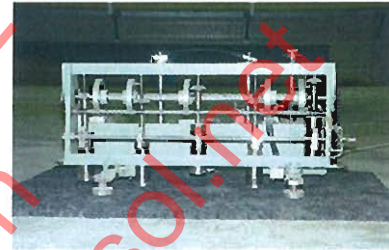
Calcul du  $\Delta L_w$  :

$$\Delta L_w = L_{n,r,0} - L_{n,r,w} = 78 \text{ dB} - L_{n,r,w}$$

Pour le calcul du  $L_{n,r,w}$ , prise en compte du  $L_{n,r}$  par tiers d'octave de 100 à 3150 Hz avec une précision au 1/10<sup>ème</sup> de dB.

Déplacement vertical d'une courbe de référence par saut de 1 dB jusqu'à ce que la somme des écarts défavorables soit la plus grande tout en restant inférieure ou égale à 32,0 dB.

$L_{n,r,w}$  est la valeur donnée alors par la courbe de référence à 500 Hz.





**ANNEXE 3 / APENDIX 3 –  
APPAREILLAGE / EQUIPMENT**

**POSTE DELTA  
DELTA STATION**

Salle d'émission / *Emission room* : DELTA 2

<b>DÉSIGNATION DÉSIGNATION</b>	<b>MARQUE BRAND</b>	<b>TYPE TYPE</b>	<b>N° CSTB</b>
Chaîne microphonique <i>Microphone network</i>	Bruël & Kjær Bruël & Kjær	Microphone 4166 Préamplificateur / Pre- amplifier 2669	CSTB 01 0208
Bras tournant <i>Rotating arm</i>	Bruël & Kjær	3923	CSTB 90 0089
Amplificateur <i>Amplifier</i>	CARVER	PM600	CSTB 91 0116
Source <i>Speaker</i>	CSTB-PHL AUDIO	Cube	CSTB 97 0188
Chaîne microphonique <i>Microphone network</i>	CSTB-PHL AUDIO	Cube	CSTB 97 0191

Salle de réception / *Reception room* : DELTA 3

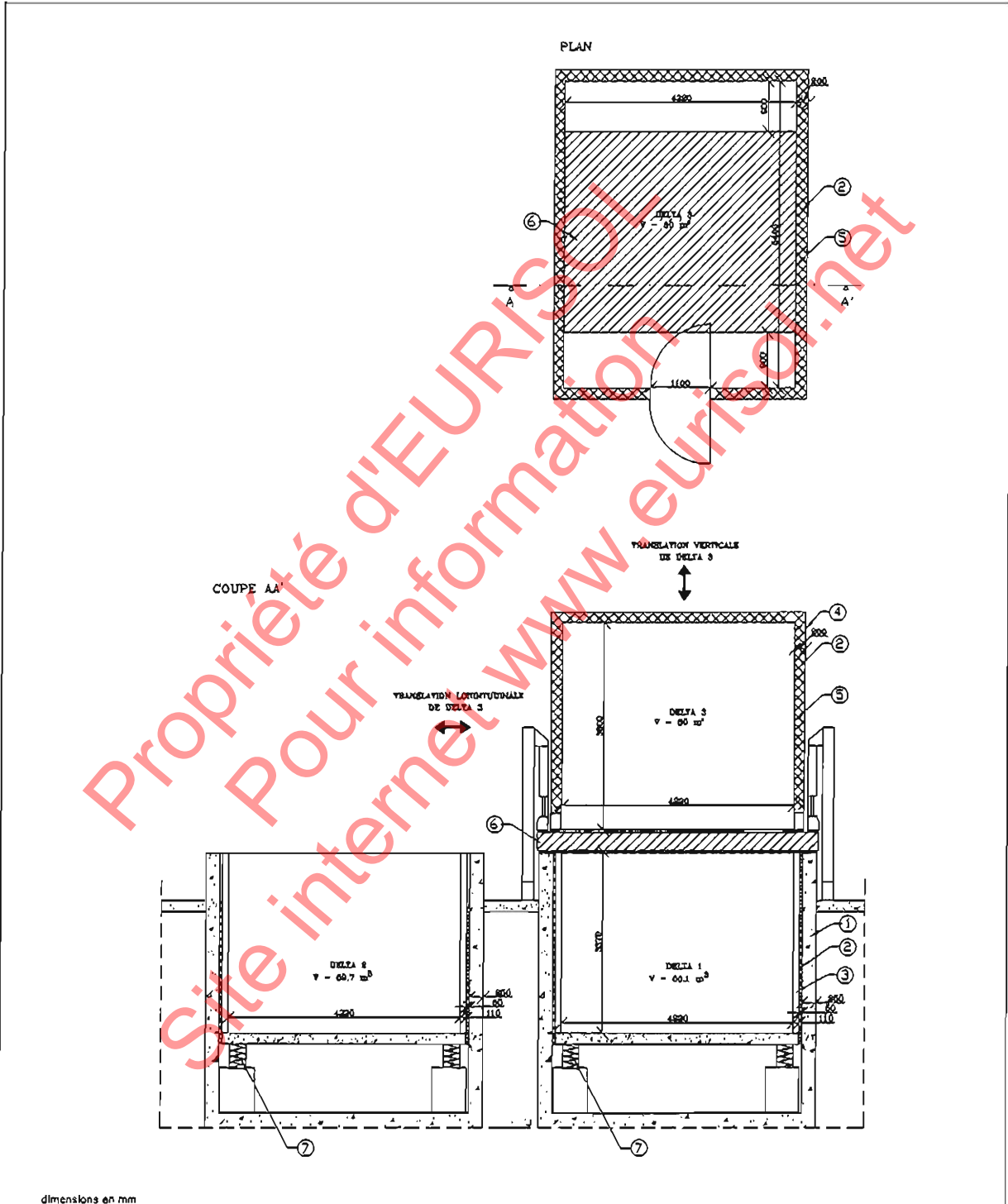
<b>DÉSIGNATION DÉSIGNATION</b>	<b>MARQUE BRAND</b>	<b>TYPE TYPE</b>	<b>N° CSTB</b>
Chaîne microphonique <i>Microphone network</i>	Bruël & Kjær Bruël & Kjær	Microphone 4166 Préamplificateur / Pre- amplifier 2669	CSTB 01 0210
Bras tournant <i>Rotating arm</i>	Bruël & Kjær	3923	CSTB 97 0166
Amplificateur <i>Amplifier</i>	LAB GRUPPEN	LAB1000	CSTB 97 0197
Source <i>Speaker</i>	CSTB-PHL AUDIO	Cube	CSTB 97 0185

