



**LE RÉSEAU DE CRÉATION
ET D'ACCOMPAGNEMENT PÉDAGOGIQUES**

**Ce document a été mis en ligne par le Réseau Canopé
pour la Base Nationale des Sujets d'Examens de l'enseignement professionnel.**

Ce fichier numérique ne peut être reproduit, représenté, adapté ou traduit sans autorisation.

BREVET DE TECHNICIEN SUPÉRIEUR
ENVELOPPE DU BÂTIMENT : FAÇADES-ÉTANCHÉITÉ

Épreuve : U41 SCIENCES DU BÂTIMENT

SESSION 2017

Durée : 2 heures 40

Coefficient : 2

Matériel autorisé :

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

Documents à rendre avec la copie :

- DR1.....page 21/22
- DR2.....page 22/22

Dès que le sujet vous est remis, assurez-vous qu'il est complet.
Le sujet se compose de 22 pages, numérotées de 1/22 à 22/22.

Sommaire	page 2
Barème	page 2
Présentation de l'ouvrage	page 2
SUJET	
Partie mécanique – Études 1 et 2	page 3 et 4
Partie thermique – Études 1 et 2	page 3
Partie acoustique – Études 1 et 2	page 4
DOSSIER TECHNIQUE	
DT1 - Plan de rez-de-chaussée	page 5
DT2 - Coupe AA - façades Nord	page 6
DT3 - Façade Ouest	page 7
DT4 - CCTP	page 8
DT5 - CCTP (suite)	page 9
DT6 - Coupe mur rideau – flèches admissibles – formulaire de RdM	page 10
DT7 - Extrait du catalogue « INSTALLUX » - gamme « UNIVERS 54 »	page 11
DT8 - Extrait de document technique sur le vitrage	page 12
DT9 - Extraits du DTU 39 P4	page 13
DT10 - Extraits du DTU 39 P4 (suite)	page 14
DT11 - Extraits du DTU 39 P4 (suite)	page 15
DT12 - Croquis de détail - RSI/RSE - conductivité thermique	page 16
DT13 - FT ROCKACIER B - Règles TH-U parois opaques	page 17
DT14 - Diagramme de MOLLIER	page 18
DT15 - Temps de Réverbération locaux de travail	page 18
DT16 - Coefficient α Sabine – géométrie de l'atelier – parois de l'atelier	page 19
DT17 - FT baffles acoustiques - choix du Maître d'ouvrage - formulaire	page 20
DOSSIER RÉPONSE	
DR1 – Partie mécanique – étude 1, questions 1 et 2	page 21
DR2 – Partie acoustique – études 1, question 13	page 22

	Barème	Temps indicatif
Lecture		15 min
Étude mécanique	15 pts	60 min
Étude thermique	12 pts	35 min
Étude acoustique	13 pts	50 min
TOTAL	40 pts	160 min

PRÉSENTATION DE L'OUVRAGE



L'étude porte sur la construction d'une concession automobile.

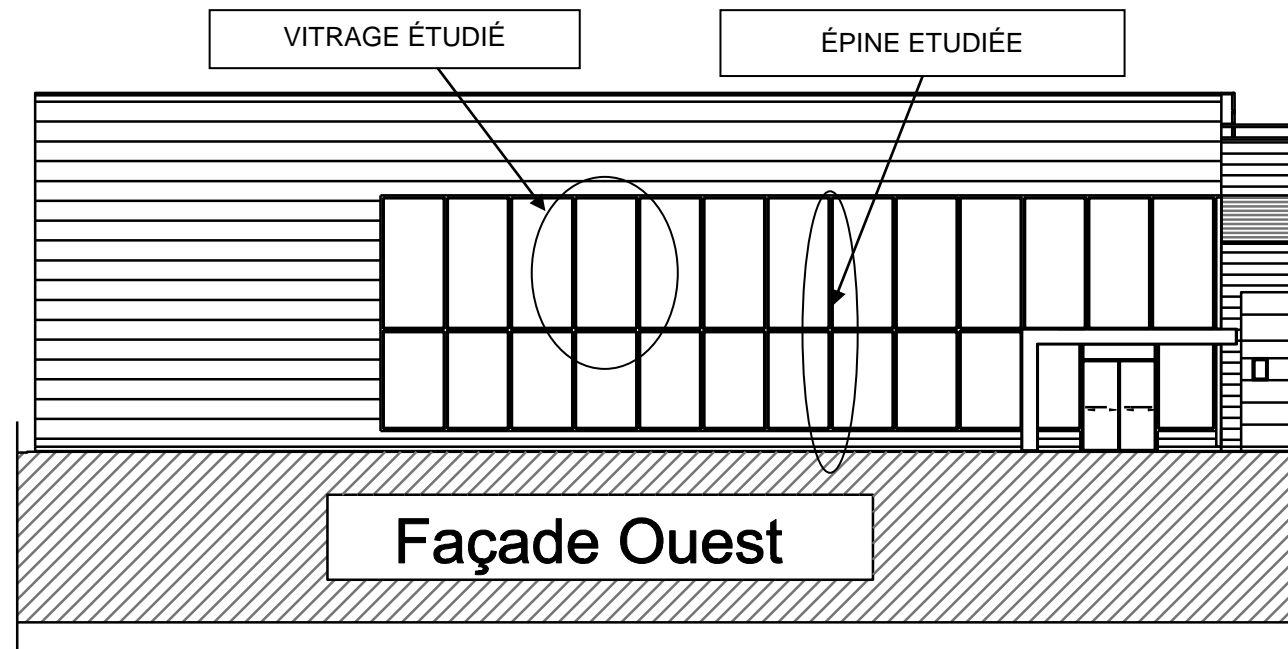
Description du bâtiment et du traitement architectural :

Le projet se compose de quatre volumes imbriqués :

- la hauteur du premier est de 8,12 m, il intègre un showroom, les espaces d'accueil et de vente, ainsi que les bureaux à l'étage ;
- le second de 7,03 m de hauteur concentre les activités de maintenance et de réparation des véhicules ;
- le troisième d'une hauteur de 4,22 m reçoit les locaux sociaux, du stockage d'outils et de déchets ;
- le quatrième, d'une hauteur de 4,75 m reçoit la réception directe des véhicules.

PARTIE MÉCANIQUE

ÉTUDE MÉCANIQUE DU MUR RIDEAU DE LA FAÇADE OUEST



Le mur rideau se compose de profilés de la gamme UNIVERS 54 de chez « INSTALLUX ».

Matériau : Aluminium 6060 $E = 70\,000 \text{ MPa}$ $\sigma = 170 \text{ MPa}$

ÉTUDE 1 - DIMENSIONNEMENT D'UNE ÉPINE COURANTE EN DÉFORMATION

QUESTION 1

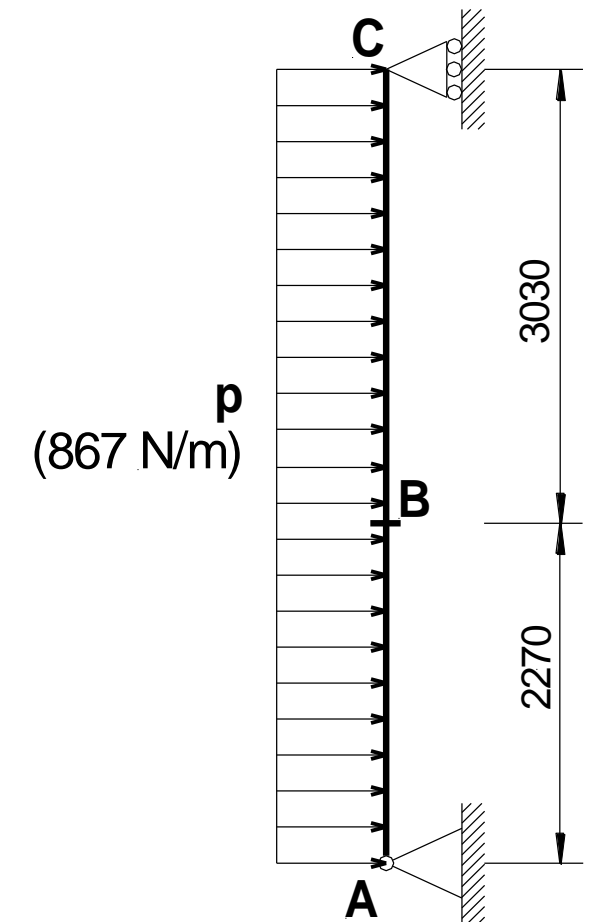
Sur le schéma du document réponse DR1 et à partir du DT6, tracer les zones de chargement, dues au vent, de l'épine étudiée et des traverses adjacentes du mur rideau. Coter ces zones.

QUESTION 2

Sur le document réponse DR1, établir le schéma mécanique réel de l'épine soumise à l'action du vent. L'épine considérée est articulée au point A et sur un appui simple au point C. Préciser et justifier les valeurs des actions (la pression du vent est de 600 Pa).

QUESTION 3

En utilisant la schématisation mécanique simplifiée ci-contre, déterminer l'inertie minimale que doit avoir l'épine pour résister à l'action du vent (voir DT6).



QUESTION 4

À l'aide de l'extrait de catalogue de la gamme UNIVERS 54 de chez « INSTALLUX » (voir DT7), choisir un profilé. Justifier votre choix.

ÉTUDE 2 - VÉRIFICATION DU VITRAGE HAUT DU MUR RIDEAU

QUESTION 5

Ce vitrage a les dimensions suivantes $1423 \text{ mm} \times 3008 \text{ mm}$. C'est un vitrage isolant pris en feuillure sur quatre côtés (voir DT5, DT8 et DT9 à 11).

Composition :

- vitrage feuilleté de sécurité, recuit STADIP PROTECT SP510 ;
- lame d'air de 12 mm ;
- vitrage recuit PLANILUX de 6 mm .

Vérifier l'épaisseur en résistance de ce volume verrier. Conclure.

QUESTION 6

Vérifier la flèche du vitrage (voir DT9 à 11). Conclure.

PARTIE THERMIQUE

ÉTUDE 1 – DÉTERMINER UNE ÉPAISSEUR D'ISOLANT

L'étude porte sur la couverture de l'atelier référencée 5A2 dans le CCTP.

