



SERVICES CULTURE ÉDITIONS  
RESSOURCES POUR  
L'ÉDUCATION NATIONALE

**Ce document a été numérisé par le CRDP de Bordeaux pour la  
Base Nationale des Sujets d'Examens de l'enseignement professionnel.**

**Campagne 2013**

# BREVET DE TECHNICIEN SUPÉRIEUR

## ENVELOPPE DU BÂTIMENT FAÇADES - ÉTANCHÉITÉ

### Sous-épreuve U41 : Sciences du bâtiment

Session 2013

Durée : 2h40

Coefficient : 2

**Matériel autorisé :**

- Toutes les calculatrices de poche y compris les calculatrices programmables, alphanumériques ou à écran graphique à condition que leur fonctionnement soit autonome et qu'il ne soit pas fait usage d'imprimante (Cirulaire n°99-186, 16/11/1999, BO n°42 du 25/11/1999).

**Tout autre matériel est interdit.**

**Documents à rendre avec la copie :**

- DR1.....page 20/21  
- DR2.....page 21/21

Dès que le sujet est remis, assurez-vous qu'il est complet.  
Le sujet se compose de 21 pages, numérotées de 1/21 à 21/21.

BTS ENVELOPPE DU BÂTIMENT: FAÇADES ET ÉTANCHÉITÉ	SUJET	Session 2013
Épreuve U41: Sciences du bâtiment	Durée : 2h40	Coefficient : 2
CODE : 13EBE4SB1		Page : 1/21

# BUREAUX DE LA CRÊPERIE JARNOUX

## SOMMAIRE

### DOSSIER SUJET

Partie 1 : DIMENSIONNEMENT MÉCANIQUE DU MUR RIDEAU

Partie 2 : ÉTUDE ACOUSTIQUE DES BACS ACIERS DE COUVERTURE

Partie 3 : ÉTUDE THERMIQUE DU MUR-RIDEAU

### DOSSIER TECHNIQUE

- DT 1.1 FAÇADES
- DT 1.2 Extrait du niveau 1
- DT 2.1 Annexe mécanique
- DT 2.2 Formulaire de flexion
- DT 2.3 Caractéristiques des profilés
- DT 3.1 Extrait norme NF S 31-080
- DT 3.2 Extrait Norme NF EN 11654
- DT 3.3 Extrait documentation CORUS
- DT 4.1 Formulaire thermique
- DT 4.2 Extrait Règles ThU.

### DOSSIER RÉPONSES

- DR 1 DOCUMENT RÉPONSE 1 Courbe de référence
- DR 2 DOCUMENT RÉPONSE 2 Étude du temps de réverbération

### BARÈME

	Points	Temps indicatifs
Lecture	----	10 minutes
Dimensionnement du mur-rideau	16 pts	60 minutes
Étude acoustique de la couverture	11 pts	40 minutes
Étude thermique du mur-rideau	13 pts	50 minutes
Total	40 pts	160 minutes

## PARTIE 1 : DIMENSIONNEMENT MÉCANIQUE DU MUR RIDEAU

### Données concernant le matériau :

- Alliage EN-AW 6060  $E = 70\,000\text{ Mpa}$
- contrainte admissible :  $\sigma_{adm} = 150\text{ MPa}$

### Données complémentaires :

- Le poids propre des profilés est négligé.
- Les dimensions des vitrages et des profilés seront calculées entre axes des structures.

### Première partie : dimensionnement du montant du mur rideau

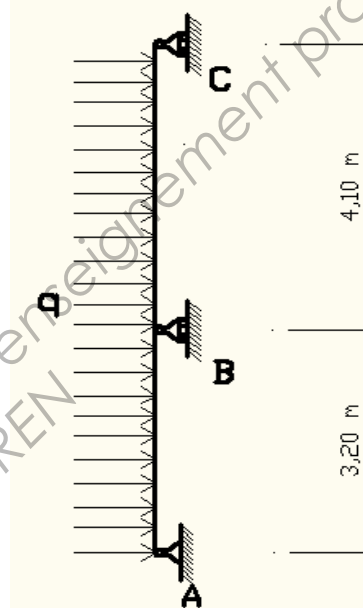
Le montant étudié est repéré sur les plans DT 1.1 et DT 1.2

On donne le schéma mécanique suivant:

Pression due au vent sur la façade = 884 Pa

Appui A : articulation

Appuis B et C : appuis simples.



### Questions :

#### 1.1 Dimensionnement en service (critère de flèche)

On donne l'équation de la déformée dans la travée BC :

$$EIy(x) = -59x^4 + 587x^3 - 1239x^2 - 721x \quad \text{En N.m}^3 \text{ avec } x \text{ en m}$$

La flèche maximum est située en  $x = 2,295\text{m}$  dans la travée BC. Choisissez le profilé permettant de satisfaire la condition de flèche ( $L/200$  ; 15 mm). (Voir DT 2.3).

#### 1.2 Dimensionnement à l'état limite ultime (critère de contrainte)

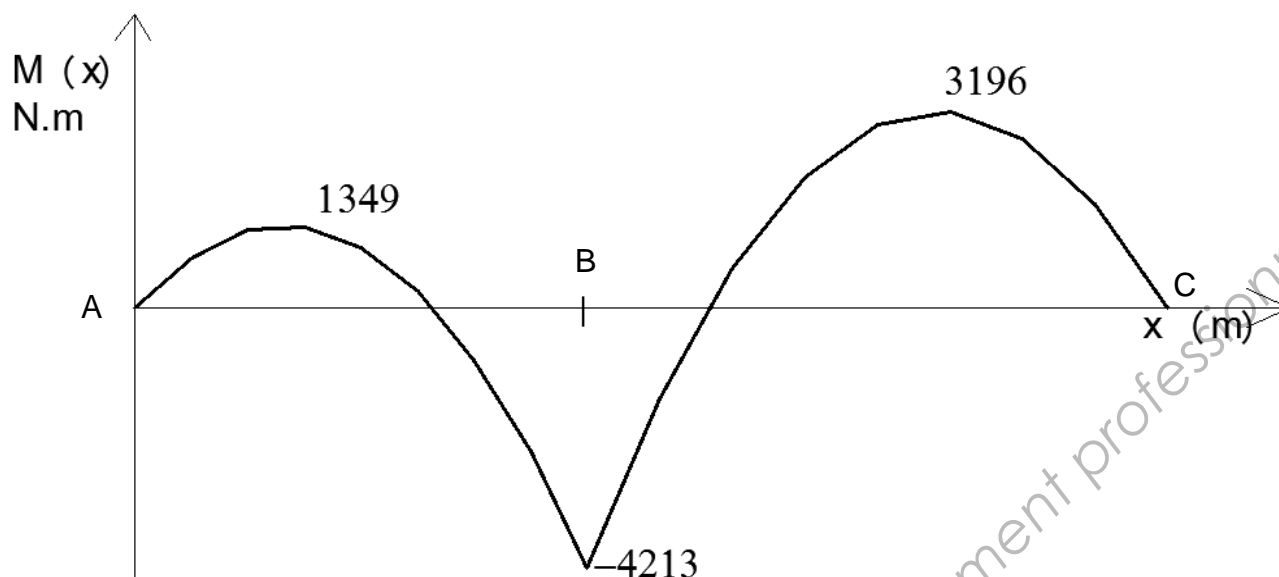
##### 1.2.1 Calculez $W_u$

Les coefficients de pondération retenus seront les suivants :

- 1,5 pour les actions permanentes,
- 1,7 pour les actions variables.

BTS ENVELOPPE DU BÂTIMENT: FACADES ET ÉTANCHÉITÉ	SUJET	Session 2013
Épreuve U41: Sciences du bâtiment	Durée : 2h40	Coefficient : 2
CODE : 13EBE4SB1		Page : 3/21

**1.2.2** Vérifiez la valeur du moment au point B donnée sur le diagramme ci-dessous à l'aide du document DT 2.1 en prenant  $W_u = 2420\text{N/m}$ .



**1.2.3** Le profil choisi suite au dimensionnement en service de la question 1.1 est le profilé **10 158**. Vérifiez le dimensionnement. (Suivant annexe DT 2.1).