Salle de commande / *Control room*

<b>DÉSIGNATION DÉSIGNATION</b>	<b>MARQUE BRAND</b>	<b>TYPE TYPE</b>	<b>N° CSTB</b>
Analyseur temps réel <i>Real Time Analyser</i>	Bruël & Kjær	2144	CSTB 96 0176
Micro-ordinateur <i>Microcomputer</i>	DELL	OPTIPLEX GX 270	
Calibreur <i>Calibrator</i>	Bruël & Kjær	4231	CSTB 95 0145

**ANNEXE 4 – PLAN DU POSTE D'ESSAIS**

**POSTE DELTA**



dimensions en mm			
7	Boîte à ressort	échelle:	1/100
6	Surface de l'ouverture S=13 m²	<b>POSTE DELTA</b>  <b>ACOUSTIQUE</b>	
5	Tôle acier 6mm		
4	Tôle acier 2mm		
3	Bloc de béton plein e=100 mm		
2	Laine minérale		
1	Béton e=200 mm		
REP	DESIGNATION		

**FIN DE RAPPORT**

**RAPPORT D'ÉTUDE  
N°AC12-26040054-Rev01  
CONCERNANT LA SIMULATION DE  
PERFORMANCES ACOUSTIQUES D'UNE  
LAINE PROJETÉE**

**Rapport final**

Pierre KERDUDOU

Jean-Baptiste CHÉNÉ

Responsable de pôle

**Demandeur de l'étude**

EURISOL

20 Avenue Eugène Gazeau

60300 SENLIS

**Référence AC12-26040054-Rev01**

N/Réf. DAE/2012- PK

70034334-70037202

*Toute reproduction partielle susceptible de dénaturer le contenu du présent document, qu'il s'agisse d'une omission, d'une modification ou d'une adaptation engage la responsabilité du client vis-à-vis du CSTB ainsi que des tiers concernés.*

**RAPPORT D'ÉTUDE**  
**N°AC12-26040054-Rev01**  
**CONCERNANT LA SIMULATION DE**  
**PERFORMANCES ACOUSTIQUES D'UNE**  
**LAINÉ PROJÉTÉE**





Rapport final

Demandeur de l'étude  
EURISOL

Référence AC12-26040054- Rev01

N/Réf. DAE/2012- PK

70034334-70037202

Auteur	Approbateur (s)	Vérificatrice
Pierre Kerdudou 	Gary JACQUS Jean-Baptiste CHÉNÉ  	G. ANDRUSIOW 

**CENTRE SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE DU BATIMENT**

ÉTABLISSEMENT DE GRENOBLE | 24 RUE JOSEPH FOURIER | 38400 SAINT-MARTIN D'HÈRES  
TÉL. (33) 04 76 76 25 25 | FAX. (33) 04 76 44 20 46 | SIRET 775 688 229 000 50 | [www.cstb.fr](http://www.cstb.fr)  
SIÈGE SOCIAL > 84 AVENUE JEAN JAURÈS | CHAMPS-SUR-MARNE | 77447 MARNE-LA-VALLÉE CEDEX 2  
ÉTABLISSEMENT PUBLIC À CARACTÈRE INDUSTRIEL ET COMMERCIAL | RCS MÉAUX 775 688 229 | TVA FR 70 775 688 229  
MARNE-LA-VALLÉE | PARIS | GRENOBLE | NANTES | SOPHIA-ANTIPOLIS

---

## SOMMAIRE

---

<b>1 - PRÉAMBULE.....</b>	<b>4</b>
<b>2 - MÉTHODE DE PRÉDICTION .....</b>	<b>5</b>
2.1 - MÉTHODOLOGIE .....	5
2.2 - LOGICIEL DE PRÉDICTION ACOUSYS ET MODÈLE DE CALCULS.....	5
<b>3 - CARACTÉRISATION DES PROPRIÉTÉS MÉCANIQUES DE LA LAINE PROJETÉE DE 120 MM.....</b>	<b>7</b>
3.1 - RAIDEUR DYNAMIQUE .....	7
3.1.1 - Description de la méthode de mesure .....	7
3.1.2 - Résultats de la mesure de raideur dynamique .....	7
3.2 - RÉSISTANCE À L'ÉCOULEMENT DE L'AIR .....	8
3.2.1 - Description de la méthode de mesure .....	8
3.2.2 - Résultats de la mesure de résistance à l'écoulement de l'air .....	8
<b>4 - RÉSULTATS DES SIMULATIONS .....</b>	<b>9</b>
4.1 - DONNÉES D'ENTRÉE POUR LES SIMULATIONS ACOUSTIQUES .....	9
4.2 - COMPARAISON MESURE/CALCUL DE L'INDICE D'AFFAIBLISSEMENT ACOUSTIQUE R ET INTERPRÉTATION DES RÉSULTATS. ....	10
4.3 - IMPACT DE LA VARIATION D'ÉPAISSEUR DE LA LAINE PROJETÉE ET DE LA DALLE BÉTON SUR L'INDICE R SIMULÉ.....	12
<b>5 - CONCLUSION.....</b>	<b>15</b>

---

## 1 - PRÉAMBULE

---

L'objectif de cette étude, à la demande de la société EURISOL, est d'évaluer l'impact sur l'indice d'affaiblissement acoustique R de la variation d'épaisseur (de 100 à 200 mm, par pas de 10 mm) d'un procédé de laine projetée sous dalle d'épaisseur 140 mm. Afin de compléter cette démarche, l'impact de la variation d'épaisseur de la dalle support a également été investigué (de 140 à 220 mm, par pas de 20 mm).

Les performances acoustiques au bruit aérien du procédé ISOTHERM en 120 mm d'épaisseur ont été mesurées au LABE (Laboratoire d'Essais Acoustiques du CSTB).