Pour satisfaire aux exigences de l'étude thermique, on doit vérifier :

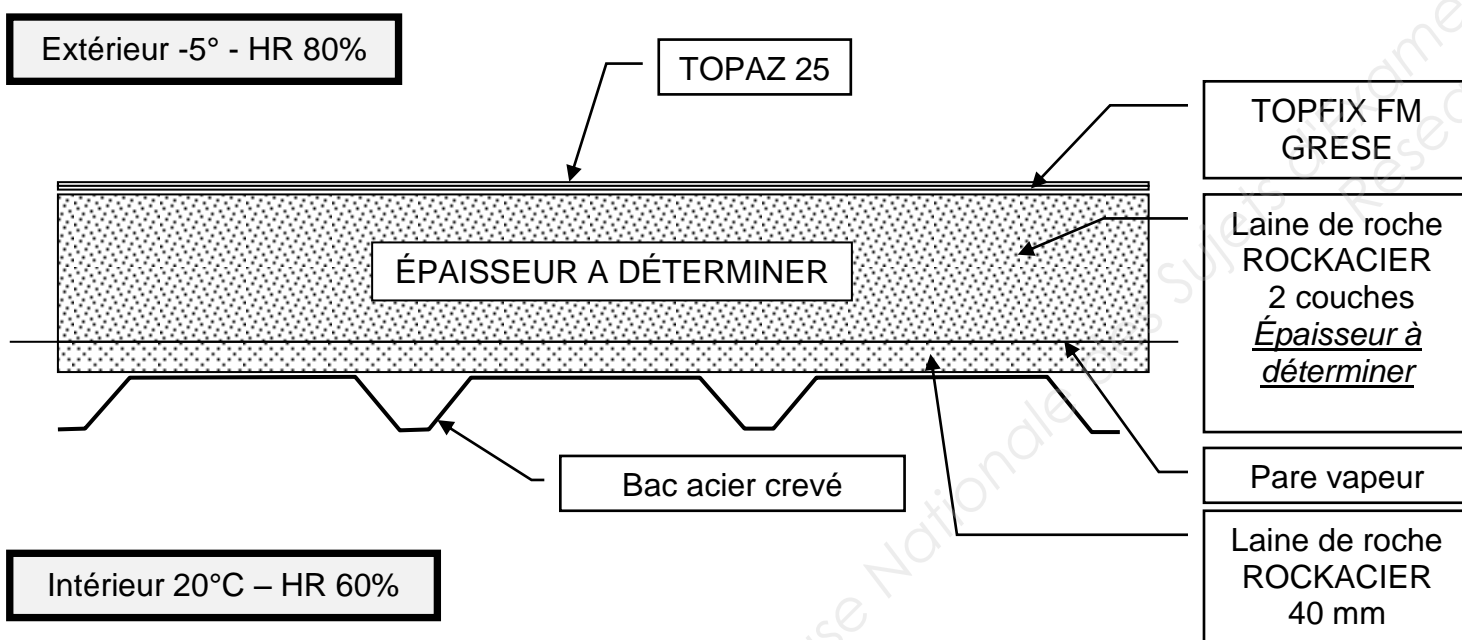
$$U_p \text{ de la couverture} \leq 0.22 \text{ w/(m}^2\cdot\text{K)}$$

La couverture est constituée de :

- bac acier 75/100 crevé type ACIERCO 35 SRC ;
- isolant ROCKACIER NU 40 mm ;
- pare vapeur VAP ;
- isolant ROCKACIER NU en 2 couches fixées mécaniquement (épaisseur à déterminer) ;
- une couche d'étanchéité TOPFIX FMP GRESE fixée mécaniquement avec joints soudés ;
- une couche d'étanchéité TOPAZ 25 soudée auto protégée revêtue de granulés céramique couleur aux paillettes d'ardoises.

QUESTION 7

En vous aidant des DT12 et DT13, calculer l'épaisseur nécessaire d'isolant (en 2 couches) à poser sur le pare vapeur et qui permettra à la couverture d'être conforme aux exigences du CCTP.



QUESTION 8

Choisir l'isolant sur DT13 – fiche technique ROCKACIER B NU - que vous poserez en 2 couches d'épaisseur commerciale.

ÉTUDE 2 – ESTIMER LE RISQUE DE CONDENSATION SUPERFICIELLE POUR LA COUVERTURE DE L'ATELIER

Les conditions thermo hygrométriques sont les suivantes :

- intérieur : 20°C et HR 60% ;
- extérieur : -5°C et HR 80%.

QUESTION 9

Calculer la température surfacique intérieure (DT13).

QUESTION 10

Déterminer la température de rosée sur le diagramme de MOLLIER (DT14) et conclure quant au risque de condensation superficielle au plafond de l'atelier.

PARTIE ACOUSTIQUE

ÉTUDE 1 – VÉRIFICATION PAR LE CALCUL DU TEMPS DE RÉVERBÉRATION DE L'ATELIER

Cette étude a pour but de vérifier le confort acoustique de l'atelier conformément à la réglementation. Pour cela le temps de réverbération du local calculé sera comparé au temps de réverbération recommandé.

QUESTION 11

Calculer le volume du local (DT16).

QUESTION 12

Déterminer le temps de réverbération réglementaire du local pour une fréquence de 1000Hz (voir DT15).

QUESTION 13

À l'aide du DT15, calculer le temps de la réverbération du local (répondre sur le document réponse DR2).

QUESTION 14

Conclure quant à la conformité du local.

ÉTUDE 2 – VALIDER UNE SOLUTION CORRECTIVE

Le maître de l'ouvrage a choisi de suspendre des baffles acoustiques dans l'atelier afin d'en améliorer le confort acoustique. Les modules seront constitués de cadres verticaux à 4 faces suspendus par des tiges filetées.

Chaque module mesurera 1200 x 1200 x 600. Les 2 faces de chaque panneau sont absorbantes.

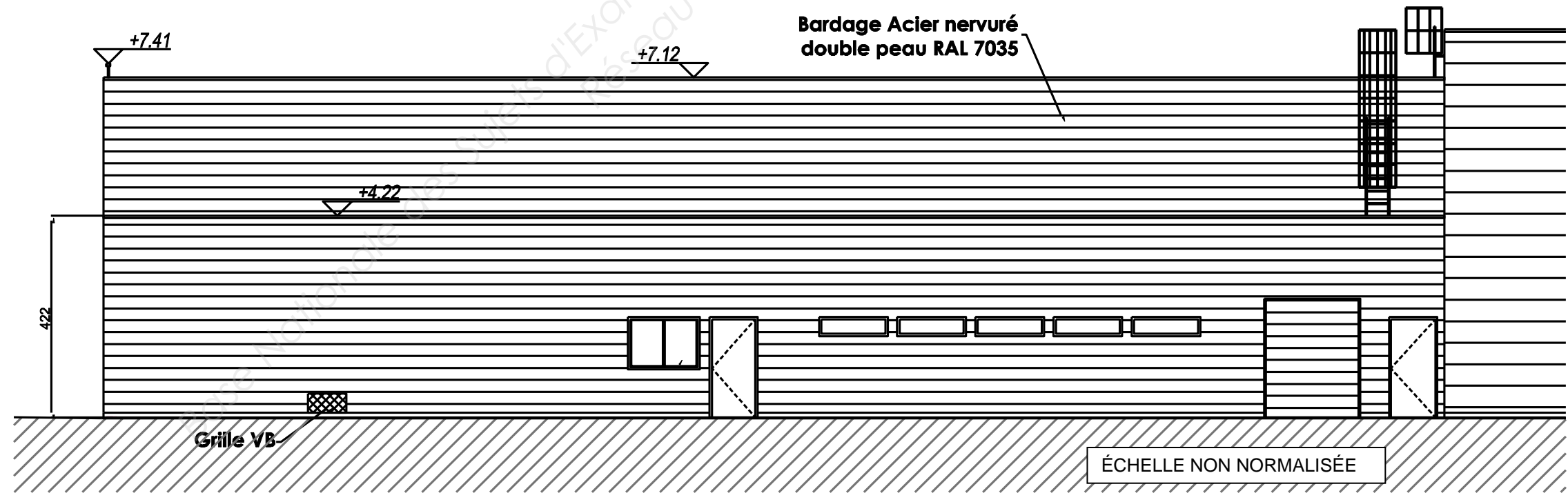
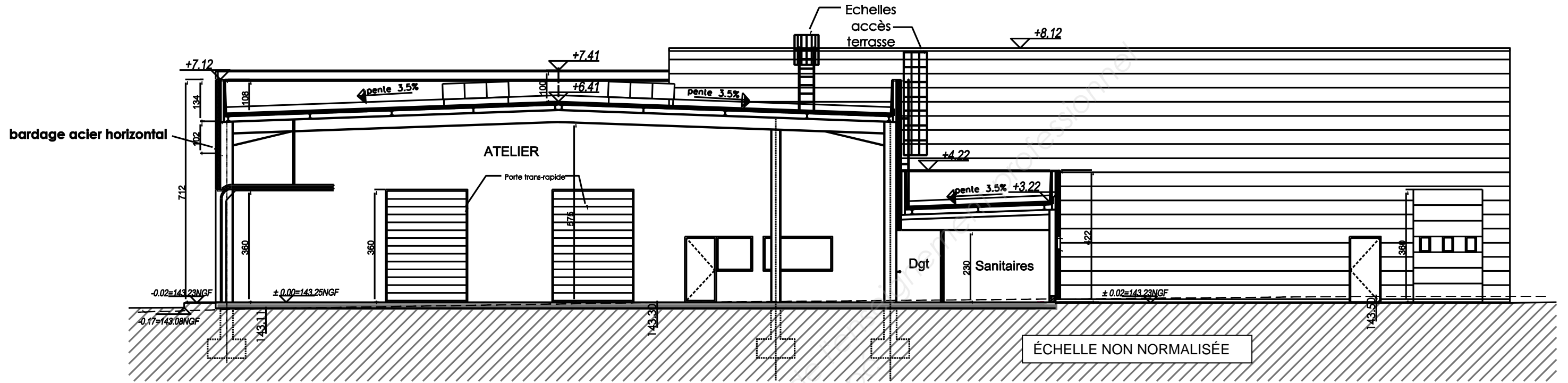
QUESTION 15

Calculer la surface d'absorption équivalente supplémentaire et nécessaire pour que le local soit conforme (voir DT17).

QUESTION 16

Calculer le nombre de modules à suspendre dans l'atelier.

COUPE AA



FAÇADE NORD

LOT N°5 – ÉTANCHÉITÉ - BARDAGE**A - COUVERTURE EN BAC ACIER AVEC ÉTANCHÉITÉ MULTICOUCHE****5.A.1 - ÉTANCHÉITÉ SUR BAC ACIER NON PERFORÉ (pentes des versants 3,5 % minimum), comprenant :**

a/ - support d'étanchéité en bac acier type HACIERCO des FORGES D'HAIRONVILLE ou équivalent fixé sur charpente métallique par des vis auto-taraudeuses ainsi que les fixations de coutures par vis auto-taraudeuses en acier galvanisé.

Épaisseur et type de bac (profils non perforés reposant sur 3 appuis) déterminés par l'entraxe des pannes de 2,50 m environ et surcharges imposées par le site de construction et compatible avec l'isolant (125 DaN/m² minimum).

Finition galvanisée aux 2 faces avec revêtement : Z 275 suivant norme NFA en vigueur.