### Deuxième partie : dimensionnement d'une traverse

La traverse étudiée est repérée sur le plan DT 1.1.

- Les vitrages isolants sont de type 44.2/12/4.
- Les cales sont placées à une distance de 100mm du bord du vitrage.
- La traverse est bi-articulée.
- La masse volumique du verre:  $2500\text{ kg/m}^3$ .

Pression due au vent: 884 Pa.

### Questions

#### **2.1 Schéma mécanique de la traverse**

Établissez les schémas mécaniques de la traverse à étudier suivant les deux cas de chargement (vent et poids du vitrage).

Calculez les valeurs des charges pour les vérifications en déformations (pas de pondération).

Remarque : On ne prendra pas de simplification pour le chargement dû au vent.

#### **2.2 Dimensionnement en service (critère de flèche)**

Choisissez le profilé permettant de satisfaire la condition de flèche suivant les deux cas de chargement (voir formulaires DT 2.2 et DT 2.3).

On donne les valeurs des flèches admissibles :

- Sous le vent :  $L/200$  limitée à 15 mm.
- Sous le poids du vitrage :  $L/500$  limitée à 3 mm.

<b>BTS ENVELOPPE DU BÂTIMENT: FACADES ET ÉTANCHÉITÉ</b>	SUJET	Session 2013
Épreuve U41: Sciences du bâtiment	Durée : 2h40	Coefficient : 2
CODE : 13EBE4SB1		Page : 4/21

## PARTIE 2 : ÉTUDE ACOUSTIQUE DES BACS ACIERS DE COUVERTURE

Cette partie a pour objectif de vérifier le temps de réverbération des bureaux de l'étage de l'entreprise et d'étudier la possibilité de ne pas installer de faux-plafond dans le but de diminuer le coût de construction, les bacs aciers supports d'étanchéité ayant des performances acoustiques intéressantes.

Le maître d'ouvrage exige de conserver un niveau de performances acoustiques « très performant » (cf. norme NF S 31-080 DT 3.1).

Votre entreprise souhaite utiliser l'un des deux bacs suivants :

Nervocoustic 57 (DT 3.3).

Rockacier B nu ( $\alpha_w = 0,65$  LM).

Les bureaux de l'étage étant sensiblement tous de même surface, on va s'intéresser à un bureau de réception en considérant que celui-ci est représentatif de l'ensemble.

### Données :

Le bureau a pour dimensions totales :

- surface au sol : 11,50 m<sup>2</sup>
- hauteur sous bacs : 3,00 m

Désignation	Surfaces en m <sup>2</sup>	Coefficient unique $\alpha_w$
menuiseries extérieures	2,64	0,05
plafond	11,5	À déterminer
sol en PVC	11,5	0,05
cloisons et doublages	35,22	0,05
Porte (80 x 205)	1,64	0,15

### Questions :

1 – On se propose de déterminer le coefficient unique  $\alpha_w$  du bac Nervocoustic 57 selon les modalités de la norme NF EN 11654 (DT 3-2 et DT 3-3). **Utilisez le DR 1.**

1-1 Retracez la courbe du bac DT 3-3 sur le DR1 (en utilisant les  $\alpha_{\text{octave}}$ ).

1-2 Translatez le gabarit (courbe de référence) selon la norme et déduisez  $\alpha_w$ .

2 – La surface des bacs n'est pas plane, on considèrera qu'il y a 1,30 m<sup>2</sup> de surface développée pour 1 m<sup>2</sup> de surface plane. Déterminez les aires d'absorption puis les temps de réverbération avec chacun des deux bacs proposés.

**Utilisez le DR 2.**

3 – Choisissez le bac de couverture qui permet de respecter le niveau de performance souhaité par le maître d'ouvrage.

<b>BTS ENVELOPPE DU BÂTIMENT: FACADES ET ÉTANCHÉITÉ</b>	SUJET	Session 2013
Épreuve U41: Sciences du bâtiment	Durée : 2h40	Coefficient : 2
CODE : 13EBE4SB1		Page : 5/21

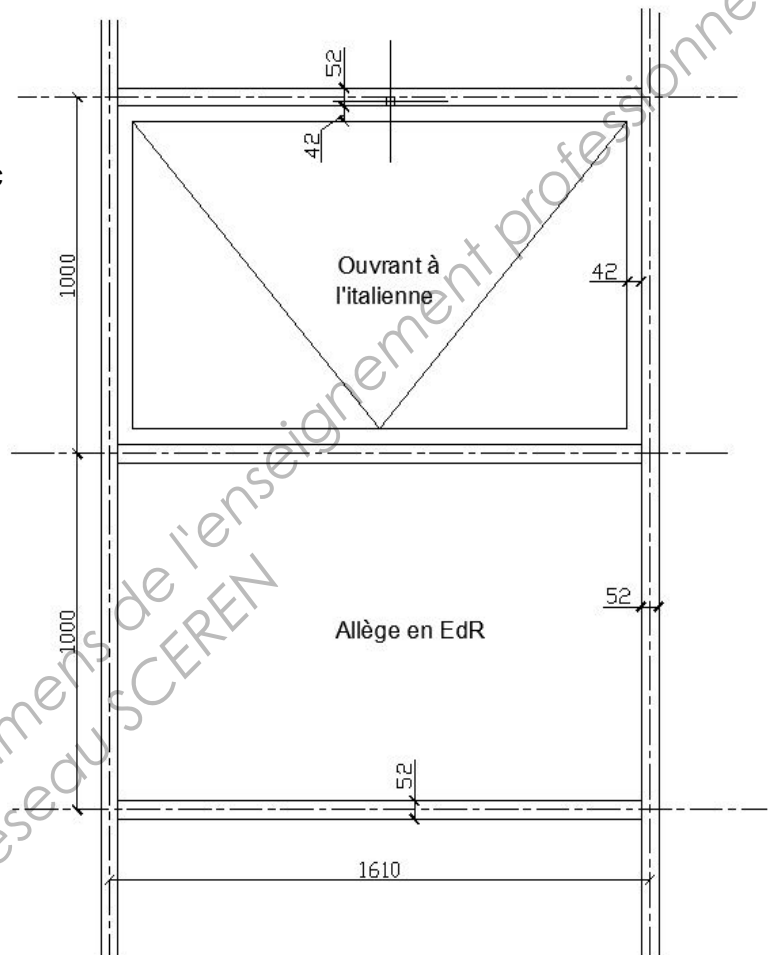
## PARTIE 3 : ÉTUDE THERMIQUE DU MUR-RIDEAU

On s'intéresse au mur rideau courbe situé à l'entrée du bâtiment. Pour cela, on va circonscrire l'étude à un module vertical de largeur 1610 mm (cf DT 1.1).

### TRAME :

Le module de mur rideau étudié a pour entraxe 1610 mm. Cf. schéma ci-dessous.