Lorsque le système ISOTHERM est projeté sur une feuille de métal déployée revêtue d'un papier kraft sous un plancher de 140 mm ayant pour performance  $R_w(C;C_{tr})= 55(-2;-7)$  dB, l'indice d'affaiblissement mesuré sur l'ensemble (plancher + laine projetée) est  $R_w(C;C_{tr})=62(-5;-13)$  dB (rapport d'essais CSTB n° AC12-26038558).

Dans une première partie, le modèle de prédiction pour la simulation des performances acoustiques d'un système de laine projetée est détaillé.

Dans une seconde partie, les mesures de raideur dynamique ( $s'$ ) ainsi que de résistance à l'écoulement de l'air ( $r$ ) de la laine projetée sont présentées. Ces données expérimentales sont essentielles pour simuler les performances acoustiques du système.

La dernière partie présente les résultats des calculs obtenus via le logiciel AcouSYS. La corrélation entre calcul et mesure est d'abord présentée puis, l'étude paramétrique concernant la variation des épaisseurs des matériaux est détaillée.

## 2 - MÉTHODE DE PRÉDICTION

### 2.1 - Méthodologie

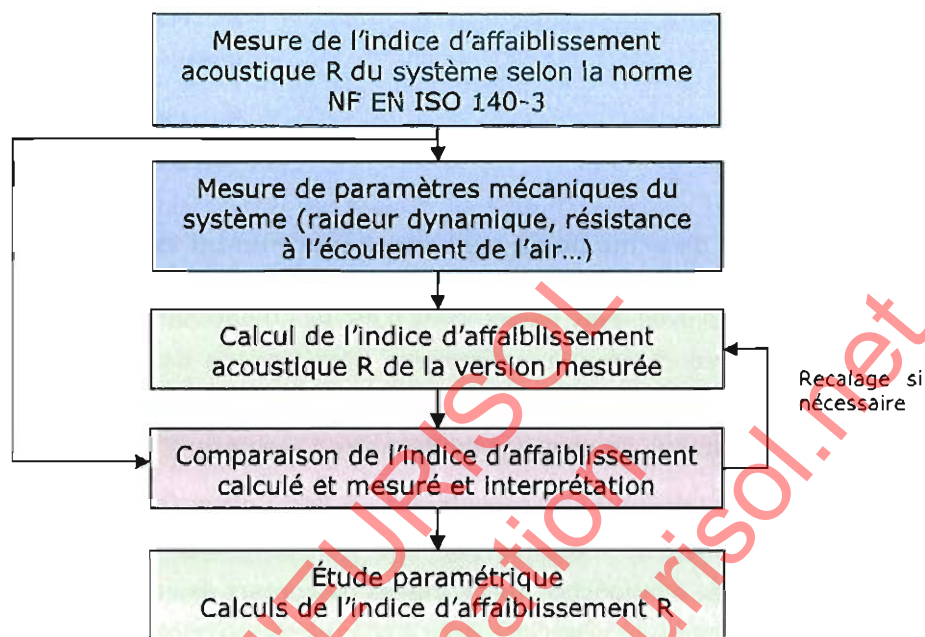
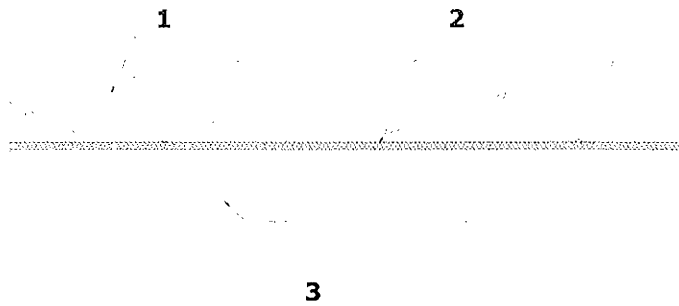


Figure 2.1 Méthodologie de prédiction des performances acoustiques

### 2.2 - Logiciel de prédiction AcouSYS et modèle de calculs

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 qui sont également 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 5 types : solide, fluide, poreux, viscoélastique ou élément perforé. Le logiciel permet également de considérer les conditions de montage entre chaque couche, c'est-à-dire en contact (collé) ou non. Notez que la prise en compte des dimensions (latérales) finies du système est effectuée par une technique de fenêtrage spatial lorsque l'excitation est aérienne de type champ diffus.

Tous les systèmes examinés ont pour dimensions 4.2 x 3.6 m; ces dimensions sont prises en compte par le modèle de prédiction.



- 1** : Dalle béton 140 à 220 mm
- 2** : Métal déployé avec papier kraft
- 3** : Laine projetée ISOTHERM 100 à 200 mm.

**Figure 2.2 Schéma de principe du système expérimental mesuré en laboratoire**

La feuille de métal déployée avec papier kraft n'est pas modélisée dans le calcul. La laine projetée est considérée comme complètement désolidarisée du plancher béton ce qui n'est pas le cas dans la réalité. En effet le treillis métallique crée des contacts ponctuels entre les deux éléments qui ne sont pas modélisables avec AcouSYS.

Le système sera donc approché, en considérant un découplage complet entre le plancher béton et la laine minérale, modélisé par une non-continuité des contraintes et des déplacements, imposée à la jonction des surfaces de contact des matériaux entre eux.



- 1** : Dalle béton 140 à 220 mm
- 2** : Laine projetée ISOTHERM 100 à 200 mm.

**Figure 2.3 Schéma de principe du système simulé par AcouSYS**



### 3 - CARACTÉRISATION DES PROPRIÉTÉS MÉCANIQUES DE LA LAINE PROJETÉE DE 120 MM

#### 3.1 - Raideur dynamique

##### 3.1.1 - Description de la méthode de mesure

Les mesures sont réalisées selon la norme NF EN ISO 29052-1 « Détermination de la raideur dynamique – Matériaux utilisés sous les dalles flottantes dans les bâtiments d’habitation ». La méthode de détermination de la raideur dynamique est décrite en Annexe 1.