Finition prélaquée qualité intérieure au recto du showroom, couche de 10 microns

Teinte au choix de l'architecte dans le nuancier HAIRPLUS des FORGES D'HAIRONVILLE.

Renfort en tôle galvanisée 75/100e fixée sur bac au droit du faîtage et des noues en bas de pente ;

b/ - isolation thermique en panneaux de laine de roche de forte densité type ROCKACIER B nu de chez ROCKWOOL ou équivalent, fixés mécaniquement sur bac acier (nombre de fixation au m² suivant D.T.U.). L'entrepreneur devra inclure dans son prix la surépaisseur de l'isolant au droit des noues en façades ainsi que l'encuvement pour évacuation des eaux pluviales vers les entrées d'eaux et pour ressauts suivant plans.

Épaisseur de l'isolant : 180 mm avec R (m². k/w) = 4.61 ;

c/ - étanchéité bicouche système en adhérence avec bitume élastomère du type AXTER conforme à l'avis technique, comprenant :

- 1 couche d'étanchéité TOPFIX PY FMP GRESE fixée mécaniquement avec joints soudés.
- 1 couche d'étanchéité TOPAZ 25 soudée auto-protégée revêtue de paillettes d'ardoises.

Up maxi : 0.22 W/M².K

Emplacement : Toiture terrasse du showroom, du local préparation, magasin, bureaux, local technique, TBGT et local compresseur.

Toiture terrasse du sas d'accès, sanitaire H – F, repos avec dégagement attenant et local déchets + pneus usagés.

5.A.2 – COUVERTURE SUR BAC ACIER CREVÉ, comprenant :

a/ - support d'étanchéité en bac acier crevé galvanisé type HACIERO HAIRONPHONE TYPE C des FORGES D'HAIRONVILLE fixé sur charpente métallique par des vis auto-taraudeuses ainsi que les fixations de coutures par vis auto-taraudeuses en acier galvanisé.

Épaisseur et type de bac (profils perforés reposant sur 3 appuis) avec entraxe des pannes de 2,20 m environ et surcharges imposées par le site de construction et compatible avec l'isolant (125 Da N/m² minimum).

Finition galvanisée aux 2 faces avec revêtement : Z 275

Renfort en tôle galvanisée 75/100e fixée sur bac au droit du faîtage et des noues en bas de pente ;

b/ - isolation phonique par panneaux en laine de roche de forte densité type ROCK ACIER B nu de chez ROCKWOOL ou équivalent de 40 mm d'épaisseur – Euroclasse A1 ;

c/ - écran pare-vapeur type VAP de AXTER classement M1 par feutre en voile de verre 60 g/m² minimum, surfacé d'une feuille d'aluminium de 4/100 mm épaisseur déroulée à sec avec recouvrement de 100 mm entre lés, collage du feutre sur la base de l'aile verticale des costières ;

d/ - isolation thermique en panneaux de laine de roche de forte densité type ROCKACIER B nu de chez ROCKWOOL en 2 épaisseurs – Euroclasse A1 fixé mécaniquement par fixations non apparentes (nombre de fixation au m² suivant D.T.U.). L'entrepreneur devra inclure dans son prix la surépaisseur de l'isolant au droit des noues en façades ainsi que l'encuvement pour évacuation des eaux pluviales vers les entrées d'eaux et pour ressauts suivant plans.

Épaisseur de l'isolant : « A CALCULER » ;

e/ - étanchéité bicouche système en adhérence avec bitume élastomère du type AXTER, ou équivalent conforme à l'avis technique, comprenant :

- 1 couche d'étanchéité TOPFIX PY FMP GRESE fixée mécaniquement avec joints soudés ;
- 1 couche d'étanchéité TOPAZ 25 soudée auto-protégée revêtue de granulés céramique couleur aux paillettes d'ardoises teinte au choix du Maître d'œuvre.

Up maxi : 0.22 W/M².K

Emplacement : Toitures terrasses des ateliers, réceptions véhicules 1 et 2, stockage pare-brise et aire de lavage

5.A.16 - SYSTÈME D'ANCRAGE PERMANENT SUPPORT DE GARDE CORPS

Fourniture et mise en œuvre de platines du type AGRYSS ou équivalent pour mise en place des gardes corps de maintenance. Entraxe (1,50 m environ) et nombre suivant réglementation en vigueur.

Mise en œuvre sur charpente métallique.

Emplacement : En façades SUD et OUEST de la toiture terrasse préparations suivant plans.

5 – VITRAGES

Pression à prendre en compte pour vitrages: 600 Pascals.

Classe en matière de protection :

- NFP 08.302 – Protection contre la chute des personnes ;
- EN 356 – Protection contre le vandalisme et l'effraction.

Double vitrage isolant d'un modèle préfabriqué et étanche, bénéficiant d'une garantie décennale avec Avis Technique et sous label CEKAL.

La nature des doubles vitrages sera de constitution suivante :

- Verre intérieur :

- vitrage feuilleté de sécurité, recuit STADIP PROTECT SP 510 ou vitrage recuit PLANILUX de 6 mm en fonction de l'exposition et des dimensions des volumes ;
- vitrage feuilleté de sécurité, recuit STADIP PROTECT SP 510 pour parties vitrées à moins de 1,00 m hauteur du sol.

- Vide d'air :

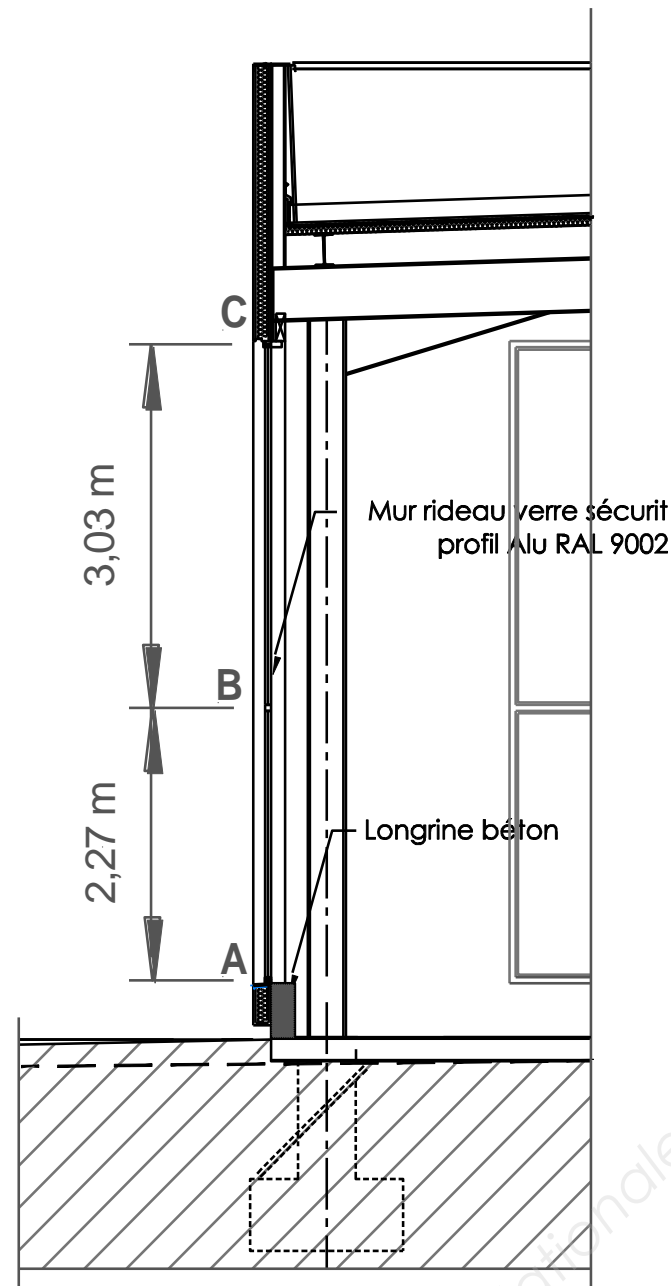
- espace d'air de 12 mm.

- Verre extérieur :

- en parties courantes vitrage recuit PLANILUX ;
- vitrage feuilleté de sécurité, recuit STADIP PROTECT SP 510 pour les murs rideaux et les ensembles au rez-de-chaussée.

Base Nationale des Sujets d'Examens de l'enseignement professionnel
Niveau Canopé

VUE EN COUPE DU MUR RIDEAU



ÉCHELLE NON NORMALISÉE

FLÈCHES ADMISSIBLES

• La déformation maximale sous l'action des combinaisons les plus défavorables des charges du vent doit être limitée en fonction de la portée libre entre appuis (L) à :

- $f_{adm} \leq L/200$, si $L \leq 3\ 000\text{mm}$;
- $f_{adm} \leq 5\text{mm} + L/300$, si $3\ 000\text{ mm} < L < 7\ 500\text{ mm}$;
- $f_{adm} \leq L/250$, si $L \geq 7\ 500\text{ mm}$.

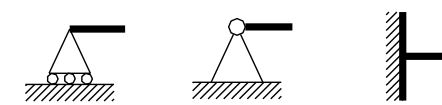
• La flèche limite admissible de tout élément horizontal (de longueur L) de l'ossature due à des charges verticales ne doit pas dépasser :

flèche limite $_{edr} \leq \min (L/500, 3\text{ mm})$.

Les dimensions des profilés seront toutes calculées entre axes structure.