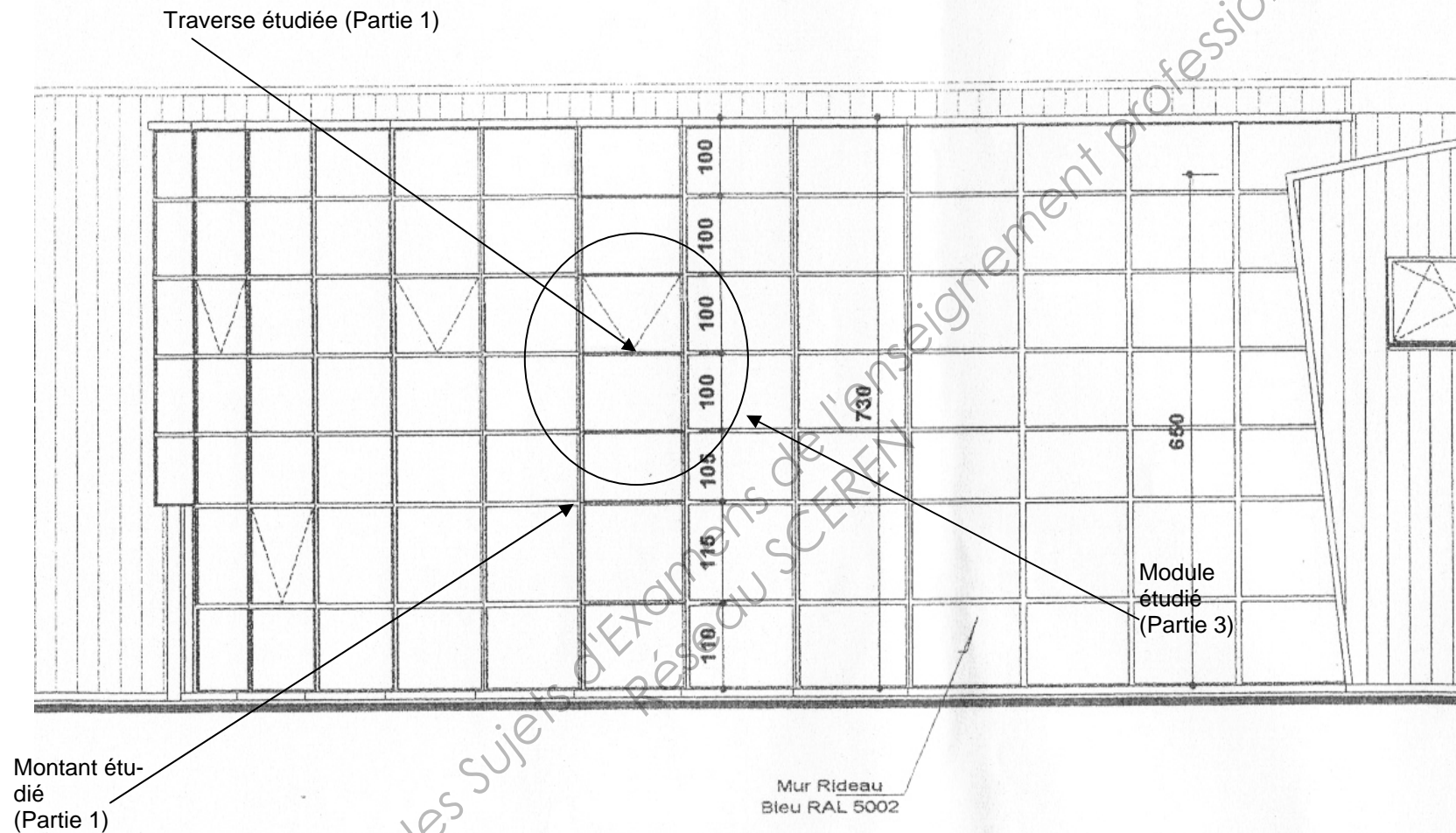
- Le vitrage est un double-vitrage 44.2/12/4 à isolation thermique renforcée, remplissage Argon avec émissivité des vitrages de 0,89 ( $\epsilon_{n1}$ ) pour la première glace et de 0,05 ( $\epsilon_{n2}$ ) pour la seconde.
- EdR : Up de 0,85 W/m<sup>2</sup>K.
- Le coefficient moyen de la menuiserie est de  $U_f = 4,3$  W/m<sup>2</sup>C.



### Questions :

- 1 – Quel est l'intérêt de placer la face de faible émissivité en face 2 ?
- 2 – A l'aide des règles ThU (DT 4.1 et 4.2), calculez le coefficient  $U_g$  de l'ouvrant du mur rideau.
- 3 – On prendra  $U_g = 1,30$  W/m<sup>2</sup>C et le coefficient linéique de la jonction panneau opaque – menuiserie  $\psi_p = 0,14$  w/m<sup>2</sup>K.  
Déterminez le coefficient  $U_{cw,tot}$  d'un élément de mur-rideau composé d'une allège avec Edr de 1,00 m de haut et d'un ouvrant.
- 4 – Comparez la valeur obtenue avec la valeur réglementaire.

BTS ENVELOPPE DU BÂTIMENT: FACADES ET ÉTANCHÉITÉ	SUJET	Session 2013
Épreuve U41: Sciences du bâtiment	Durée : 2h40	Coefficient : 2
CODE : 13EBE4SB1		Page : 6/21



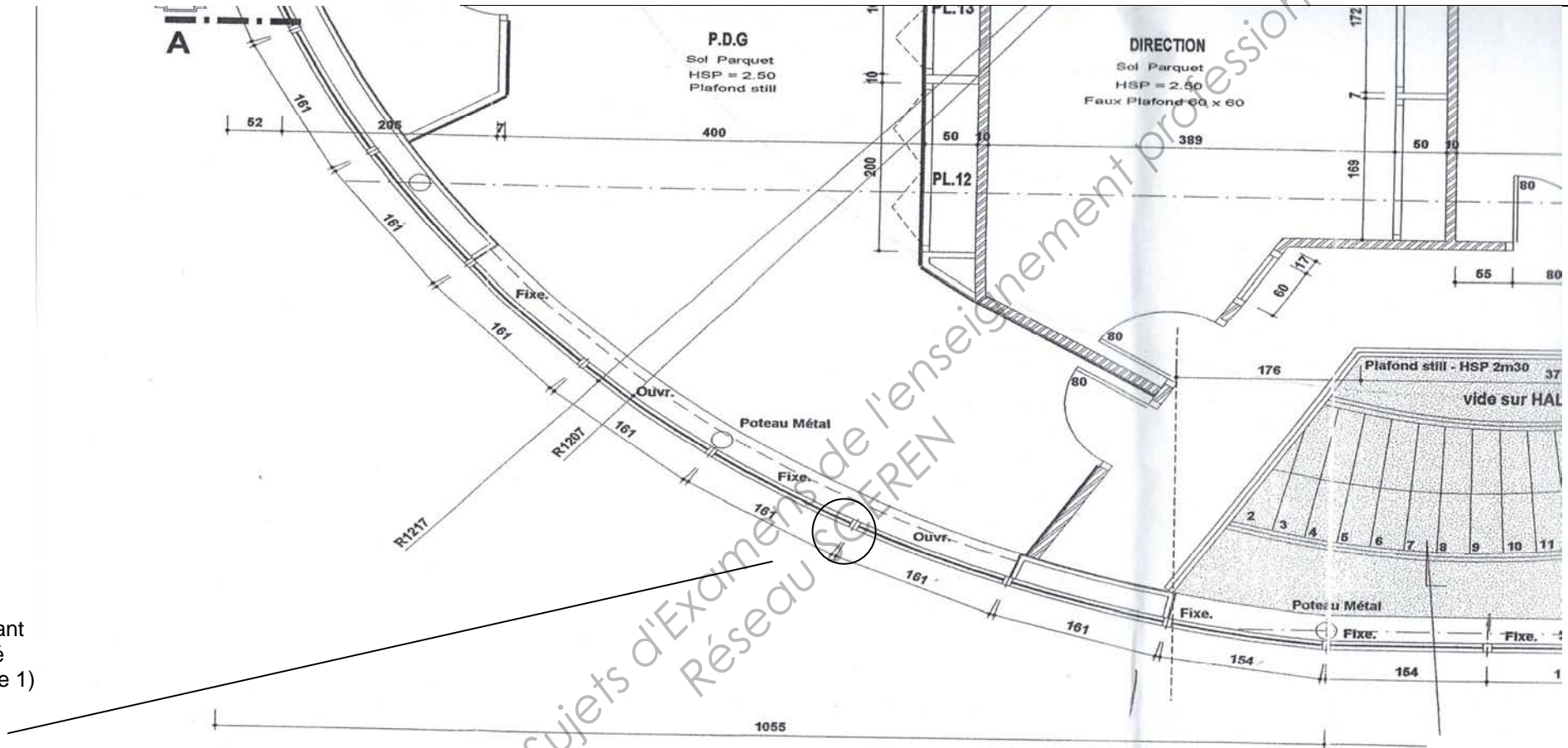
Attention : cotes en cm

<b>BTS ENVELOPPE DU BÂTIMENT: FACADES ET ÉTANCHÉITÉ</b>	SUJET	Session 2013
Épreuve U41: Sciences du bâtiment	Durée : 2h40	Coefficient : 2
CODE : 13EBE4SB1		Page : 7/21