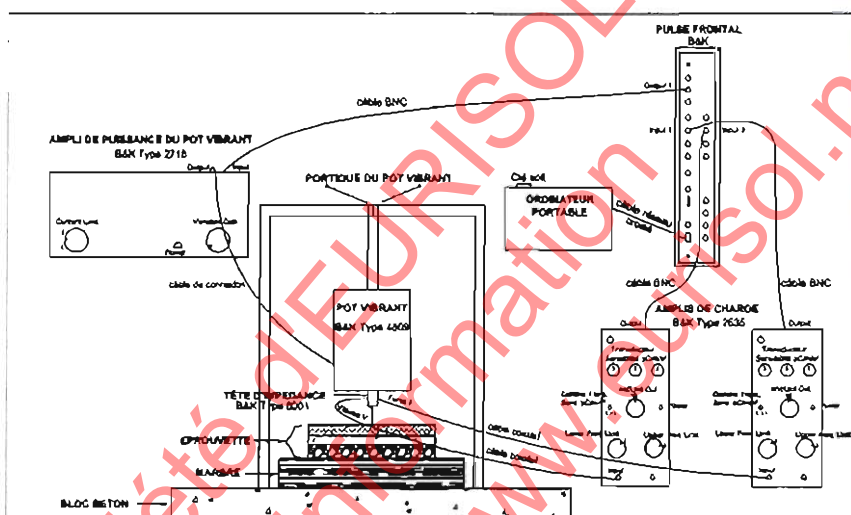


Figure 3.1 Schéma de principe du banc d’essai utilisé pour la mesure de la raideur dynamique

##### 3.1.2 - Résultats de la mesure de raideur dynamique

Le tableau ci-dessous présente les résultats de la mesure de raideur dynamique.

FICHE RESULTAT RAIDEUR DYNAMIQUE					
ESSAI DE RAIDEUR DYNAMIQUE					
Numéro d'essai :	R12-28040054			Date de scellement :	-
Nom du client :	EURISOL			Date de l'essai :	17/09/2012
Désignation du produit :	ISOTHERM			Température en °C :	21
Appellation :	Isolant projeté			Humidité relative en % :	56
Type :	Laine minérale avec adjuvant				
Dossier AC12-28040054	Essai sans vaseline sous 8 kg				
IDENTIFICATION EPROUVETTE	R12-28040054/1	R12-28040054/2	R12-28040054/3	MOYENNE	Incertitude
Masse surfacique de la charge appliquée sur la produit en kg/m²	201	201	201	201	± 2,05
Epaisseur du produit en mm	128,0	125,0	123,0	125,3	± 4,73
Epaisseur de la partie poreuse du produit en mm	128,0	125,0	123,0	125,3	± 4,73
fr en Hz	57,5	51,5	51,5	53,5	± 2,41
η en %	2,0	1,9	2,0	2,0	± 0,16
S' en MN/m²	28,3	21,1	21,1	22,8	± 1,47
S'a en MN/m²	0,9	0,9	0,9	0,9	± 0,05
S' en MN/m²	27,2	22,0	22,0	24	± 1,52

Tableau 3.1 Résultats de la mesure de raideur dynamique

## 3.2 - Résistance à l'écoulement de l'air

### 3.2.1 - Description de la méthode de mesure

Les mesures sont réalisées selon la norme NF EN 29053 - Méthode avec écoulement d'air direct (méthode A).

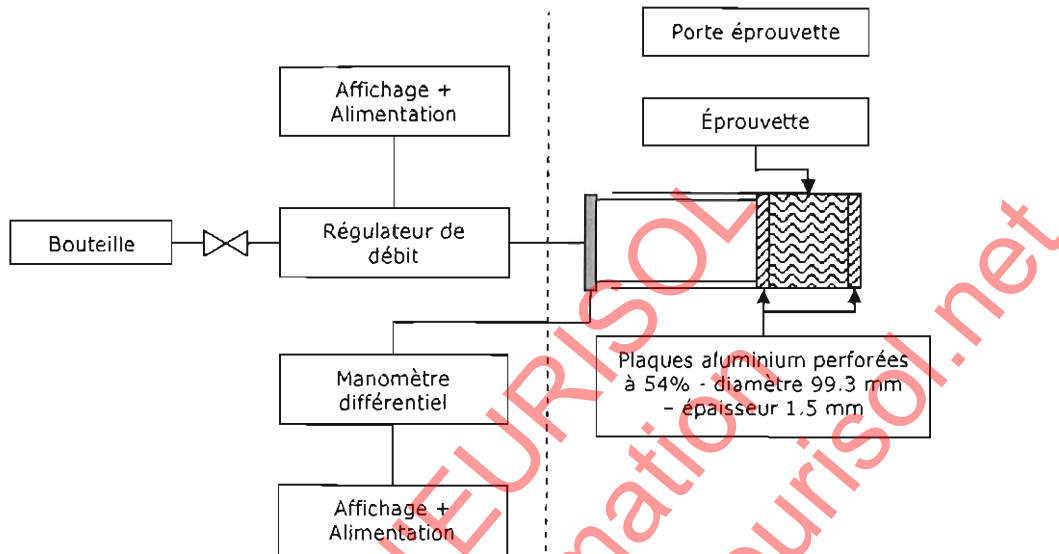


Figure 3.2 Schéma de principe du banc d'essais utilisé pour la mesure de la résistance à l'écoulement de l'air

### 3.2.2 - Résultats de la mesure de résistance à l'écoulement de l'air

Le tableau ci-dessous présente les résultats de la mesure de résistance à l'écoulement de l'air,

RÉSISTANCE A L'ÉCOULEMENT DE L'AIR selon la norme NF EN ISO 29053 - méthode A								
Numéro du dossier :	AC12-26040054		Température (en °C) :	21				
Nom du client :	EURISOL		HR (en %) :	48				
Nature de l'élément :	Laine minérale - liant (projeté)							
Appellation :	ISOTHERME 120 mm							
Date de l'essai :	12/09/2 012							
Responsable de l'essai :	P. KERDUDOU							
Paramètres			Numéro éprouvette	Épaisseur éprouvette en mm	$\Delta p$ en Pa	$R$ en kPa.s/m <sup>3</sup>	$R_s$ en kPa.s/m	$r$ en kPa.s/m <sup>2</sup>
Débit volumique $q_v$ en cm <sup>3</sup> /min (SCCM)	240	soit : 4E-06 m <sup>3</sup> /s	1	121	1,710	428	3,22	26,85
Diamètre des éprouvettes en mm :	98	soit : 0,098 m	2	120	2,650	663	5,00	41,84
			3	119	2,780	695	5,24	44,05
Vitesse de l'air en mm/s :	0,5		4	120	2,650	663	5,00	41,84
Surface A d'un échantillon en m <sup>2</sup> :	0,008		5	120	2,180	545	4,11	34,26
			8	123	1,920	480	3,62	29,44
Rappel :			7	120	2,410	603	4,54	37,87
Résistance à l'écoulement de l'air : $R = \Delta p / q_v$			8	120	1,940	485	3,66	30,49
Résistance spécifique à l'écoulement de l'air : $R_s = R \times A$			9	119	2,800	700	5,28	44,37
Résistivité à l'écoulement de l'air : $r = R_s / d$			Moyenne	120,222	2,336	584	4,41	36,71
			Ecart type	1,20	0,41	103,12	0,78	6,72
			Incertitude	± 0,839	± 0,369	± 92,319	± 0,699	± 5,841