Formulaire de Résistance des Matériaux

Liaisons: Appui simple Articulation Encastrement



Repère

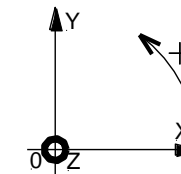
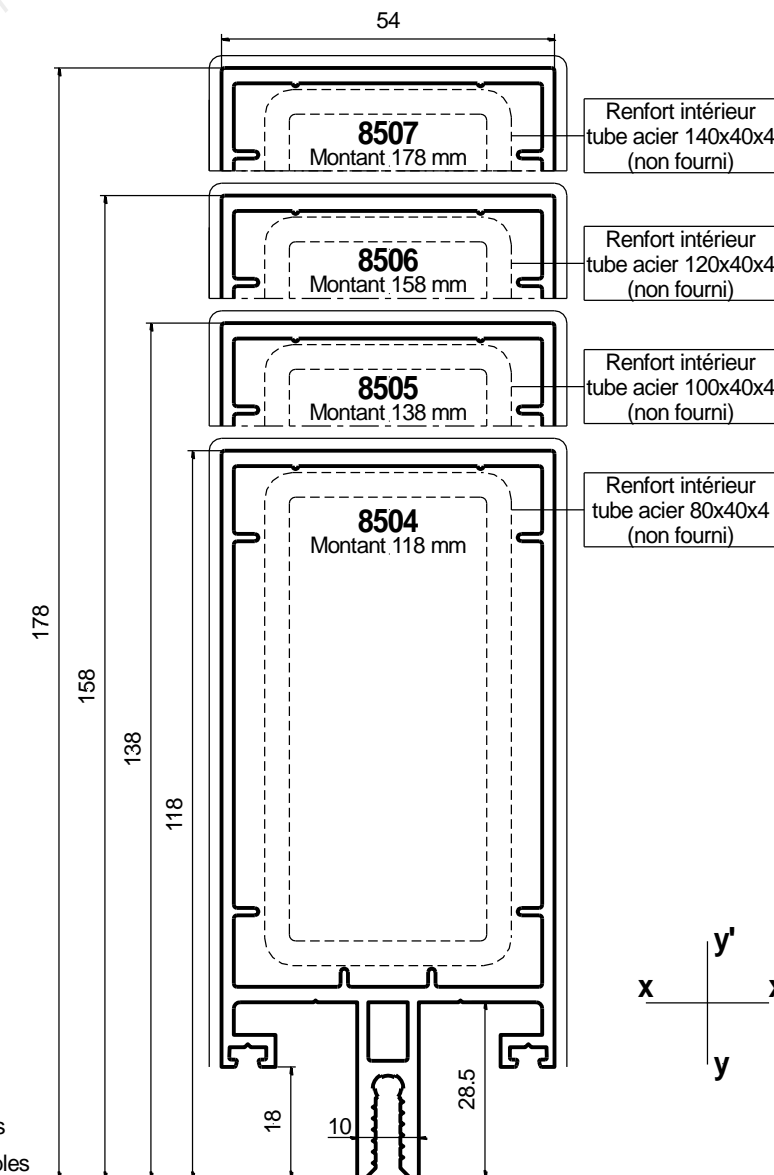
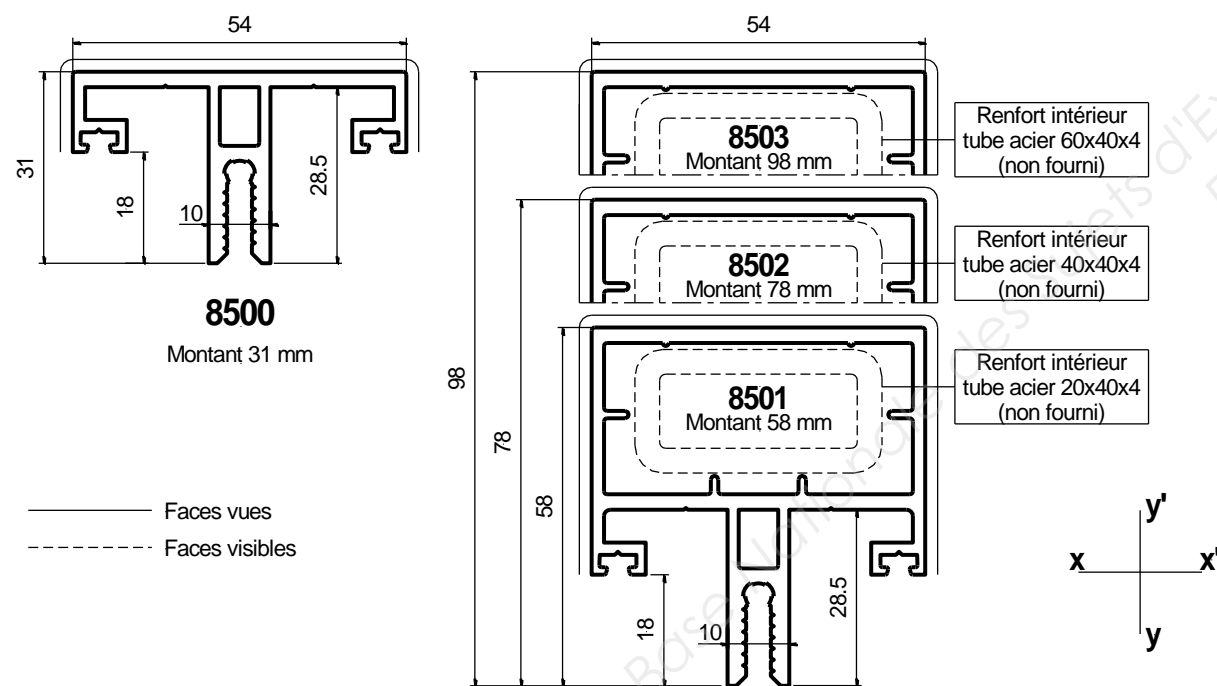


Schéma mécanique	Flèche
	$f_{(L/2)} = - \frac{5 P L^4}{384 E I}$
	$f_{(L/2)} = - \frac{P (5L^2 - 4a^2)^2}{1920 E I}$
	$f_{(L/2)} = - \frac{P L^4}{120 E I}$
	<p>Pour $0 \leq x \leq L$</p> $f_{(L/2)} = \frac{- P L^2}{384 E I} (5L^2 - 12a^2)$

Référence	Masse(kg)	Pér.Anod(mm)	$I_{xx}'(cm^4)$	$I_{yy}'(cm^4)$
8500	0,991	30	2,88	7,90
8501	1,669	35	17,18	18,40
8501 + tube acier 20x60x4			23,47	39,31
8502	1,911	39	40,62	24,33
8502 + tube acier 40x40x4			77,08	60,87
8503	2,127	43	77,56	29,74
8503 + tube acier 60x40x4			178,24	81,88

Référence	Masse(kg)	Pér.Anod(mm)	$I_{xx}'(cm^4)$	$I_{yy}'(cm^4)$
8504	2,343	47	129,83	35,15
8504 + tube acier 80x40x4			335,24	102,92
8505	2,559	51	199,15	40,56
8505 + tube acier 100x40x4			568,39	123,93
8506	2,775	55	287,18	45,97
8506 + Tube acier 120x40x4			880,01	144,97
8507	2,991	59	395,59	51,38
8507 + Tube acier 140x40x4			1234,37	165,98



EXTRAIT DE DOCUMENT TECHNIQUE SUR LE VITRAGE

Vitrages STADIP de chez Saint Gobain

Protection renforcée contre le vandalisme et l'effraction

Mettre en échec une attaque ou retarder les tentatives d'effraction nécessite l'utilisation de vitrages capables, par leurs performances, de résister et de retarder les malfaiteurs dans leur action.

Les vitrages feuilletés de sécurité SGG STADIP PROTECT SP remplissent ces fonctions.

Le choix du vitrage feuilleté de sécurité est lié à la nature et à la valeur des biens à protéger, au type de bâtiment ou de commerce et à son emplacement (par exemple : immeuble facilement accessible ou non, zone à risques, etc.).

Applications

- Habitations
- Portes d'entrée d'immeubles
- Vitrines de bijouteries et autres magasins, commerces de luxe
- Banques, postes, bureaux, etc.

Les vitrages feuilletés de la gamme SGG STADIP PROTECT SP répondent de manière croissante à ces attentes. Ils ont été soumis aux tests décrits dans la norme EN 356.

sgg STADIP PROTECT	Classe EN 356	Ép. mm	Poids kg/m ²
33.2	P1A	7	16
44.2	P2A	9	21
44.3	P3A	9	21
44.4	P4A	10	22

sgg STADIP PROTECT	Classe EN 356	Ép. mm	Poids kg/m ²
SP 510	P5A	10	23
SP 512 *	P5A	12	28
SP 514 *	P5A	14	33
SP 518 *	P5A	18	43
SP 615B	P6B	15	34
SP 722	P7B	22	51
SP 827	P8B	27	53

* Variantes de SGG STADIP PROTECT SP 510 destinées aux vitrages de plus grandes dimensions (vitrines de magasin, etc.)

Signification des dénominations des verres feuilletés de sécurité SGG STADIP PROTECT.

SGG STADIP PROTECT SP 722 ;

SP : verre feuilleté de protection renforcée contre le vandalisme et l'effraction ;

7 : classement selon norme EN 356 : P7B ;

22 : épaisseur nominale totale 22 mm.

Normes et classement des verres sgg STADIP et sgg STADIP PROTECT

Type de protection et risques	Verre feuilleté SGG	EN 12600	EN 356	EN 1063	EN 13541
Blessures en cas de heurt	SGG STADIP	2B2			
Chutes de morceaux de verre (parois inclinées, toitures, verrières)	SGG STADIP	2B2			
Chutes de personnes dans le vide	SGG STADIP PROTECT	1B1			
Protection contre le vandalisme et l'effraction	SGG STADIP PROTECT		P1A à P4A		
Protection renforcée contre le vandalisme et l'effraction	SGG STADIP PROTECT SP		P5A à P8B		
Tirs d'armes à feu :					
- armes de poing, calibres militaires	SGG STADIP PROTECT HN			BR1 à BR7	
- fusils de chasse	SGG STADIP PROTECT UJ			SG1 à SG2	
- armes de poing, calibres militaires et fusils de chasse	SGG STADIP PROTECT JH		P5A à P8B	BR1 à BR7 SG1 à SG2	
Déflagrations	SGG STADIP PROTECT BS				ER1 à ER4

Documentation sur les vitrages PLANILUX de chez Saint Gobain

Disponible dans une large gamme d'épaisseurs, SGG PLANILUX est un verre multi-usages. SGG PLANILUX a un vaste ensemble de besoins dans :

- Le bâtiment vitrages intérieurs et extérieurs ;
- L'ameublement

GAMME :

SGG est disponible en une gamme d'épaisseurs de 2mm à 19mm.

Epaisseurs et dimensions de fabrication			
Epaisseur (mm)	Tolérance sur épaisseur (mm)	Dimensions standard (mm)	Poids moyen (kg/m ²)
2	± 0,2	3210 x 2500	5
3	± 0,2	6000 x 3210	7,5
4	± 0,2	6000 x 3210	10
5	± 0,2	6000 x 3210	12,5
6	± 0,2	6000 x 3210	15
8	± 0,3	6000 x 3210	20
10	± 0,3	6000 x 3210	25
12	± 0,3	6000 x 3210	30
15	± 0,5	6000 x 3210	37,5
19	± 1	6000 x 3210	47,5

4 Symboles

- P pression de calcul en pascals (Pa) ;
- ε_1 facteur d'équivalence des vitrages isolants ;
- ε_2 facteur d'équivalence des vitrages feuilletés ;
- ε_3 facteur d'équivalence des vitrages simples monolithiques ;
- e_1 épaisseur calculée en millimètres (mm) ;
- e_F épaisseur équivalente pour le calcul de la flèche en millimètres (mm) ;
- e_R épaisseur équivalente pour le calcul de la résistance en millimètres (mm) ;
- e_i épaisseur nominale du composant i du vitrage en millimètres (mm) ;
- e_j épaisseur nominale du composant j du vitrage en millimètres (mm) ;
- e_k épaisseur nominale du composant k du vitrage en millimètres (mm) ;
- e_l épaisseur nominale du composant l du vitrage en millimètres (mm) ;
- L grand côté en mètres (m) ;
- l largeur en mètres (m) ;
- S surface réelle calculée au moyen des dimensions précitées exprimée à deux décimales, en mètres carrés (m^2) ;
- f flèche en millimètres (mm) ;
- α coefficient de déformation fonction du rapport L/l .