# EXTRAIT DU NIVEAU 1

DT 1.2

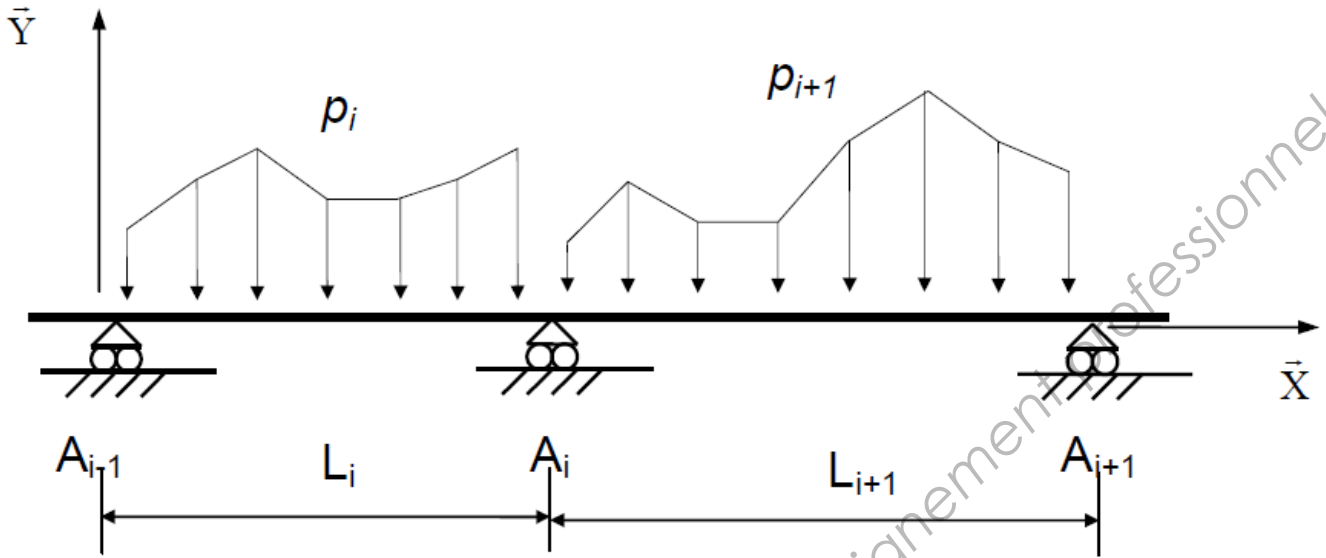


Montant étudié (Partie 1)

Attention : cotes en cm

<b>BTS ENVELOPPE DU BÂTIMENT: FACADES ET ÉTANCHÉITÉ</b>	SUJET	Session 2013
Épreuve U41: Sciences du bâtiment	Durée : 2h40	Coefficient : 2
CODE : 13EBE4SB1		Page : 8/21

**Théorème des trois moments : cas d'une poutre sur n appuis**



$$l_i M_{i-1} + 2(l_i + l_{i+1})M_i + l_{i+1}M_{i+1} = 6EI (\omega_{0di} - \omega_{0gi})$$

$\omega_{0di}$  rotation à droite de  $A_i$  dans travée  $i+1$

$\omega_{0gi}$  rotation à gauche de  $A_i$  dans travée  $i$  (travées isostatiques).

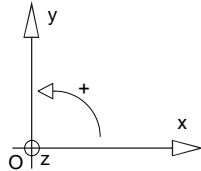
Schéma mécanique	Rotation aux appuis	Flèche
	$\omega_A = -\frac{pL^3}{24EI}$ $\omega_B = \frac{pL^3}{24EI}$	$f_{(L/2)} = \frac{5pL^4}{384EI}$

**Vérification en flexion simple**

$$\sigma_f = \frac{M}{I_v} < \sigma_{adm}$$

## CONVENTIONS DE SIGNES ET DE REPRÉSENTATION

### Repère



### Liaisons

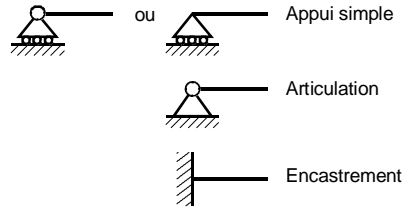


Schéma mécanique	Flèche
	$f_{(L/2)} = \frac{-Fa}{24EI} (3L^2 - 4a^2)$
	$f_{(L/2)} = \frac{P(5L^2 - 4a^2)^2}{1920EI}$

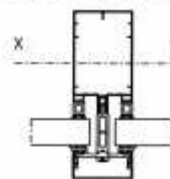
**M E C A N O**

Mur-rideau à serreur filant

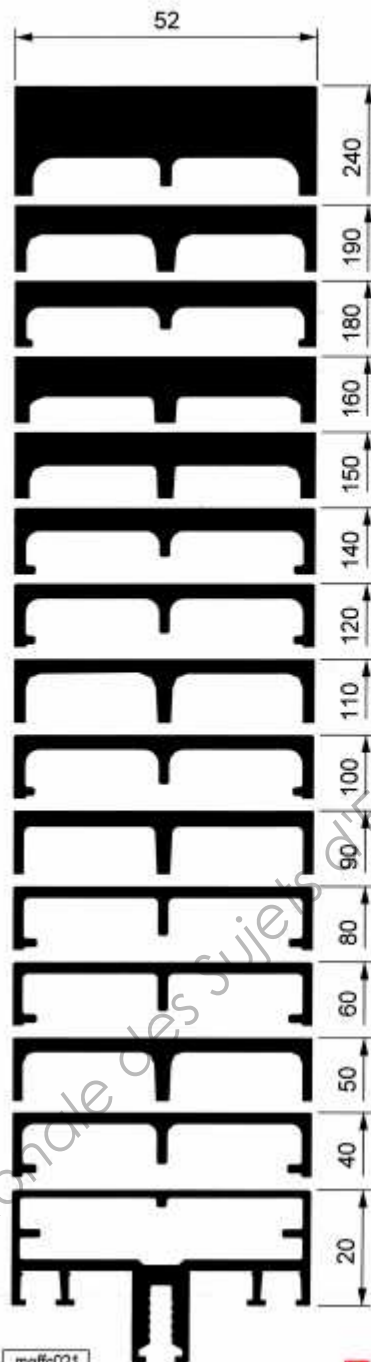
Les inerties

PROFILÉS MONTANTS ET TRAVERSES D'OSSATURE

Pour un effort perpendiculaire à la façade en pression et dépression du vent inertie selon l'axe XX'



IXX' : en cm<sup>4</sup>  
IXX' : en cm<sup>3</sup>  
V



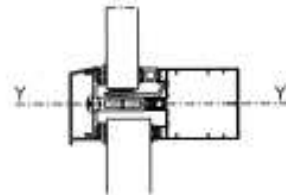
Référence	Périmètre	Inertie sans renfort	Inertie avec renfort
10160	0.690 ml	1698.8 cm <sup>4</sup> 114.7 cm <sup>3</sup>	Tubes acier soudés 140x40x4 et 70x40x4 4439.99 cm <sup>4</sup> 336.45 cm <sup>3</sup>
10257	0.590 ml	706.12 cm <sup>4</sup> 65.58 cm <sup>3</sup>	Tubes acier soudés 120x40x4 et 40x40x4 2092.57 cm <sup>4</sup> 202.19 cm <sup>3</sup>
10159	0.570 ml	589.52 cm <sup>4</sup> 58.87 cm <sup>3</sup>	Tubes acier soudés 120x40x4 et 40x40x4 1974.97 cm <sup>4</sup> 197.41 cm <sup>3</sup>
10256	0.530 ml	504.95 cm <sup>4</sup> 50.64 cm <sup>3</sup>	Tube acier 120x40x4 1065.62 cm <sup>4</sup> 117.69 cm <sup>3</sup>
10255	0.510 ml	403.44 cm <sup>4</sup> 44.64 cm <sup>3</sup>	Tube acier 120x40x4 964.11 cm <sup>4</sup> 113.04 cm <sup>3</sup>
10158	0.490 ml	298.30 cm <sup>4</sup> 37.56 cm <sup>3</sup>	Tube acier 120x40x4 858.97 cm <sup>4</sup> 107.75 cm <sup>3</sup>
10157	0.450 ml	181.89 cm <sup>4</sup> 27.87 cm <sup>3</sup>	Tube acier 100x40x4 528.96 cm <sup>4</sup> 77.98 cm <sup>3</sup>
10254	0.430 ml	152.65 cm <sup>4</sup> 24.69 cm <sup>3</sup>	Tube acier 80x40x4 347.02 cm <sup>4</sup> 56.98 cm <sup>3</sup>
10169	0.410 ml	116.05 cm <sup>4</sup> 20.95 cm <sup>3</sup>	Tube acier 80x40x4 310.42 cm <sup>4</sup> 53.70 cm <sup>3</sup>
10253	0.390 ml	93.13 cm <sup>4</sup> 17.80 cm <sup>3</sup>	Tube acier 60x40x4 186.07 cm <sup>4</sup> 36.37 cm <sup>3</sup>
10156	0.370 ml	61.65 cm <sup>4</sup> 13.41 cm <sup>3</sup>	Tube acier 60x40x4 154.59 cm <sup>4</sup> 32.13 cm <sup>3</sup>
10155	0.330 ml	30.99 cm <sup>4</sup> 8.84 cm <sup>3</sup>	Tube acier 40x40x4 64.20 cm <sup>4</sup> 17.12 cm <sup>3</sup>
10252	0.310 ml	22.42 cm <sup>4</sup> 6.83 cm <sup>3</sup>	Tube acier 20x40x2 26.71 cm <sup>4</sup> 8.34 cm <sup>3</sup>
10166	0.290 ml	12.11 cm <sup>4</sup> 4.53 cm <sup>3</sup>	Tube acier 20x40x2 16.40 cm <sup>4</sup> 5.85 cm <sup>3</sup>
10165	0.250 ml	2.24 cm <sup>4</sup> 1.28 cm <sup>3</sup>	