Tableau 3.2 Résultats de la mesure de résistance à l'écoulement de l'air

## 4 - RÉSULTATS DES SIMULATIONS

### 4.1 - Données d'entrée pour les simulations acoustiques

Le tableau ci-dessous présente les données d'entrée nécessaires au logiciel AcouSYS pour la simulation des performances acoustiques du procédé de laine projetée ISOTHERM, c'est-à-dire : l'épaisseur, la masse volumique, le module d'Young, la résistivité à l'écoulement de l'air et le facteur de perte. Ces données sont issues de la phase de caractérisation décrite précédemment.

Référence	ISOTHERM
Nature	Laine projetée
Dossier	AC12-26038558
Épaisseur totale [mm]	120
Masse surfacique $m_s$ [kg/m <sup>2</sup> ]	30
Masse volumique $\rho$ [kg/m <sup>3</sup> ]	150
Module d'Young $E$ [Pa]	2,9 e+06
Résistivité à l'écoulement de l'air $r$ [Pa.s/m <sup>2</sup> ]	36 e+03
Facteur de perte structural $\eta$ [%]	2

**Tableau 4.1 Données d'entrée utilisées pour les simulations de performances acoustiques**

**NB :** Le module d'Young  $E$  [Pa] déterminé à partir de la raideur dynamique par l'équation suivante:

$$E = s' \times h$$

Avec  $h$ , l'épaisseur du matériau en m.

## 4.2 - Comparaison mesure/calcul de l'indice d'affaiblissement acoustique R et interprétation des résultats.

Le graphique ci-dessous présente l'indice d'affaiblissement acoustique R de la laine projetée ISOTHERM en 120 mm d'épaisseur sur une feuille de métal déployée, fixée sous une dalle de 140 mm mesuré au LABE et simulé par AcouSYS.

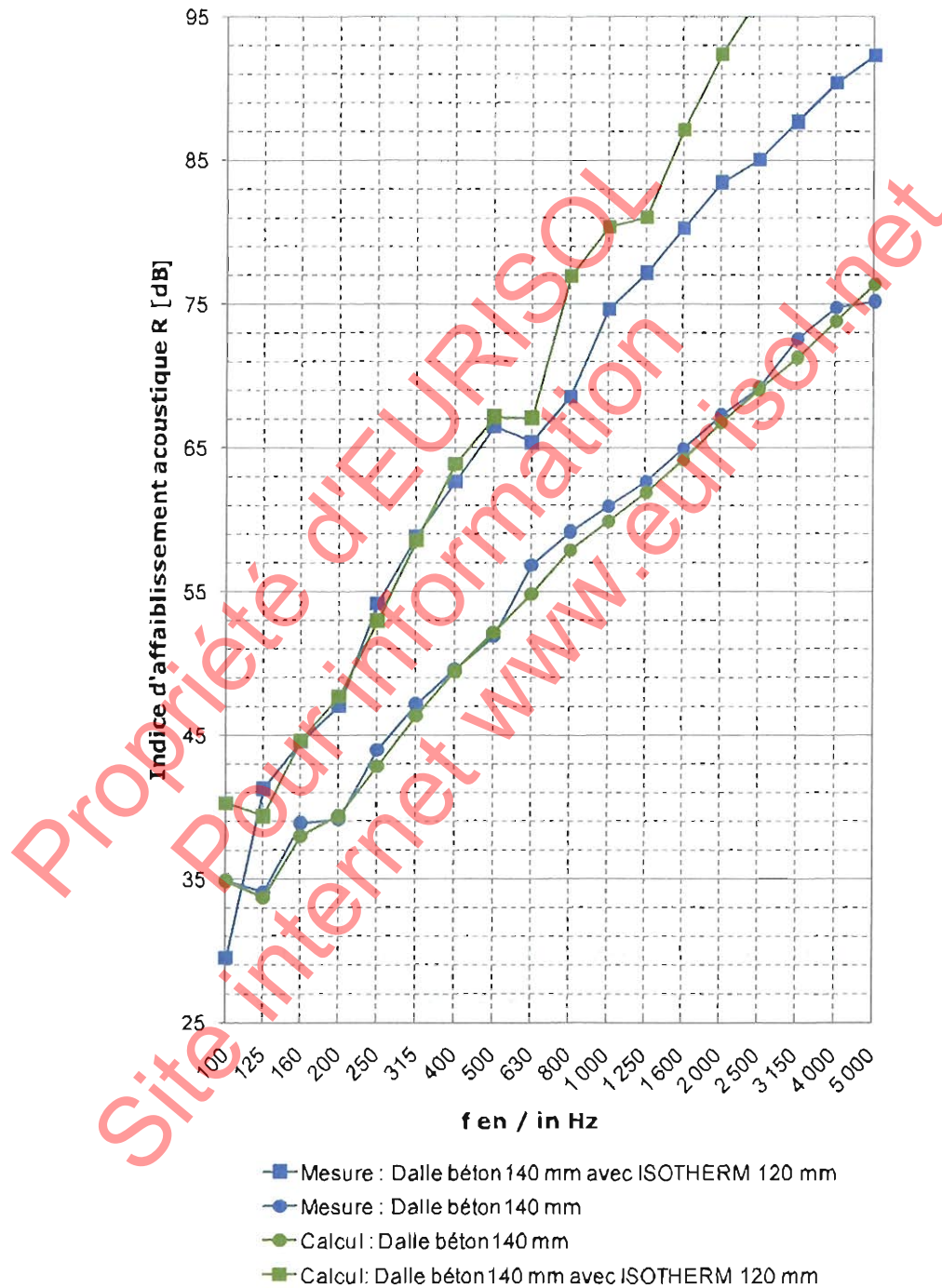


Figure 4.1 Comparaison mesure/calcul de l'indice d'affaiblissement acoustique R d'une laine projetée de 120 mm sous un plancher béton de 140 mm

La Figure 4.1 montre une corrélation satisfaisante entre les valeurs calculées et les valeurs mesurées, permettant ainsi de valider le modèle utilisé.