7 Méthodes de calcul

7.1 Principe

La pression de calcul selon l'Article 6 est utilisée dans les formules ci-après pour déterminer une épaisseur e_1 .

Un facteur de réduction c lié à la situation du châssis est appliqué suivant 7.3.

L'épaisseur e_R définie à l'Article 8 intègre les facteurs d'équivalence ε du vitrage. Elle doit être au moins égale au produit ($e_1 \times c$).

$$e_R \geq e_1 \times c \quad \dots (4)$$

Dans tous les cas, on calcule ensuite une épaisseur e_F suivant l'Article 9 pour vérifier que la flèche respecte les critères fixés. Si la flèche dépasse la valeur admissible, l'épaisseur des composants doit être augmentée jusqu'au respect de l'ensemble des exigences.

Les vitrages non rectangulaires en appui sur leur périphérie peuvent être assimilés à des vitrages rectangulaires dont les dimensions sont définies selon l'Annexe F.

L'épaisseur des stabilisateurs collés fait l'objet de l'Annexe F.

7.2 Calcul de l'épaisseur e_1

L'épaisseur e_1 est déterminée par application des formules précisées :

- en 7.2.1 pour les vitrages reposant sur leur périphérie ;
- en 7.2.2 pour les vitrages reposant sur 3 côtés ;
- en 7.2.3 pour les vitrages reposant sur 2 côtés ;

7.2.1 Vitrages en appui sur toute la périphérie

a. Vitrage dont le rapport L/l est inférieur ou égal à 2,5 :

$$e_1 = \sqrt{\frac{S \times P}{100}} \quad \dots (5)$$

b. Vitrage dont le rapport L/l est supérieur à 2,5 :

$$e_1 = \frac{l \times \sqrt{P}}{6,3} \quad \dots (6)$$

c. Vitrage non rectangulaire en appui sur toute sa périphérie :

Il est assimilé à un vitrage rectangulaire suivant l'Annexe E. Selon les dimensions fictives obtenues, a) ou b) s'appliquent.

7.2.2 Vitrages en appui sur 3 côtés

a. Si le bord libre est le plus grand côté L :

Si $L/l \leq 7,5$:

$$e_1 = \sqrt{\frac{L \times 3 \times l \times P}{100}} \quad \dots (7)$$

Si $L/l > 7,5$:

$$e_1 = \frac{3 \times l \times \sqrt{P}}{6,3} \quad \dots (8)$$

b. Si le bord libre est le plus petit côté l :

$$e_1 = \frac{l \times \sqrt{P}}{6,3} \quad \dots (9)$$

7.3 Facteur de réduction c

Un facteur de réduction $c = 0,9$ est à appliquer pour tous les vitrages extérieurs en rez-de-chaussée, et dont la partie supérieure est à moins de 6 m du sol extérieur.

Dans tous les autres cas, $c = 1,0$.

7.4 Facteurs d'équivalence ε

Les facteurs d'équivalence ε_1 et ε_2 tiennent compte de l'assemblage entre composants.

Le facteur d'équivalence ε_3 tient compte de la nature des composants.

7.4.1 Vitrages isolants

Type de vitrage		ε_1
Vitrage isolant NF EN 1279	Comportant deux produits verriers (double vitrage)	1,60
	Comportant trois produits verriers (triple vitrage)	2,00

Tableau 7 Facteur d'équivalence des vitrages isolants ε_1

L'épaisseur des vitrages comportant plus de trois composants nécessite une étude appropriée.

7.4.2 Vitrages feuilletés

Type de vitrage		ε_2
Vitrage feuilleté de sécurité NF EN ISO 12543-2	Deux composants verriers	1,30
	Trois composants verriers	1,50
	Quatre composants verriers et plus	1,60
Vitrage feuilleté NF EN ISO 12543-3	Deux composants verriers	1,60
	Trois composants verriers et plus	2,00

Tableau 8 Facteur d'équivalence des vitrages feuilletés ε_2

Type de vitrage	ε_3
Vitrage recuit NF EN 572-2	1
Vitrage recuit armé NF EN 572-3	1,2
Vitrage étiré NF EN 572-4	1,1
Vitrage imprimé NF EN 572-5	1,1
Vitrage imprimé armé NF EN 572-6	1,3
Vitrage trempé NF EN 12150 ou NF EN 14179	0,61
Vitrage émaillé trempé NF EN 12150	0,77
Vitrage imprimé trempé NF EN 12150	0,71
Vitrage durci NF EN 1863	0,8
Vitrage borosilicate NF EN 1748-1	1
Vitrage borosilicate trempé NF EN 13024	0,61
Vitrage émaillé durci NF EN 1863	1
Vitrage alcalino-terreux recuit NF EN 1748-1	1
Vitrage alcalino-terreux trempé NF EN 14321	0,61
Vitrocéramique NF EN 1748-2	1
Vitrage trempé chimique NF EN 12337	0,55
Vitrage recuit dépoli acide industriellement	1
Vitrage recuit dépoli par sablage	1,1
Vitrage recuit dépoli par grenailage	1,4
Vitrage gravé	1,2

Tableau 9 Facteur d'équivalence des vitrages simples monolithiques ε_3

8 Vérification de la résistance

e_R est l'épaisseur équivalente pour le calcul de résistance.

La résistance d'un vitrage dépend de son épaisseur et de sa nature (recuit, trempé, imprimé, etc.). Dans le cas d'un assemblage associant des composants de nature différente, seule la valeur maximale des coefficients ε_3 , $MAX(\varepsilon_3)$, est à prendre en compte.

Lorsque l'épaisseur e_R est inférieure à l'épaisseur nominale du composant le plus épais, e_R est pris égal à l'épaisseur de ce seul composant.

Il faut vérifier que :

$$e_R \geq e_1 \times c \quad \dots (16)$$

8.1 Vitrage simple monolithique

L'épaisseur e_R est égale à son épaisseur nominale divisée par ε_3 .

$$e_R = \frac{e}{\varepsilon_3} \quad \dots (17)$$

8.2 Vitrage simple feuilleté

L'épaisseur e_R est égale à la somme des épaisseurs nominales des composants monolithiques, divisée par la valeur maximale des coefficients ε_3 et par le coefficient ε_2 correspondant au type de vitrage feuilleté (selon le Tableau 8).

$$e_R = \frac{e_1 + e_2 + \dots + e_n}{0,9 \times \varepsilon_2 \times MAX(\varepsilon_3)} \quad \dots (18)$$

8.3 Vitrage isolant

L'épaisseur e_R est égale à la somme des épaisseurs nominales des composants, soit monolithiques, soit feuilletés divisés par ε_2 (selon le Tableau 8), le tout divisé par le produit du coefficient ε_1 (selon le Tableau 7) et de $MAX(\varepsilon_3)$.

Calcul de e_R pour un vitrage isolant double avec deux composants monolithiques :

$$e_R = \frac{e_i + e_j}{0,9 \times \varepsilon_1 \times MAX(\varepsilon_3)} \quad \dots (21)$$

Calcul de e_R pour un vitrage isolant double avec un composant feuilleté :

$$e_R = \frac{e_i + \frac{e_j + e_k}{0,9 \times \varepsilon_2}}{0,9 \times \varepsilon_1 \times MAX(\varepsilon_3)} \quad \dots (22)$$

Calcul de e_R pour un vitrage isolant double avec deux composants feuilletés :

$$e_R = \frac{\frac{e_i + e_j}{0,9 \times \varepsilon_2} + \frac{e_k + e_l}{0,9 \times \varepsilon_2}}{0,9 \times \varepsilon_1 \times MAX(\varepsilon_3)} \quad \dots (23)$$

9 Vérification de la flèche

Dans tous les cas, la flèche des vitrages doit être vérifiée.

9.1 Calcul de la flèche

$$f = \alpha \times \frac{P}{1,5} \times \frac{b^4}{e_F^3} \quad \dots (29)$$

Avec :

- α selon Annexe D ;
- P selon l'Article 6 ;
- e_F selon 9.3 ;
- b est :
 - soit le petit côté l dans le cas de vitrages pris en feuillure sur 4 côtés ;
 - soit le bord libre L ou l dans le cas de vitrages pris sur 2 ou 3 côtés.

9.2 Critères admissibles

Dans le cas des vitrages extérieurs en appui sur leur périphérie, verticaux ou inclinés, la flèche maximale au centre doit être inférieure au $1/60^{\text{e}}$ du petit côté, et limitée à 30 mm.

9.3 Calcul de e_F

e_F est l'épaisseur équivalente correspondant à la somme des épaisseurs des vitrages monolithiques ou feuilletés, pondérés des coefficients ε_1 et ε_2 .

NOTE

Lorsque l'épaisseur e_F est inférieure à l'épaisseur du composant le plus épais, l'épaisseur e_F peut être prise égale à ce seul composant.

9.3.3 Vitrage Isolant

L'épaisseur e_F est égale à la somme des épaisseurs nominales des composants, soit monolithiques, soit feuilletés divisés par ε_2 (selon le Tableau 8), le tout divisé par le coefficient ε_1 (selon le Tableau 7).

$$e_F = \frac{e_i + e_j + \dots}{\varepsilon_1} \quad \dots (33)$$

de e_F pour un vitrage isolant double avec deux composants monolithiques :

$$e_F = \frac{e_i + e_j}{\varepsilon_1} \quad \dots (34)$$

Calcul de e_F pour un vitrage isolant double avec un composant feuilleté :

$$e_F = \frac{e_i + \frac{e_j + e_k}{\varepsilon_2}}{\varepsilon_1} \quad \dots (35)$$

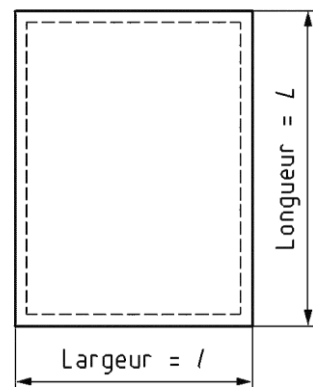
Calcul de e_F pour un vitrage isolant double avec deux composants feuilletés :

$$e_F = \frac{\frac{e_i + e_j}{\varepsilon_2} + \frac{e_k + e_l}{\varepsilon_2}}{\varepsilon_1} \quad \dots (36)$$

Annexe D (normative) Valeurs du coefficient de déformation α

Le coefficient α prend en compte le module d'élasticité du verre ($E = 70 \text{ GPa}$).