28

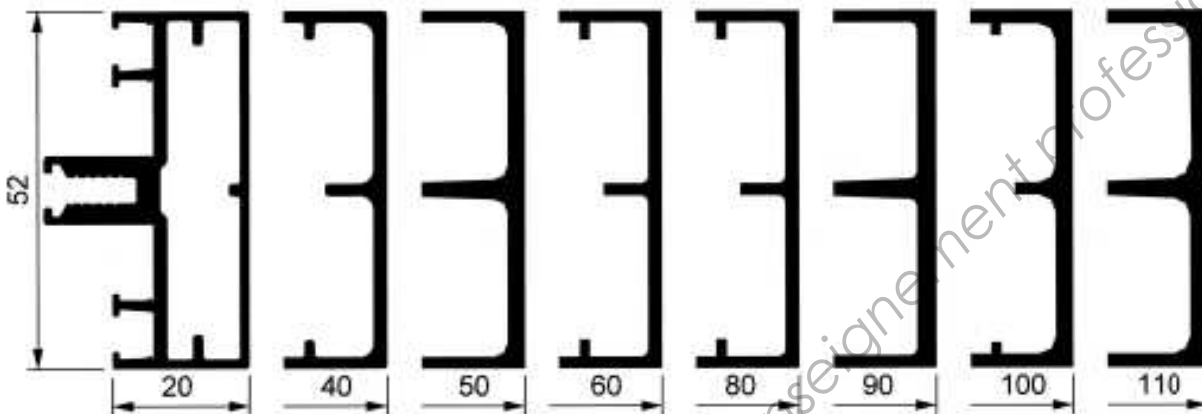
**WICONA**  
ARCHITECTURAL SYSTEMS

Pour un effort dans le plan de la façade au poids de remplissage Inertie selon l'axe YY'

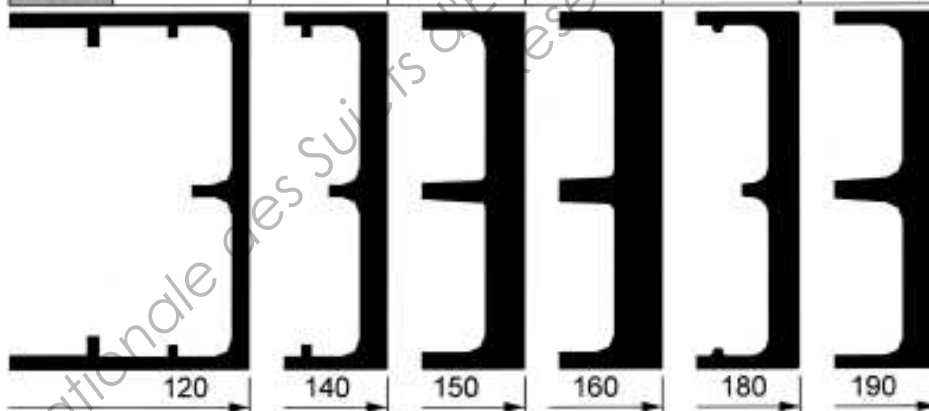
Seuls les abaques sont à utiliser pour le dimensionnement de trames et les reprises de poids de vitrage



I<sub>YY'</sub> : en cm<sup>4</sup>  
I<sub>Y'Y'</sub> : en cm<sup>3</sup>



Référence	10165	10166	10252	10155	10156	10253	10169	10254
Inertie sans renfort	8.52 cm <sup>4</sup> 3.27 cm <sup>3</sup>	14.24 cm <sup>4</sup> 5.48 cm <sup>3</sup>	16.87 cm <sup>4</sup> 6.49 cm <sup>3</sup>	19.09 cm <sup>4</sup> 7.34 cm <sup>3</sup>	24.17 cm <sup>4</sup> 9.29 cm <sup>3</sup>	27.20 cm <sup>4</sup> 10.46 cm <sup>3</sup>	32.82 cm <sup>4</sup> 12.62 cm <sup>3</sup>	35.73 cm <sup>4</sup> 13.74 cm <sup>3</sup>
Inertie avec renfort		Tube acier 20x40x2 27.5 cm <sup>4</sup> 10.6 cm <sup>3</sup>	Tube acier 20x40x2 30.1 cm <sup>4</sup> 11.6 cm <sup>3</sup>	Tube acier 40x40x4 52.3 cm <sup>4</sup> 20.1 cm <sup>3</sup>	Tube acier 60x40x4 73 cm <sup>4</sup> 28.1 cm <sup>3</sup>	Tube acier 60x40x4 76 cm <sup>4</sup> 29.2 cm <sup>3</sup>	Tube acier 80x40x4 96.3 cm <sup>4</sup> 37.5 cm <sup>3</sup>	Tubes acier 80x40x4 100.2 cm <sup>4</sup> 38.5 cm <sup>3</sup>



Référence	10157	10158	10255	10256	10159	10257
Inertie sans renfort	38.37 cm <sup>4</sup> 14.76 cm <sup>3</sup>	46.80 cm <sup>4</sup> 18 cm <sup>3</sup>	52.98 cm <sup>4</sup> 19.99 cm <sup>3</sup>	56.18 cm <sup>4</sup> 21.61 cm <sup>3</sup>	63.74 cm <sup>4</sup> 24.52 cm <sup>3</sup>	66.80 cm <sup>4</sup> 25.69 cm <sup>3</sup>
Inertie avec renfort	Tube acier 100x40x4 118.4 cm <sup>4</sup> 45.6 cm <sup>3</sup>	Tube acier 120x40x4 142.5 cm <sup>4</sup> 54.8 cm <sup>3</sup>	Tube acier 120x40x4 147.7 cm <sup>4</sup> 56.8 cm <sup>3</sup>	Tube acier 120x40x4 151.9 cm <sup>4</sup> 58.4 cm <sup>3</sup>	Tube acier 120x40x4 et 40x40x4 201.1 cm <sup>4</sup> 77.4 cm <sup>3</sup>	Tubes acier 120x40x4 et 40x40x4 204.2 cm <sup>4</sup> 78.5 cm <sup>3</sup>

mefc022





## Extrait norme S31-080 DT 3.1

### 5 Niveaux et critères de performances acoustiques par type d'espace

#### 5.5 Salle de réunion/salle de formation

Une salle de réunion doit donc garantir une confidentialité des propos tenus vis-à-vis des autres utilisateurs du bâtiment.