Au-delà de 800 Hz, les niveaux d'atténuation mesurés deviennent trop élevés et d'autres sources de bruits (transmissions latérales, bruit de fond) interviennent alors. De plus, Le modèle de calcul utilisé ne considère pas les contacts ponctuels créés par le treillis métallique entre la laine projetée et le plancher. C'est probablement ce qui explique les écarts observés. Notons néanmoins que les indices uniques sont peu impactés par ces écarts moyennes et hautes fréquences.

Cependant, on observe un écart conséquent ( $\approx 10$  dB) sur le tiers d'octave centré sur 100 Hz. Cette différence s'explique par le fait que l'outil de prédiction AcouSYS ne prend pas en compte le comportement modal du système (cf. § 2.2 Logiciel de prédiction AcouSYS et modèle de calculs), non négligeable aux basses fréquences.

Référence	$R_w(C;C_{tr})$ [dB]	$R_w+C$ [dB]
Mesure – Plancher béton	55(-2;-7)	53
Calcul – Plancher béton	54(-1;-6)	53
Mesure – Plancher béton + laine 120 mm	62(-5;-13)	57
Calcul – Plancher béton + laine 120 mm	64(-3;-9)	61

**Tableau 4.2 Indice acoustique global  $R_w(C;C_{tr})$  [dB]**

Le résultat du calcul de l'indice unique  $R_w(C;C_{tr})$  [dB] entre 100 et 3150 Hz selon la NF EN ISO 717-1 est essentiellement piloté par les valeurs de l'indice d'affaiblissement acoustique R centré sur les premiers tiers d'octave (basses fréquences). Cela se traduit par un écart significatif (4 dB) sur l'indice unique  $\Delta(R_w+C)$  [dB] entre la mesure et le calcul.

Référence	$\Delta(R_w+C)$ [dB]
Mesure – Plancher béton + laine 120 mm	+ 4
Calcul – Plancher béton + laine 120 mm	+ 8

**Tableau 4.3 Indice acoustique global  $\Delta(R_w+C)$  [dB]**

**NB :** L'indice  $\Delta(R_w+C)$  [dB] est une différence brute des  $R_w+C$  et n'est pas calculé selon la norme ISO 140-16 (ISO 10140-2)

Cependant, l'objet de l'étude est d'évaluer l'impact des variations d'épaisseur de laine et du plancher sur l'indice unique par rapport à la configuration de base testée en laboratoire. L'outil de calcul est donc utilisé dans l'optique de quantifier les écarts relatifs à cette configuration de référence (plancher béton de 140 mm et laine projetée de 120 mm).

### 4.3 - Impact de la variation d'épaisseur de la laine projetée et de la dalle béton sur l'indice R simulé

Les gains ou pertes calculés ( $\Delta$ ) de l'indice unique  $\Delta(R_w+C)$  [dB] par rapport à la configuration de référence calculée sont obtenus de la manière suivante :

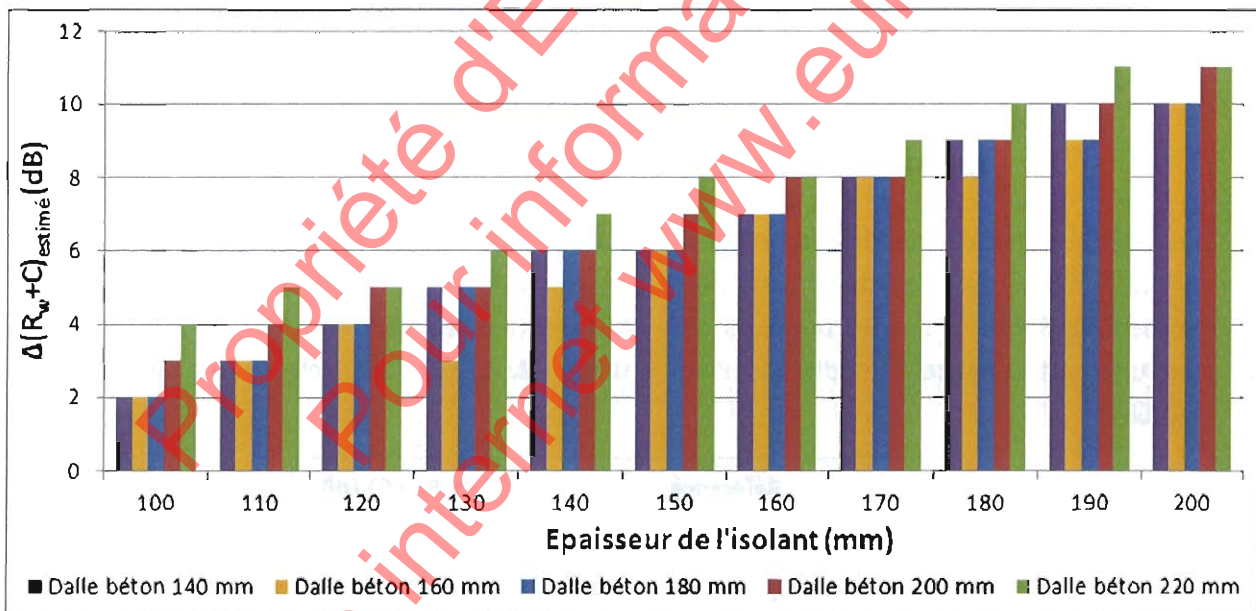
$$\Delta(\Delta(R_w+C)_{\text{calculé}}) = \Delta(R_w+C)_{\text{calculé}} - \Delta(R_w+C)_{\text{calculé-réf.}} \quad [\text{dB}]$$

Pour rappel, la configuration de référence est un plancher béton de 140 mm avec laine projetée sur un treillis métallique en 120 mm d'épaisseur dont la performance mesurée est de  $\Delta(R_w+C)_{\text{mesuré-réf.}} = 4$  dB

Afin de quantifier l'impact sur l'indice d'affaiblissement acoustique des différentes configurations investiguées la formule suivante est appliquée :

$$\Delta(R_w+C)_{\text{estimé}} = \Delta(R_w+C)_{\text{mesuré-réf.}} + \Delta(\Delta(R_w+C)_{\text{calculé}}) \quad [\text{dB}]$$

La figure ci-dessous présente l'impact sur l'indice d'affaiblissement acoustique R de la variation d'épaisseur de 100 à 200 mm (par pas de 10 mm) de la laine projetée en sous-face ainsi que de la variation d'un plancher béton d'épaisseur de 140 à 220 mm (par pas de 20 mm).