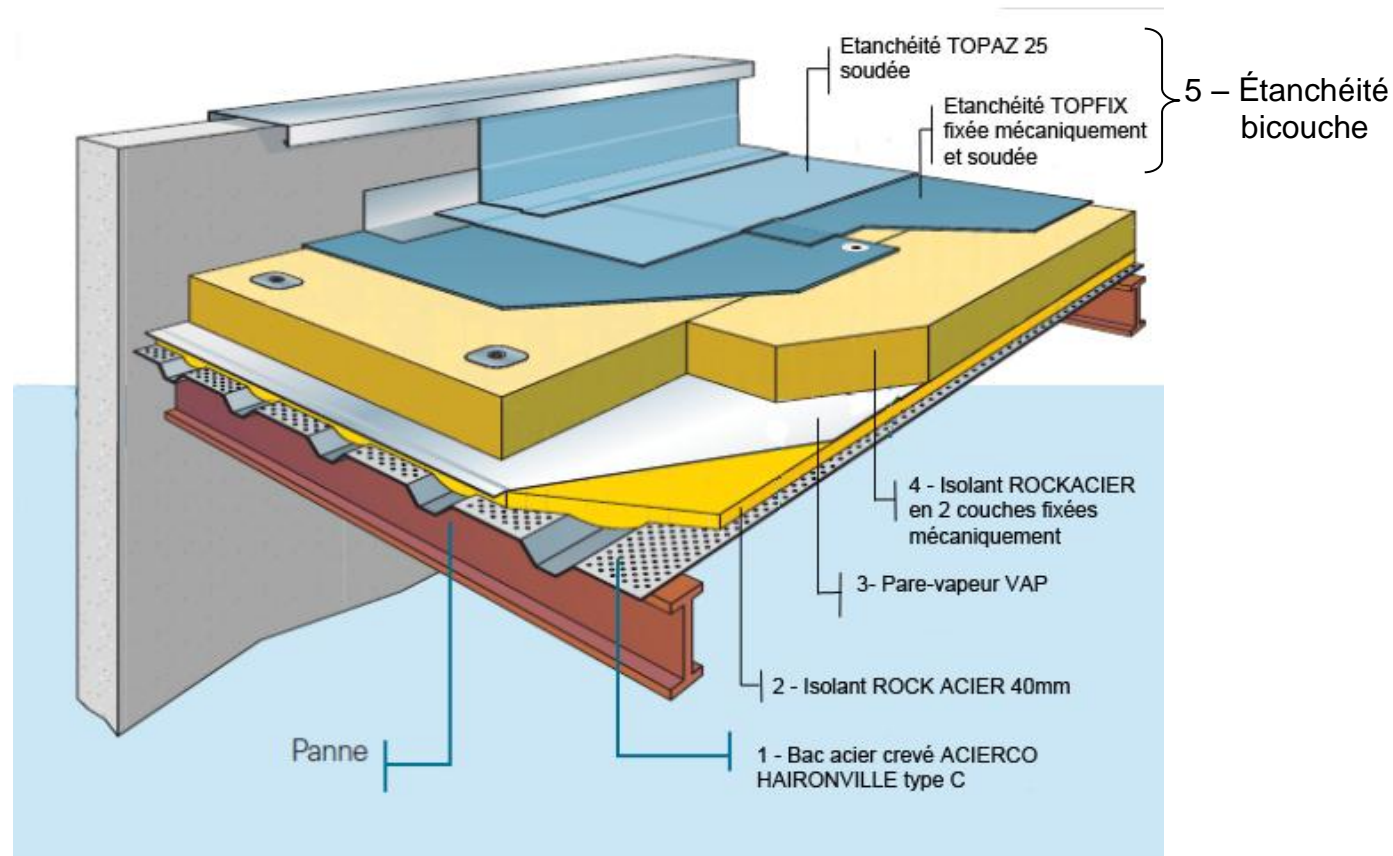
D.1 Vitrage en appui sur 4 côtés



Valeurs du coefficient α	
Rapport largeur/Longueur (l/L)	α
1	0,6571
0,9	0,8000
0,8	0,9714
0,7	1,1857
0,6	1,4143
0,5	1,6429
0,4	1,8714
0,3	2,1000
0,2	2,1000
0,1	2,1143
< 0,1	2,1143

Tableau D.1 Appui sur 4 côtés

CROQUIS DE DETAIL



- ① Bac acier CREVÉ support d'étanchéité galvanisé type HACIERO HAIRONPHONE TYPE C
- ② Isolation phonique par panneaux en laine de roche de forte densité ROCK ACIER B nu de 40 mm d'épaisseur – Euroclasse A1
- ③ pare-vapeur VAP en voile de verre 60 g/m², surfacé d'une feuille d'aluminium de 4/100 mm épaisseur déroulée à sec avec recouvrement de 100 mm entre lés
- ④ Isolation thermique en panneaux de laine de roche de forte densité ROCKACIER B nu posée en 2 couches (ÉPAISSEUR A CALCULER) – Euroclasse A1 fixé mécaniquement par fixations non apparentes (nombre de fixation au m² suivant D.T.U.).
- ⑤ Étanchéité bicouche système en adhérence avec bitume élastomère AXTER comprenant :
 - 1 couche d'étanchéité TOPFIX PY FMP GRESE fixée mécaniquement avec joints soudés.
 - 1 couche d'étanchéité TOPAZ 25 soudée auto-protégée revêtue de granulés céramique couleur aux paillettes d'ardoises

RESISTANCES SUPERFICIELLES

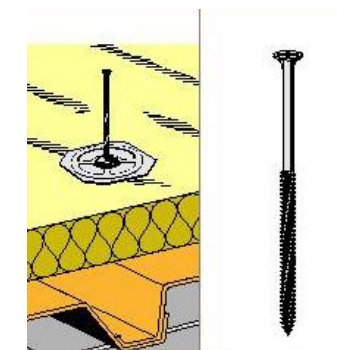
DT 12

Paroi en contact avec l'extérieur		Rsi m ² .K/W	Rse ⁽¹⁾ m ² .K/W	Rsi + Rse m ² .K/W
Paroi verticale		0.13	0.04	0.17
Paroi horizontale		0.10	0.04	0.14
		0.17	0.04	0.21

CONDUCTIVITÉ THERMIQUE DES MATERIAUX

MATERIAUX	EPAISSEUR	λ en W/(m.K)
Bac acier	À négliger	
Membranes d'étanchéité (les deux couches)	5.30 mm	1.15
Pare vapeur	À négliger	
Laine de roche ROCKACIER	<u>A calculer</u>	0.039

FIXATION DE L'ISOLANT



Pour ce chantier, en partie courante, les fixations seront de diamètre 6,3 mm et au nombre 6 par m²

ROCKACIER B NU



Rockacier B Nu est un panneau isolant nu en laine de roche de forte densité.



LES + PRODUIT :

- Excellente tenue mécanique grâce au redressement des fibres
- Réaction au feu : Euroclasse A1 (incombustible)
- Plus d'efficacité lors de la pose grâce aux formats Grande Longueur et Grande Surface
- Stabilité dimensionnelle
- Imputrescibilité

DIMENSIONS

- Disponible en 3 dimensions :
 - Standard : L. 1200 x l. 1000 mm
 - GL et GS : L. 2400 x l. 600 mm ou l. 1200 mm à partir de l'épaisseur 80 mm
- Identification des classes de compressibilité :
 - classe B = étiquette marquée "B" sans marquage sur la tranche du panneau
 - classe C = étiquette marquée "C" avec présence d'un marquage sur la tranche du panneau

DOMAINE D'APPLICATION

- Rockacier B Nu est un panneau isolant non porteur, support direct des revêtements d'étanchéité bitumineux pour toitures plates et inclinées des terrasses inaccessibles*, y compris les chemins de circulation, des bâtiments non isolés.
- Ces terrasses sont constituées d'éléments porteurs en tôles d'acier nervurées, en bois et dérivés du bois, pour des pentes conformes aux DTU 43.3 et 43.4.
- Rockacier B Nu n'est pas destiné à être mis en œuvre sur des bacs acier Grande Portée, sous végétalisation, sous membrane photovoltaïque ou synthétique.
- Rockacier B Nu peut être employé en climat de montagne dans les conditions du cahier CSTB n° 2267-2 de septembre 1988.

Épaisseurs commercialisées

Épaisseur en mm	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	100
-----------------	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	-----

Conductivité thermique certifiée : 0,039 W/(M.K)

FORMULAIRE THERMIQUE

$$R_T = R_{si} + \sum \frac{e_i}{\lambda_i} + R_{se}$$

$$U_p = \frac{1}{R_T} \quad T_{si} = t_i - \left(\frac{R_{si}}{R_T} \right) \times (t_i - t_e)$$

§ 3.9.4.2.4 Toiture avec isolant support d'étanchéité sur bac acier selon DTU 43.3

Isolant posé sur tôle d'acier nervurée. Revêtement d'étanchéité mis en œuvre sur l'isolant. Ce procédé fait l'objet de la procédure de document technique d'application. Fixations métalliques de diamètre 4,8 mm ou 6,3 mm. Conductivité de l'isolant pour ce procédé particulier de 0,022 à 0,042 W/(m.K).

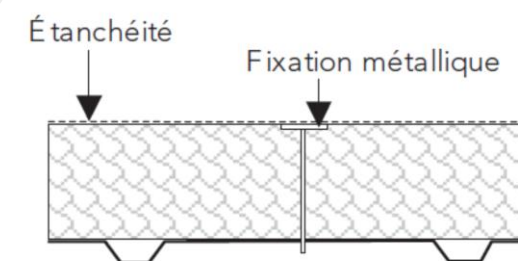


Figure 71

Calcul de U_p par la formule :

$$U_p = U_c + \Delta U ;$$

$$\Delta U = \chi_{vis} \times n$$

Où :