##### 5.5.1 Niveaux de performances

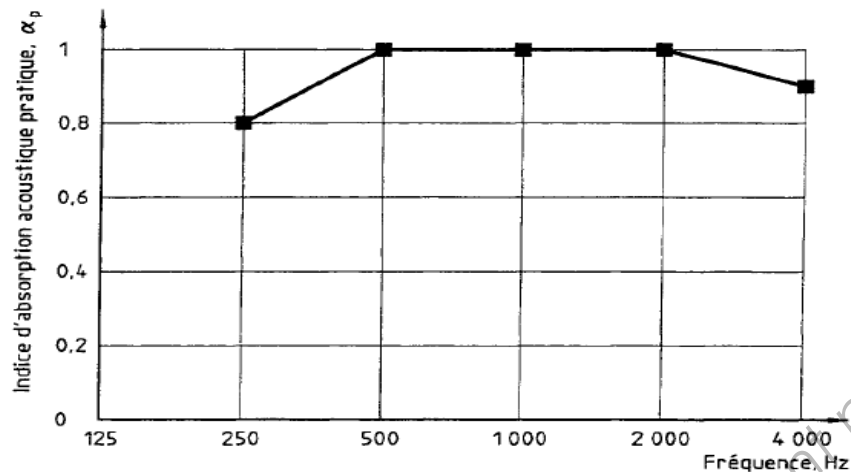
Niveau Courant : salle de réunion sans spécificité par rapport aux autres locaux.

Niveau Performant : bien isolée par rapport aux différentes sources (bruits routiers, couloirs, salles adjacentes...).

Niveau Très Performant : les conversations sont incompréhensibles depuis les locaux et espaces adjacents.

Descripteur	Niveau «Courant»	Niveau «Performant»	Niveau «Très Performant»
Niveau Sonore Global dont :	$L_{50} \leq 40$ dB(A)	$30 \leq L_{50} < 35$ dB(A)	$L_{50} \leq 30$ dB(A)
— bruits extérieurs	$D_{nT,A,tr} \geq 30$ dB	$D_{nT,A,tr} \geq 30$ dB et $L_{50} \leq 35$ dB(A)	$D_{nT,A,tr} \geq 30$ dB et $L_{50} \leq 30$ dB(A)
— bruits des équipements	$L_{Aeq} \leq 40$ dB(A)	$L_p \leq NR 33$	$L_p \leq NR 30$ (permanent) et $L_{max} \leq 35$ dB(A) (intermittent)
Bruits de chocs	$L'_{nTW} \leq 62$ dB	$L'_{nTW} \leq 60$ dB	$L'_{nTW} \leq 58$ dB
Réverbération (volume < 250 m <sup>3</sup> )	$0,6 < Tr \leq 0,8$ s	$0,6 \leq Tr < 0,8$ s	$0,4 < Tr < 0,6$ s
Isolément au bruit aérien intérieur	$D_{nT,A} \geq 40$ dB	$D_{nT,A} \geq 45$ dB	$D_{nT,A} \geq 50$ dB

Courbe de référence :



Fréquence	250 Hz	500 Hz	1 000 Hz	2 000 Hz	4 000 Hz
Valeur	0,80	1,00	1,00	1,00	0,90

#### 4.2 Indice d'absorption acoustique pondéré

Utiliser les valeurs  $\alpha_{pi}$  pour calculer l'indice d'absorption acoustique pondéré  $\alpha_w$ , à partir de la courbe de référence de la figure 1.

Effectuer une translation de la courbe de référence par pas de 0,05 vers les valeurs mesurées jusqu'à ce que la somme des écarts défavorables soit inférieure ou égale à 0,10.

Un écart est défavorable à une certaine fréquence lorsque la valeur mesurée est inférieure à la courbe de référence. Seuls les écarts dans le sens défavorable doivent être pris en compte.

L'indice d'absorption acoustique pondéré  $\alpha_w$  est défini comme étant la valeur à 500 Hz de la courbe déplacée.

#### 4.3 Indicateurs de forme

À chaque fois qu'un indice d'absorption pratique  $\alpha_{pi}$  excède la valeur de la courbe de référence de 0,25 ou davantage, ajouter un ou plusieurs indicateurs de forme, entre parenthèses, à la valeur  $\alpha_w$ .

Si l'excès d'absorption se produit à 250 Hz, utiliser la notation L.

Si l'excès se produit à 500 Hz ou 1 000 Hz, utiliser la notation M.

Si l'excès se produit à 2 000 Hz ou 4 000 Hz, utiliser la notation H.

NOTE - Un indicateur de forme signifie que l'indice d'absorption acoustique à une ou plusieurs fréquences est considérablement plus élevé que les valeurs de la courbe de référence, et que les parties intéressées sont encouragées à examiner la courbe complète de l'indice d'absorption acoustique.

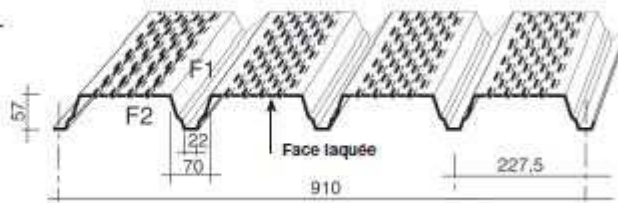
**Nervocoustic 57**

Profil support d'étanchéité à correction acoustique



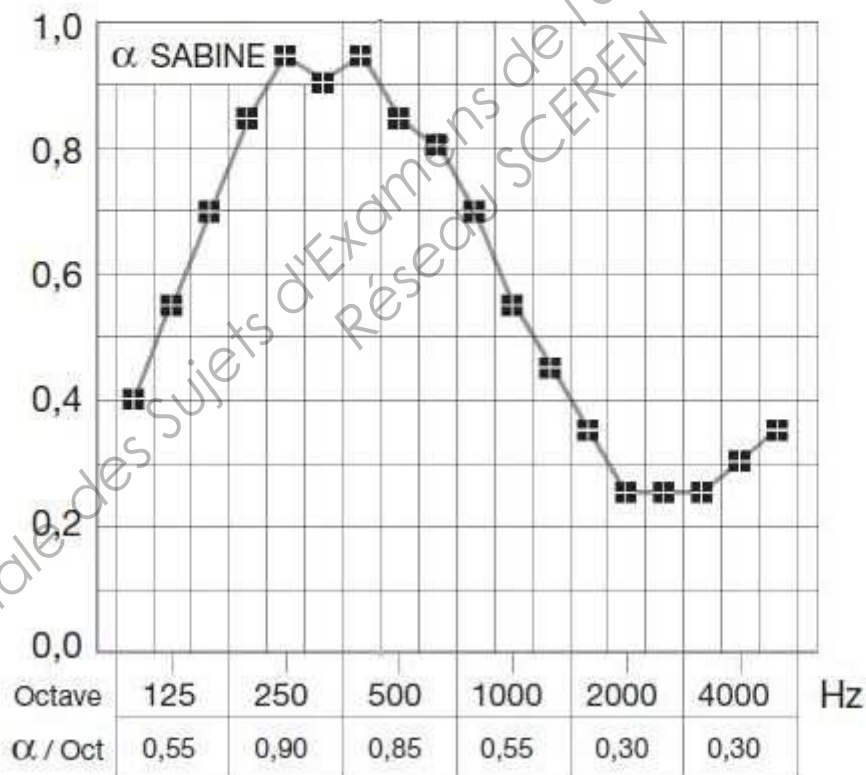
Épaisseur en mm 0,75 0,88  
Masse en kg/m<sup>2</sup> 7,73 9,07

La face profilée est la face F2  
voir instruction particuliers.



## EFFICACITÉ EN ABSORPTION ACOUSTIQUE

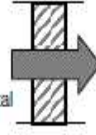
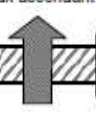

PV CEBTP N° 2312.6.505/2 : NERVOCOUSTIC 57 est ici associé à un isolant PANOTOIT d'épaisseur 60 mm avec interposition d'un pare vapeur aluminium.