**Figure 4.2 Améliorations aux bruits aériens estimées pour différentes épaisseurs d'isolant projeté sur treillis métallique en fonction de l'épaisseur de la dalle support en béton**

La figure 4.2 montre l'impact sur l'indice d'affaiblissement R d'une laine projetée en fonction de l'épaisseur de celle-ci ; plus l'épaisseur de la laine augmente plus la performance acoustique du système est importante. Le gain par rapport à la configuration de référence peut atteindre 6 dB pour une épaisseur de laine projetée de 200 mm. Le gain apporté par l'augmentation de l'épaisseur du plancher varie quant à lui de 1 à 2 dB.

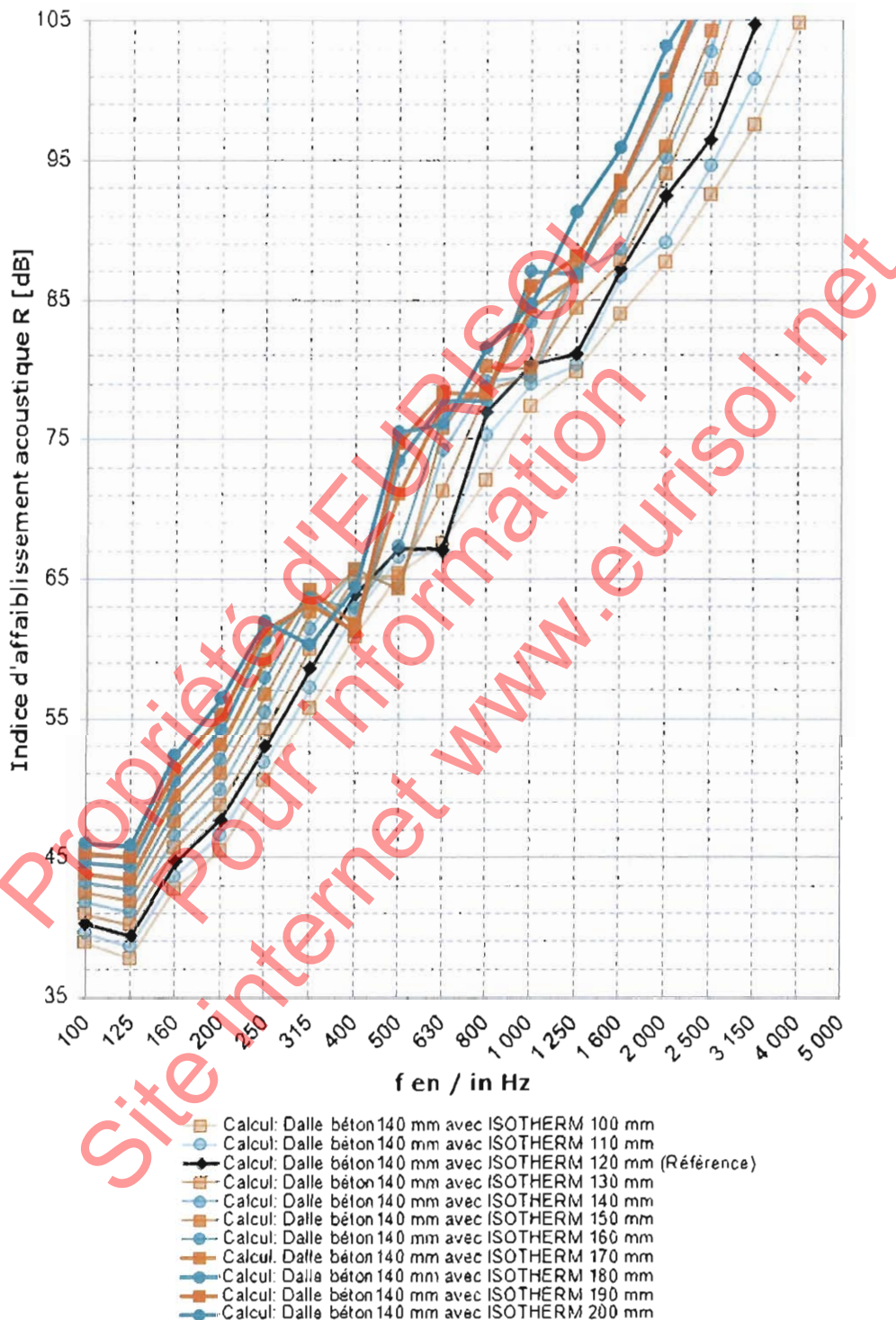
Les valeurs de l'indice unique  $R_w+C$  [dB] présentées dans le tableau suivant sont calculées à partir de la figure 4.2, des valeurs de l'indice d'affaiblissement du plancher béton de 140 mm mesuré et des valeurs de l'indice d'affaiblissement de plancher béton issues de la base de données Acoubat Sound 2010 v6 pour les épaisseurs non testées (160, 180, 200, 220 mm).

		Plancher béton seul $R_w+C$ [dB]	Épaisseur de la laine projetée (mm)										
			100	110	120	130	140	150	160	170	180	190	200
Épaisseur du plancher béton (mm)	140	53	55	56	57	58	59	59	60	61	62	63	63
	160	57	59	60	61	60	62	63	64	65	65	66	67
	180	60	62	63	64	65	66	66	67	68	69	69	70
	200	62	65	66	67	67	68	69	70	70	71	72	73
	220	64	68	69	69	70	71	72	72	73	74	75	75

**Tableau 4.4 Estimation de l'indice unique  $R_w+C$  [dB] pour les différentes configurations**

**NB :** Les valeurs présentées dans les cases rouges sont directement issues des mesures effectuées en laboratoire (Annexe 3).