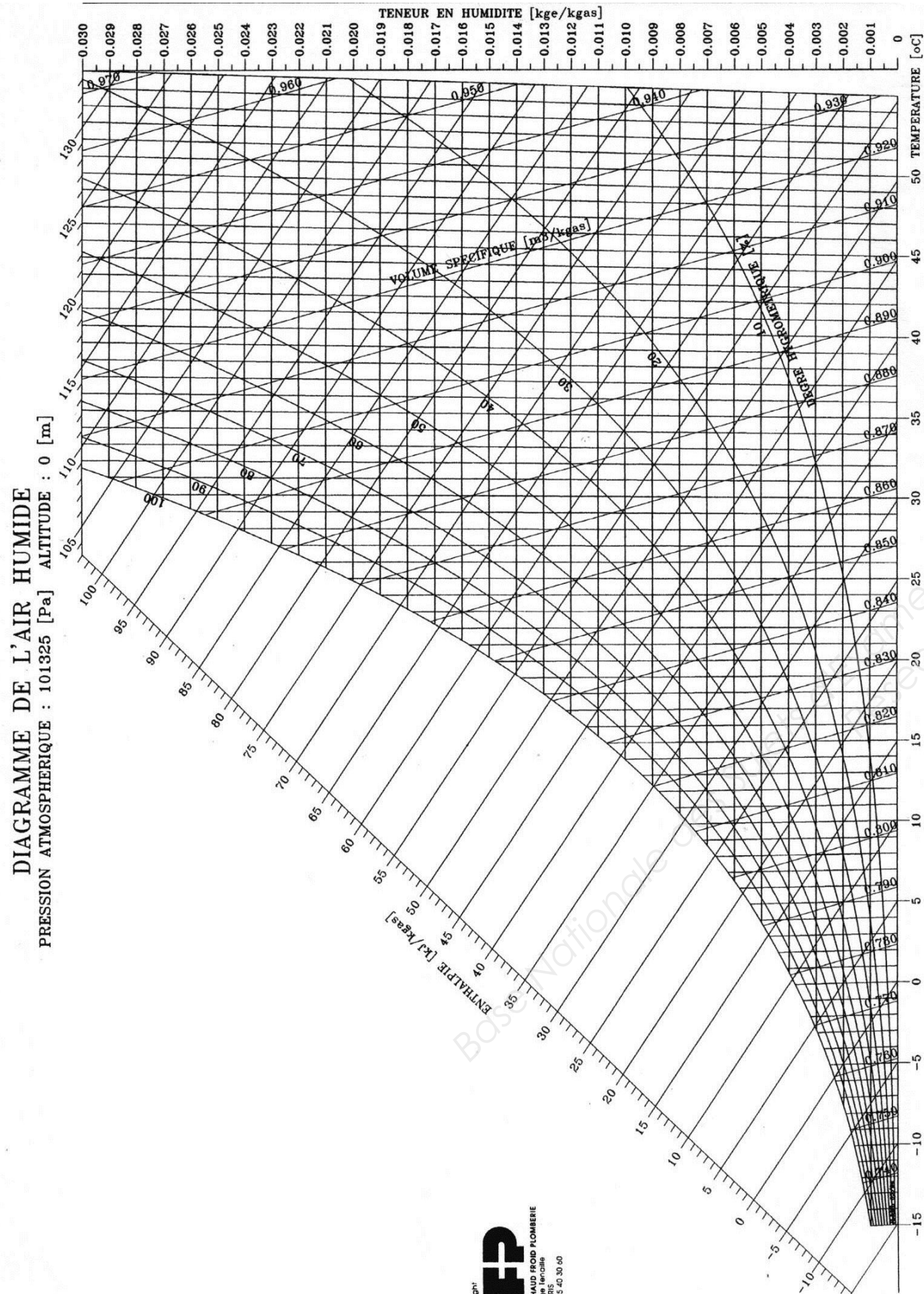
- U_p : coefficient de déperdition thermique global de la paroi ;
- U_c : coefficient de déperdition thermique en partie courante ;
- ΔU : majoration de U_c due à l'effet des ponts thermiques intégrés ;
- χ_{vis} : coefficient de déperdition thermique ponctuel des vis de fixation ;
- n : nombre de vis par m^2 de paroi.

Tableau C11

Diamètre des vis (mm)	Densité de fixation n (m ²)	χ_{vis} (W/K)
4.8	5	0.006
	6	
	8	
	10	
	12	
6.3	5	0.008
	6	
	8	
	10	
	12	

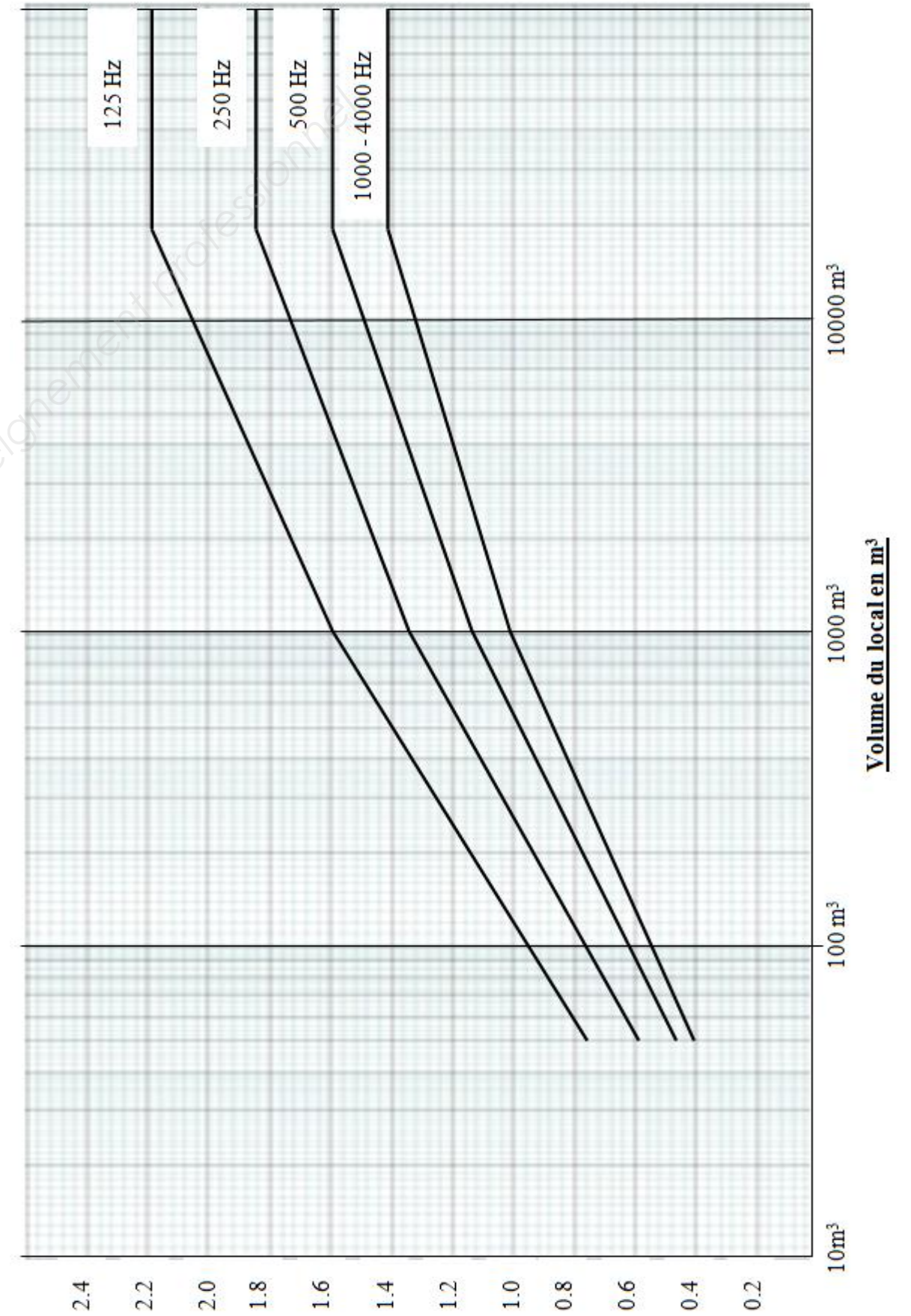
DIAGRAMME DE MOLLIER

DT14



TEMPS DE RÉVÉRBÉRATION DES LOCAUX DE TRAVAIL (SOURCE SUVA)

DT 15



COEFFICIENTS DE SABINE

MATÉRIAUX	α Sabine					
	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz
Bac acier CREVÉ + PV + isolant + étanchéité	0.46	0.96	0.78	0.48	0.25	0.20
Bac acier CREVÉ + isolant + PV + isolant + étanchéité	0.50	0.82	0.87	0.60	0.63	0.47
Bac acier PERFORÉ + PV + isolant + étanchéité	0.37	0.82	0.89	0.70	0.56	0.45
Bac acier PERFORÉ + isolant + PV + isolant + étanchéité	0.33	0.68	0.81	0.75	0.56	0.45
Béton + résine	0,02	0,02	0,02	0,03	0,04	0,04
Plâtre peint	0,02	0,03	0,04	0,05	0,03	0,03
Parquet bois collé	0,04	0,04	0,05	0,06	0,06	0,06
Moquette bouclée d'épaisseur 4 mm	0,01	0,03	0,05	0,11	0,32	0,66
Fibres de bois compressées épaisseur 20 mm	0,15	0,44	0,45	0,44	0,53	0,59
Plâtre perforé sur laine minérale d'épaisseur 18 mm	0,10	0,19	0,42	0,74	0,57	0,34
Plateau de bardage en acier	0.05	0.22	0.10	0.05	0.05	0.05
Skydôme	0.18	0.06	0.04	0.03	0.02	0.02
Porte pleine		0.22	0.17	0.09	0.10	
Porte tôle acier		0.04	0.04	0.05	0.10	
Porte rapide en PVC	0.04	0.05	0.11	0.15	0.30	0.44
Briques	0.02	0.02	0.03	0.04	0.05	0.07
Carrelage		0.01	0.02	0.03	0.04	
Dalles plastiques collées	0.02	0.02	0.04	0.03	0.02	0.02
Porte sectionnelle à panneaux acier		0.22	0.17	0.09	0.10	
crépi grossier	0.01	0.03	0.04	0.04	0.08	0.17
Fenêtre	0.35	0.25	0.18	0.12	0.07	0.04
Baffle acoustique ACUSTEC-N19	0.59	0.84	0.81	0.93	1.00	1.00

GÉOMÉTRIE DE L'ATELIER

GÉOMÉTRIE DE L'ATELIER			
Longueur :	30.00m		
Largeur :	21.27m		
Hauteur moyenne :	6.17m		
porte pleine	type1	2	0.90 x 2.04
porte pleine	type2	1	1.40 x 2.04
Porte tôle acier prélaquée		1	0.90 x 2.04
porte sectionnelle	type 1	3	3.00 x 3.60
porte sectionnelle	type 2	1	4.40 x 3.60
porte rapide souple en PVC		2	2.60 x 3.00
fenêtre	type1	1	1.15 x 1.10
fenêtre	type2	1	2.20 x 1.10
skydôme de désenfumage		6	3.00 x 2.00

PAROIS DE L'ATELIER

PAROIS	NATURE
PLAFOND	Bac acier crevé + isolant + PV + isolant + étanchéité
SOL	Béton + résine
PAROIS VERTICALES	Plateau de bardage en acier

BAFFLE ACOUSTIQUE SUSPENDU

PRÉSENTATION

Baffle acoustique composée de deux plaques d'Acustec N19
Finition avec profil périphérique en aluminium. Système de fixation au plafond à l'aide de tige filetée.