Indice d'absorption pratique  $\alpha_p$



Résistances superficielles, intérieure (Rsi) et extérieure (Rse),

Paroi donnant sur : - l'extérieur - un passage ouvert - un local ouvert (1)	R <sub>se</sub> m².K/W	R <sub>si</sub> (2) m².K/W	R <sub>se</sub> + R <sub>si</sub> m².K/W
Paroi verticale inclinaison ≥ 60°  Flux horizontal	0,13	0,04	0,17
Flux ascendant 	0,10	0,04	0,14
Paroi horizontale inclinaison < 60°  Flux descendant	0,17	0,04	0,21

(1) Si la paroi donne sur un autre local non chauffé, R<sub>se</sub> s'applique des deux côtés.  
(2) Un local est dit ouvert si le rapport de la surface totale de ses ouvertures permanentes sur l'extérieur, à son volume, est égal ou supérieur à 0,005 m²/m³. Ce peut être le cas, par exemple, d'une circulation à l'air libre, pour des raisons de sécurité contre l'incendie.

Coefficient surfacique moyen de la façade

$$U_{cw, tot} = \frac{\sum (U_{cwi} \cdot A_{cwi})}{\sum A_{cwi}}$$

$$U_{cwi} = \frac{\sum U_g A_g + \sum U_f A_f + \sum U_p A_p + \sum \psi_g l_g + \sum \psi_p l_p}{\sum (A_g + A_f + A_p)}$$

où

U<sub>p</sub> est le coefficient surfacique en partie centrale du panneau opaque en W/(m².K). La méthode de calcul correspondante est donnée au § 2.3.1.

ψ<sub>p</sub> est le coefficient linéique dû à l'effet thermique combiné de l'espaceur du panneau et du profilé, en W/(m.K). La méthode de calcul de ψ<sub>p</sub> est donnée au § 2.3.3.

l<sub>p</sub> est la plus grande somme des périmètres visibles du panneau, vus des deux côtés de la paroi en m.

A<sub>g</sub> est la plus petite des aires visibles du vitrage, vues des deux côtés de la paroi en m². On ne tient pas compte des débordements des joints.

A<sub>f</sub> est la plus grande aire projetée de la menuiserie prise sans recouvrements (incluant la surface de la pièce d'appui éventuelle), vus des deux côtés de la paroi, en m².

l<sub>g</sub> est la plus grande somme des périmètres visibles du vitrage, vus des deux côtés de la paroi en m.

U<sub>g</sub> est le coefficient surfacique en partie centrale du vitrage en W/(m².K). La méthode de calcul correspondante est donnée au § 2.3.1.

U<sub>f</sub> est le coefficient surfacique moyen de la menuiserie en W/(m².K)

ψ<sub>g</sub> est le coefficient linéique dû à l'effet thermique combiné de l'intercalaire du vitrage et du profilé, en W/(m.K). La méthode de calcul de ψ<sub>g</sub> est donnée au § 2.3.3.

Coefficient ψ de la Jonction élément de remplissage - menuiserie, en W/(m.K)

*L'élément de remplissage est un vitrage double à intercalaire aluminium, pris dans une feuillure (fenêtres et portes-fenêtres uniquement).*

ψ <sub>g</sub> W/(m.K) \ Matériaux de la menuiserie	Bois ou plastique	Métal à coupure thermique	Métal sans coupure thermique
Vitrage double ou triple, verre non traité, lame d'air ou de gaz.	0,06	0,08	0,02
Vitrages doubles à faible émissivité, vitrage triple avec deux couches à faible émissivité, lame d'air ou de gaz.	0,08	0,11	0,05

**Calcul des éléments de la paroi vitrée**

Le coefficient de transmission thermique  $U_g$  exprimé en  $W/(m^2.K)$  se calcule d'après la formule suivante :

$$U_g = \frac{1}{R_{se} + \sum \frac{d_j}{\lambda_j} + R_{sk} + R_{si}}$$

où  
 $R_{se}$  est la résistance superficielle extérieure, en  $m^2.K/W$ .  
 $R_{si}$  est la résistance superficielle intérieure, en  $m^2.K/W$ .  
 $d_j$  est l'épaisseur du verre ou de la couche du matériau  $j$  (à l'exception de l'air ou du gaz), en m.  
 $\lambda_j$  est la conductivité thermique du verre ou de la couche de matériau  $j$ , en  $W/(m.K)$ .

$R_{s,k}$  est la résistance thermique de la lame d'air ou du gaz, en  $m^2.K/W$ .  
 Elle se calcule d'après la formule suivante :

$$R_{sk} = \frac{1}{h_g + h_r}$$

où  $h_r$  est la conductance thermique radiative de la lame de gaz, en  $W/(m^2.K)$ .

$$h_r = 4 * \sigma * \left( \frac{1}{\epsilon_1} + \frac{1}{\epsilon_2} \right)^{-1} * T_m^3$$

où  
 $\sigma$  est la constante de Stefan-Boltzmann, en  $W/(m^2.K^4)$ .  
 $T_m$  est la température moyenne absolue de la lame de gaz, en K.  
 $\epsilon_1$  et  $\epsilon_2$  sont les émissivités corrigées à la température  $T_m$  à partir de  $\epsilon_{n1}$  et  $\epsilon_{n2}$

$h_g$  est la conductance thermique du gaz, en  $W/(m^2.K)$ .

$$h_g = N_u * \frac{\lambda}{s}$$

où  
 $s$  est l'épaisseur de la lame, en m.  
 $\lambda$  est la conductivité thermique du gaz, en  $W/(m.K)$ .

$N_u$  est le nombre de Nusselt (si  $N_u < 1$  prendre  $N_u = 1$ ).

$$Nu = A.(G_r * P_r)^n$$

où  
 $A$  est une constante qui dépend de l'inclinaison du vitrage.  
 $n$  est un exposant qui dépend de l'inclinaison du vitrage.

$G_r$  est le nombre de Grashof

$$Gr = \frac{9.81 * s^3 * \Delta T * \rho^2}{T_m * \mu^2}$$

$P_r$  est le nombre de Prandtl

$$Pr = \frac{\mu * c}{\lambda}$$

où  
 $\Delta T$  est la différence de température entre les surfaces situées de part et d'autre de la lame de gaz, en K.  
 $\rho$  est la masse volumique du gaz, en  $kg/m^3$ .  
 $\mu$  est la viscosité dynamique du gaz, en  $kg/(m.s)$ .  
 $c$  est la capacité thermique massique du gaz, en  $J/(kg.K)$ .  
 $T_m$  est la température moyenne absolue du gaz, en K.

<b>BTS ENVELOPPE DU BÂTIMENT: FACADES ET ÉTANCHÉITÉ</b>	SUJET	Session 2013
Épreuve U41: Sciences du bâtiment	Durée : 2h40	Coefficient : 2
CODE : 13EBE4SB1		Page : 17/21

## c - Données d'entrée

## c.1 - Résistances superficielles

Les résistances superficielles extérieure et intérieure dépendent de l'inclinaison de la paroi :

Inclinaison de la paroi	Rsi (m <sup>2</sup> .K/W)	Rse (m <sup>2</sup> .K/W)
≥ 60 ° (paroi verticale et flux horizontal)	0,13	0,04
< 60 ° (paroi horizontale et flux ascendant)	0,10	0,04

Tableau III : Résistances superficielles

## c 2 - Émissivité corrigée

L'émissivité corrigée  $\epsilon$ , est obtenue en multipliant l'émissivité normale par le rapport figurant dans le tableau ci-après :

Émissivité normale $\epsilon_n$	0,05	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,89
Rapport $\epsilon / \epsilon_n$	1,18	1,14	1,1	1,06	1,03	1	0,98	0,96	0,95	0,94

## c 3 - Valeurs de la constante A et de l'exposant n

	Vitrage vertical	Vitrage incliné à 45°	Vitrage horizontal
A	0,035	0,100	0,160
n	0,380	0,310	0,280

## c.4 - Propriétés des gaz de remplissage

Il s'agit de quatre propriétés données en fonction de la température moyenne de la lame de gaz et qui servent au calcul de la conductance de gaz  $hg$ .

Le tableau suivant récapitule les valeurs pour les quatre gaz : Air, Argon, Xénon et Krypton.