La Figure 4.3 présente l'évolution de l'indice d'affaiblissement acoustique R en fonction de la fréquence et de la variation d'épaisseur du système de laine projetée en sous-face d'une dalle de 140 mm d'épaisseur.



**Figure 4.3 Évolution de l'indice d'affaiblissement R simulé en fonction de l'augmentation d'épaisseur de la laine projetée sous une dalle**



---

## 5 - CONCLUSION

---

À partir des mesures de raideur dynamique et de résistance à l'écoulement de l'air réalisées en laboratoire sur un système de laine projetée ISOTHERM, les performances acoustiques (indice d'affaiblissement acoustique) de cette dernière ont été simulées à partir de l'outil de calcul AcouSYS développé par le CSTB. Ces calculs permettent de quantifier l'impact de la projection de laine projetée sur un treillis fixé au plancher béton.

L'impact de la variation d'épaisseur de la laine projetée a été quantifié pour un système idéalisé qui serait totalement désolidarisé de la dalle de béton (en pratique, il persiste un contact partiel du fait de la présence du treillis). On observe une augmentation globalement linéaire des performances acoustiques du système (de 0 à 8 dB) pour des épaisseurs de laine comprises entre 100 et 200 mm.

Concernant l'épaisseur du plancher (pour une épaisseur de laine projetée constante), les performances acoustiques peuvent être améliorées de 1 à 2 dB dans le cas le plus favorable, c'est-à-dire en passant d'un plancher béton de 140 à 220 mm.

Propriété d'EURISOL  
Pour information  
Site internet [www.eurisol.net](http://www.eurisol.net)

## ANNEXE 1 - DÉTERMINATION DE LA RAIDEUR DYNAMIQUE

La détermination de la fréquence de résonance  $f_r$  du système masse-ressort-masse permet de d'obtenir la raideur dynamique apparente par unité de surface  $s'_i$  de l'éprouvette suivant l'équation :

$$f_r = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{s'_i}{m'_i}}$$

Avec  $m'_i$  : masse totale par unité de surface utilisée pendant l'essai

Le dispositif de mesure utilisé par le laboratoire est constitué d'un système Pulse qui génère un signal d'excitation dit « bruit blanc », amplifié par un amplificateur de puissance avant d'être transmis à un pot vibrant.

Une tête d'impédance permet de récupérer la force injectée ainsi que la vitesse de déplacement du système masse-ressort-masse.

Ces signaux sont ensuite amplifiés par des amplificateurs de charge avant d'être transmis au système Pulse pour être traités et analysés.

Les calculs de la raideur dynamique par unité de surface  $s'$  et du facteur de perte à partir des mesures sont effectués de la manière suivante :

- Raideur dynamique par unité de surface  $s'$ , en  $N/m^3$  :

$$s' = s'_i + s'_a$$

Avec  $s'_i$  ; raideur dynamique apparente par unité de surface de l'éprouvette, en  $N/m^3$

$$s'_i = 4\pi \times m_i \times f_r^2$$

où :  $m_i$  est la masse surfacique de la charge appliquée sur l'éprouvette en  $kg/m^2$   
 $f_r$  est la fréquence de résonance en Hz du système masse-ressort-masse

$s'_a$  : raideur dynamique par unité de surface du gaz captif, en  $N/m^3$

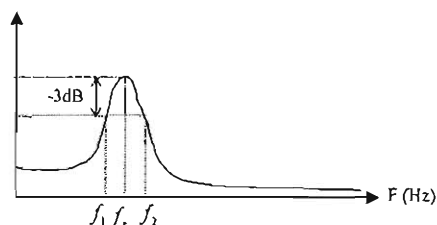
$$s'_a = \frac{P_0}{d_i \times \varepsilon}$$

où :  $P_0$  est la pression atmosphérique en Pa  
 $d_i$  est l'épaisseur de l'éprouvette sous la charge statique appliquée en mm  
 $\varepsilon$  est la porosité du matériau<sup>1</sup>

- Facteur de perte, en % :

$$\eta = \frac{\Delta f}{f_r} \times 100$$

$$\text{Avec } \Delta f = \frac{f_2 - f_1}{f_r}$$



<sup>1</sup> La porosité est estimée d'après  $\varepsilon = 1 - M / (\rho d)$  avec  $M$  : masse surfacique du produit résilient,  $\rho$  : masse volumique du constituant solide du produit résilient,  $d$  : l'épaisseur de la partie poreuse de l'éprouvette (sous charge).

---

## ANNEXE 2 - GLOSSAIRE

---

$\eta$  : Facteur de perte ou amortissement du matériau, exprimé en %

CSTB : Centre Scientifique et Technique du Bâtiment

dB : déciBel est une échelle de mesure logarithmique en acoustique, notée dB

E : Module d'Young ou module d'élasticité longitudinale est la constante qui relie la contrainte de traction et la déformation pour un matériau isotrope, exprimé en N/m<sup>2</sup> ou Pa

$R_w(C;C_{tr})$  : Indice d'affaiblissement pondéré avec ses termes d'adaptation, C pour un bruit rose et  $C_{tr}$  pour un bruit de trafic routier à l'émission, exprimé en dB

$R_w+C$  : Indice d'affaiblissement acoustique calculé pour un bruit rose à l'émission, exprimé en dB

Propriété d'EURISOL  
Pour information  
Site internet [www.eurisol.net](http://www.eurisol.net)

**ANNEXE 3 - RÉSULTATS DE MESURES AC12-26038558**

Fréquence [Hz]	R plancher béton seul [dB]	R plancher + treillis métallique + laine projetée 120 mm [dB]
100	34,9	29,5
125	34,1	41,3
160	38,9	44,6
200	39,2	47,1
250	44,0	54,2
315	47,2	58,9
400	49,6	62,7
500	51,9	66,5
630	56,9	65,4
800	59,2	68,6
1000	61,0	74,7
1250	62,7	77,2
1600	65,0	80,3
2000	67,3	83,5
2500	69,2	85,1
3150	72,6	87,7
4000	74,8	90,4
5000	75,2	92,3
$R_w(C;C_{tr})$	55	62
$R_w+C$	53	57
$R_w+C_{tr}$	48	49

**FIN DE RAPPORT**