AVANTAGES

Permet d'améliorer la réponse absorbante et les temps de réverbération dans tous les types d'établissements.
Augmentation de l'audibilité et du confort auditif.
Large éventail de couleurs.

APPLICATIONS

Salles polyvalentes, ateliers, bureaux, cabinets, restaurants, bars, cafétérias, plateaux de TV, cinémas, établissements commerciaux, grands magasins, hopitaux, centres médicaux, etc.

DONNÉES TECHNIQUES

Matériaux de base : Acustec N19.

Finition : voile résistant couleur blanc RAL 9010 ou autre couleur de la gamme RAL (sur commande).

Comportement : Absorbant pur.

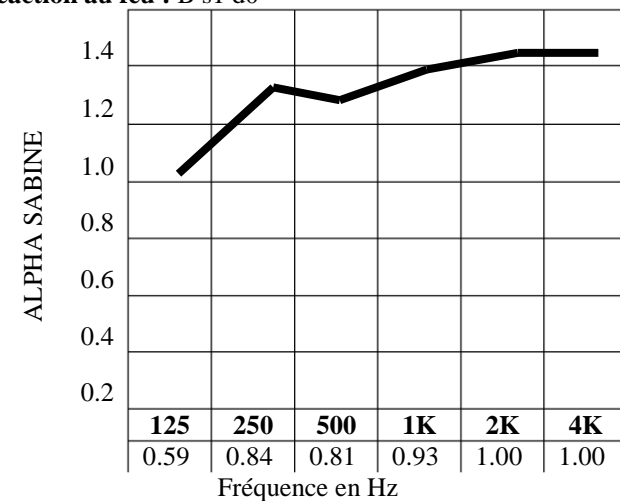
Dimensions : Baffle de 1200 x 600 mm.

Épaisseur : 40 mm.

Chants visibles : Aluminium.

Poids : 5.1 kg par panneau

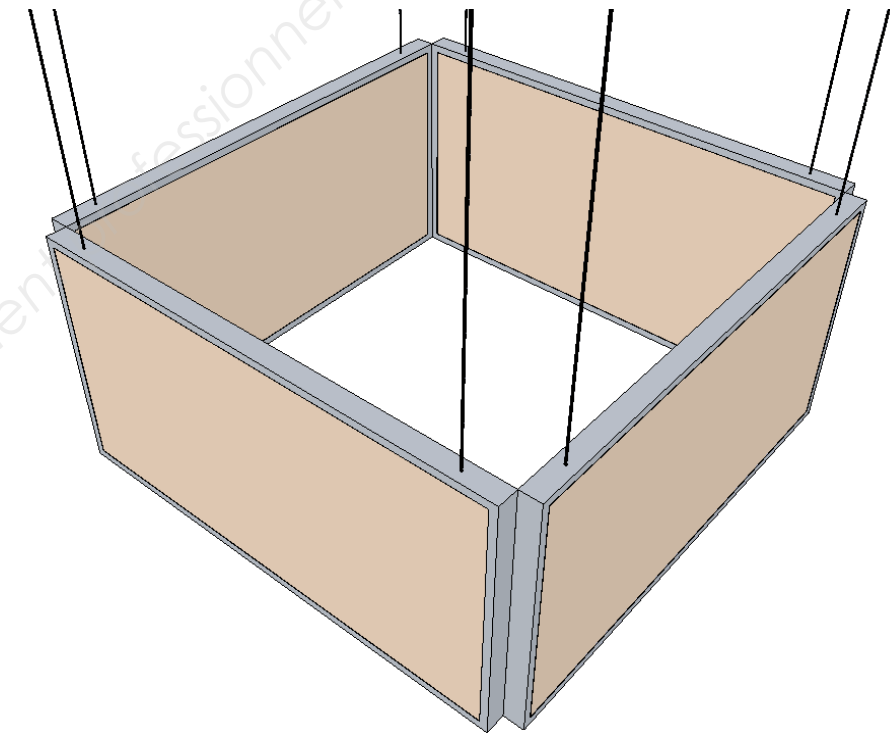
Réaction au feu : B s1 d0



CHOIX DU MAÎTRE D'OUVRAGE

Module composé de 4 panneaux ACUSTEC-N19 1200 x 600 x 40 suspendu par des tiges filetées.

La surface absorbante des panneaux suspendus est doublée du fait de leur position verticale α à 1000 Hz = 0.93

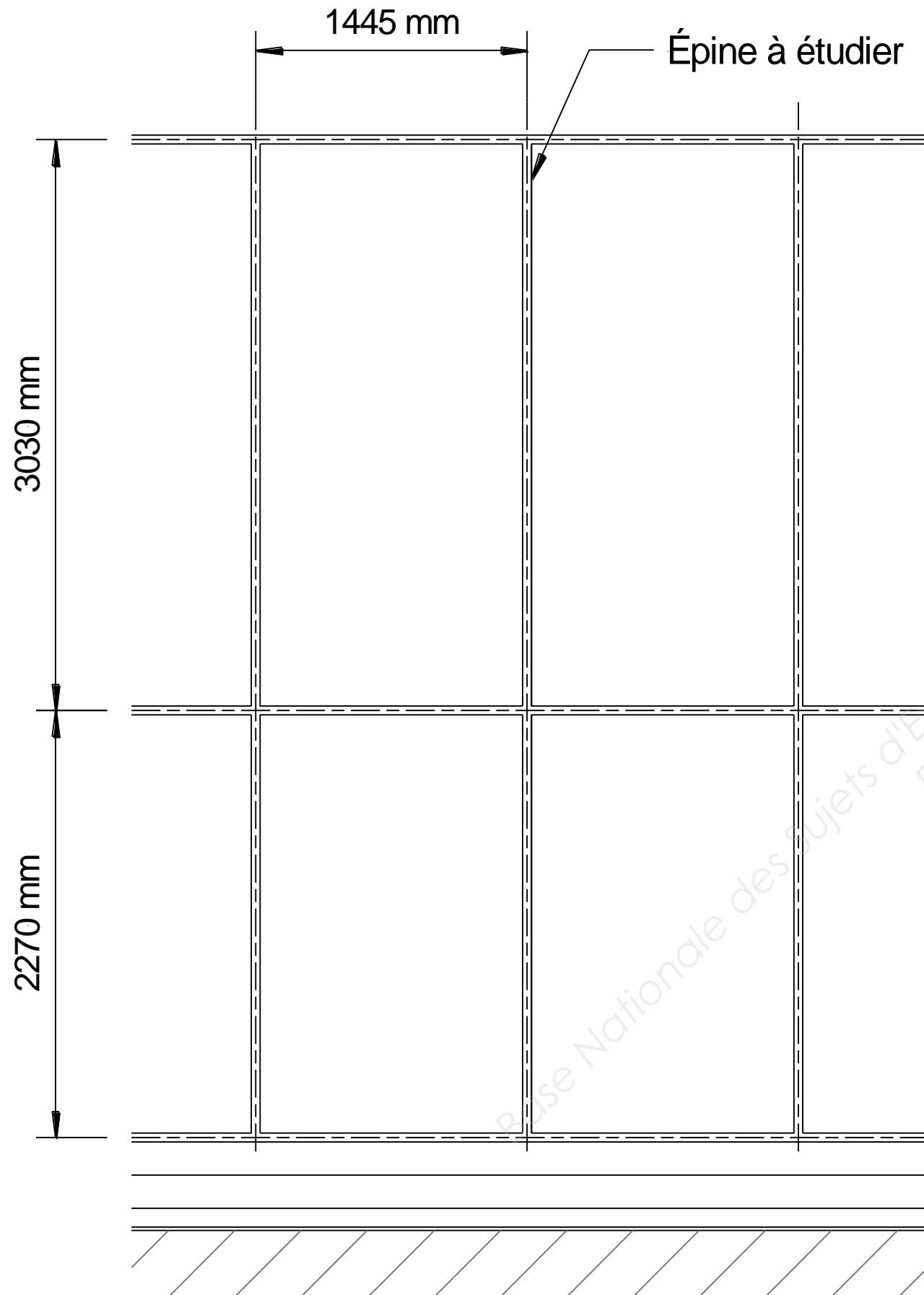


FORMULAIRE ACOUSTIQUE

$$Tr = \frac{0.16 V}{\sum \alpha.S}$$

QUESTION 1

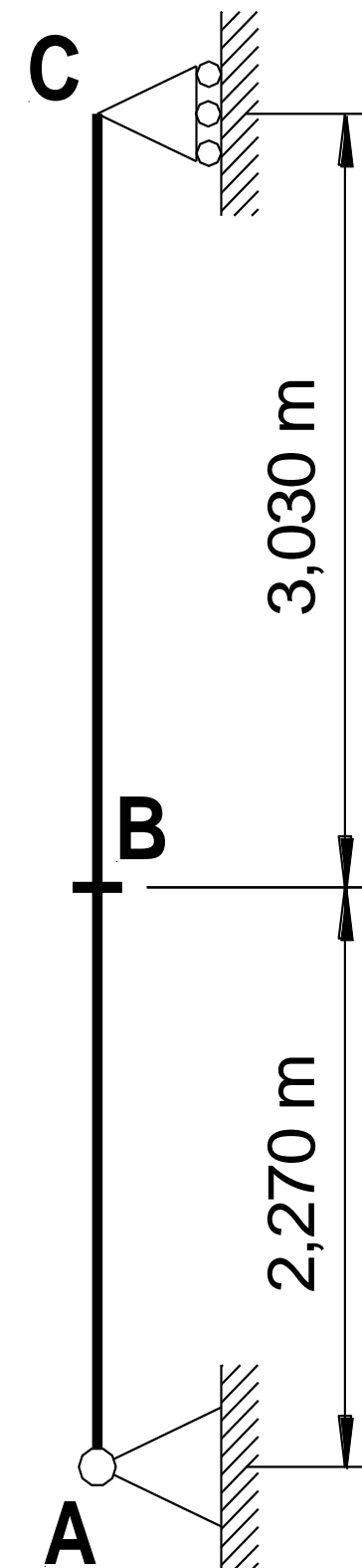
Tracé des zones de chargement.



QUESTION 2

Chargement réel de l'épine.

DR 1 (document à rendre avec la copie)



QUESTION 13

Calcul du temps de réverbération du local.

CALCUL DU TEMPS DE RÉVERBÉRATION				
Désignations	Nature	Surfaces en m²	1000 Hz	
			α	$\alpha \times S$
plafond	Bac acier crevé	602.10		
murs	Plateau de bardage	561.77		
sol	Béton + résine	638.10		
Portes pleines				
Portes sectionnelles	Panneaux acier			
skydômes	polycarbonate			
fenêtres				
Porte rapide	PVC			
Porte métal	Acier			
Aire d'absorption équivalente				
Temps de Réverbération en seconde				

Base Nationale des Sujets d'Examens de l'enseignement professionnel
Réseau Canopé