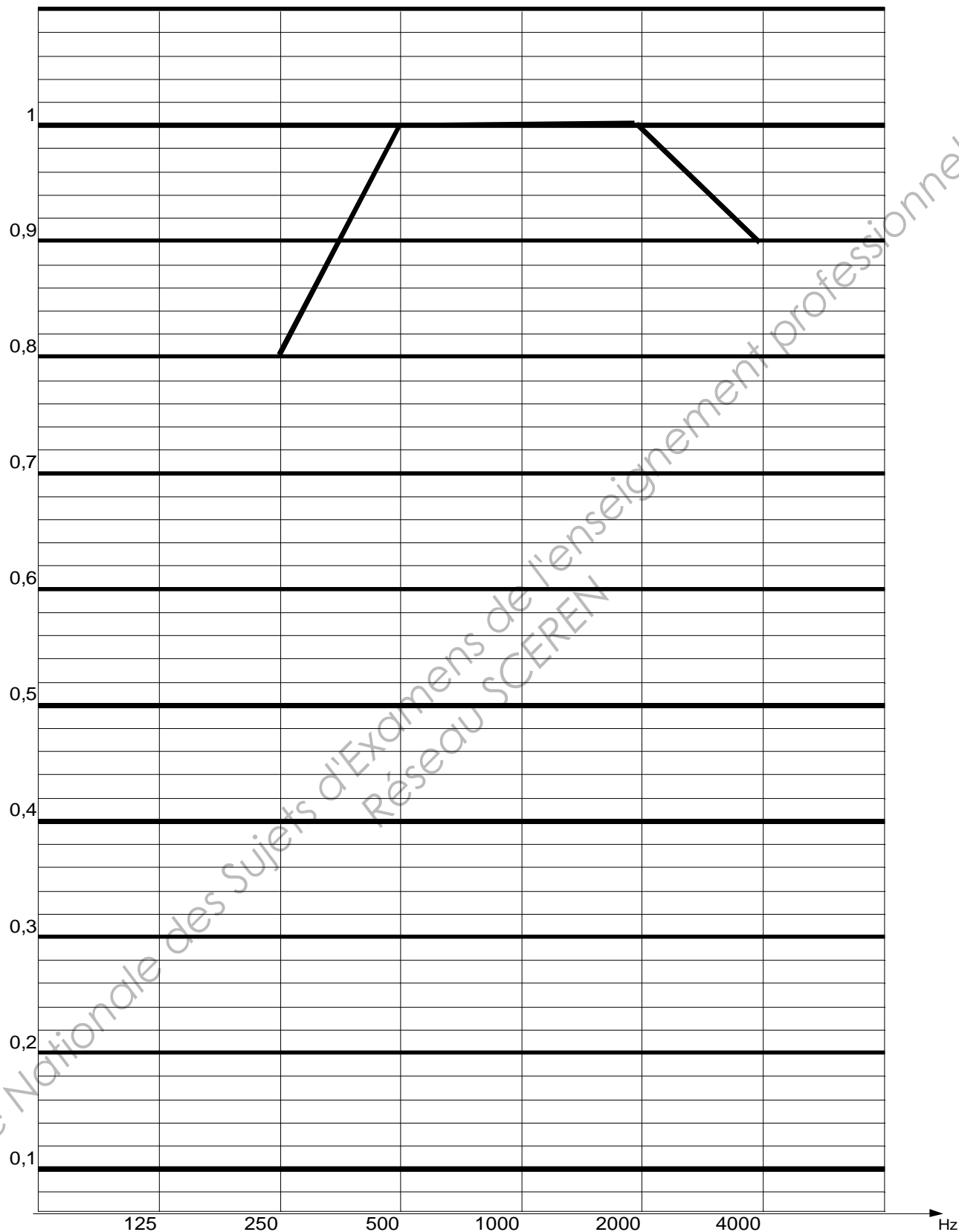
Gaz	Tm (°C)	Masse volumique $\rho$ Kg/m <sup>3</sup>	Viscosité dynamique $\mu$ Kg/(m.s)	Conductivité thermique $\lambda$ W/(m.K)	Chaleur massique à pression constante $c$ J/(Kg.K)
Air	-10	1,326	$1,661 \times 10^{-5}$	$2,336 \times 10^{-2}$	<b><math>1,008 \times 10^3</math></b>
	0	1,277	$1,711 \times 10^{-5}$	$2,416 \times 10^{-2}$	
	10	1,232	$1,761 \times 10^{-5}$	$2,496 \times 10^{-2}$	
	20	1,189	$1,811 \times 10^{-5}$	$2,576 \times 10^{-2}$	
Argon	-10	1,829	$2,038 \times 10^{-5}$	$1,584 \times 10^{-2}$	<b><math>0,519 \times 10^3</math></b>
	0	1,762	$2,101 \times 10^{-5}$	$1,634 \times 10^{-2}$	
	10	1,699	$2,164 \times 10^{-5}$	$1,684 \times 10^{-2}$	
	20	1,640	$2,228 \times 10^{-5}$	$1,734 \times 10^{-2}$	
Xénon	-10	6,12	$2,078 \times 10^{-5}$	$0,494 \times 10^{-2}$	<b><math>0,161 \times 10^3</math></b>
	0	5,9	$2,152 \times 10^{-5}$	$0,512 \times 10^{-2}$	
	10	5,69	$2,226 \times 10^{-5}$	$0,529 \times 10^{-2}$	
	20	5,5	$2,299 \times 10^{-5}$	$0,546 \times 10^{-2}$	
Krypton	-10	3,83	$2,260 \times 10^{-5}$	$0,842 \times 10^{-2}$	<b><math>0,245 \times 10^3</math></b>
	0	3,69	$2,330 \times 10^{-5}$	$0,870 \times 10^{-2}$	
	10	3,56	$2,400 \times 10^{-5}$	$0,900 \times 10^{-2}$	
	20	3,43	$2,470 \times 10^{-5}$	$0,926 \times 10^{-2}$	

Valeurs par défaut :

Paramètres	Valeur	Unité
R <sub>se</sub> résistance superficielle extérieure pour un verre sans couche particulière	0,04	m <sup>2</sup> .K/W
R <sub>si</sub> résistance superficielle intérieure pour un verre sans couche particulière	0,13	m <sup>2</sup> .K/W
λ <sub>j</sub> conductivité thermique du verre	1	W/(m.K)
ε <sub>n</sub> émissivité normale d'une surface de verre, non traitée	0,89	
T <sub>m</sub> température moyenne de la lame de gaz	283	K
ΔT différence de température entre les surfaces situées de part et d'autre de la lame de gaz	15	K
σ constante de Stefan-Boltzmann	5,67 x 10 <sup>-8</sup>	W/(m <sup>2</sup> .K <sup>4</sup> )
A constante	0,04	
n exposant	0,38	

Coefficients U selon RT 2005	U <sub>ref</sub> (W/m <sup>2</sup> .K)	U <sub>garde-fou</sub> (W/m <sup>2</sup> .K)
Murs en contact avec l'extérieur ou avec le sol	0,36	0,45
Murs en contact avec un volume non chauffé	0,36	0,45
Planchers bas donnant sur l'extérieur ou sur un parking collectif,	0,27	0,36
Planchers bas donnant sur un vide sanitaire ou sur un volume non chauffé	0,27	0,4
Planchers hauts en béton ou en maçonnerie (DTU 43.1), et toitures en tôles métalliques étanchées (DTU 43.3),	0,2	0,34
Planchers hauts en couvertures métalliques (panneaux sandwich et DTU 40.35)	0,2	0,41
Fenêtres et portes-fenêtres prises nues donnant sur l'extérieur	1,8	2,6
Façade rideaux	2,1	2,6

## COURBE DE RÉFÉRENCE



## ÉTUDE DU TEMPS DE RÉVERBÉRATION

Désignation	Surfaces en m <sup>2</sup>	Coefficient unique $\alpha_w$	A = S. $\alpha_w$	
			Nervocoustic	Rockacier
menuiseries extérieures:	2,64	0,05		
Plafond Nervocoustic	11,5 x 1,3			
Plafond Rockacier		0,65		
sol en PVC	11,5	0,05		
cloisons et doublages	35,22	0,05		
Porte (80 x 205)	1,64	0,15		
Aires d'absorption A en m <sup>2</sup>			8,69	
Temps de réverbération Tr en s				

Formule de Sabine :  $Tr = 0,161 (V / A)$  où V est le volume du local en m<sup>3</sup>