

**BREVET DE TECHNICIEN SUPERIEUR
ETUDES ET ECONOMIE DE LA CONSTRUCTION**

SESSION 2005

EPREUVE E 5 – ETUDE DES CONSTRUCTIONS

**PARTIE 3 :
ETUDE THERMIQUE ET ACOUSTIQUE DE LA TOITURE
DE LA SALLE D'ARTS PLASTIQUES**

3. ETUDE THERMIQUE ET ACOUSTIQUE DE LA TOITURE DE LA SALLE D'ARTS PLASTIQUES

Votre situation : vous êtes technicien économiste dans un bureau d'études de l'équipe de maîtrise d'œuvre. Vous participez à la phase APD au cours de laquelle il vous est demandé de déterminer les épaisseurs d'isolant de la toiture et de vérifier l'acoustique de la salle d'arts plastiques.

Pour cela vous disposez des informations suivantes :

- ⇒ Coupes AA et 1-1 (voir présentation de l'ouvrage)
- ⇒ Vue en plan de la salle d'arts plastiques (voir présentation de l'ouvrage)
- ⇒ Le projet se situe en zone H1 pour les études thermiques
- ⇒ Valeurs des déperditions de référence selon les règles Th U de la RT 2000 (DOC. 3.1)
- ⇒ Définition de la hauteur d'un plénum « feu » et d'un plénum « acoustique » (DOC. 3.2)
- ⇒ Extrait de l'avis technique du système de couverture utilisé « Kal Zip » : principe de montage et paragraphes 5 et 6 (DOC. 3.3 et DOC. 3.4)
- ⇒ La lame d'air du comble ne sera pas prise en compte dans les calculs.

Pour assurer la protection vis à vis de l'incendie de la charpente et de la couverture, la réglementation applicable aux ERP impose de mettre en place un faux plafond CF ½ h en sous face de la charpente bois.

Ce faux plafond est constitué d'une plaque de plâtre BA 15 montée sur une ossature métallique fixée sur la charpente à l'aide de suspentes. Le plénum minimal doit être de 250 mm. Un isolant en laine minérale d'épaisseur 60 mm est placé dans le plénum, sur la plaque de plâtre.

3.1. Epaisseur d'isolant thermique à prévoir en toiture

Afin de faire un premier choix d'épaisseur d'isolant à placer en toiture, on vous suggère de respecter les exigences thermiques minimales (voir doc. 3.1).

En utilisant un matériau de conductivité égale à 0,04 W/mK, déterminer l'épaisseur minimale totale d'isolant thermique à mettre en œuvre pour la couverture et le plafonnage.

3.2. Dispositif thermique

Listez et commentez (sans calculs) quels éléments doivent être pris en compte dans le calcul réel des déperditions par la partie supérieure de la salle d'arts plastiques.

3.3. Etude acoustique de la salle d'arts plastiques

On cherche à valider la correction acoustique de la salle, vis à vis des prescriptions sur la valeur du temps de réverbération (T_r) demandée par l'arrêté du 9/1/1995.

Pour cette étude vous disposez des documents suivants :

⇒ Extrait de l'arrêté du 9/1/95 concernant la correction acoustique des locaux d'enseignement (valeurs de T_r) (DOC. 3.5)

⇒ Mode de calcul du T_r et valeurs des coefficients α_w des parois (DOC. 3.6)

⇒ Performances acoustiques des faux plafonds non démontables KNAUF Delta 4 (DOC. 3.7)

⇒ Mise en œuvre des faux plafonds acoustique non démontables KNAUF Delta 4 (DOC. 3.8)

3.3.1. Exigence réglementaire

En vous aidant de l'extrait de l'arrêté du 9/1/95 (DOC. 3.5), déterminez la plage de valeurs dans laquelle doit se situer le T_r pour cette salle. Justifiez votre réponse.

3.3.2. Calcul de T_r

Le mode de calcul du T_r est donné sur le document DOC. 3.6. Vous disposez des coefficients α_w des parois de la salle d'arts plastiques présentés dans le tableau ci-dessous.

LOCALISATION	NATURE DU REVETEMENT	ALPHA W
PLAFOND COUPE FEU	PLAQUE DE PLATRE	0.03
SOL	REVETEMENT PLASTIQUE	0.06
MUR VITRE COTE PATIO	VITRAGE	0.03
MUR OPPOSE AU MUR VITRE	CLOISON 10 CM	0.04
MUR COTE DEPOT	CLOISON 10 CM	0.04
MUR COTE CASIERS ELEVES	CLOISON 10 CM	0.04

Calculez le T_r pour ce local avec le plafond coupe-feu en plaque de plâtre. Comparez la valeur trouvée avec la réglementation. Conclure.

3.3.3. Choix du faux plafond acoustique

On envisage d'améliorer la correction acoustique de cette salle par la mise en place d'un faux plafond acoustique dont l'objectif est de ramener le T_r à une valeur de 0,75 seconde environ, selon les recommandations du bureau d'études acoustique. Pour cela vous disposez des coefficients α_w des parois de la salle d'arts plastiques présentés dans le tableau précédent.

Calculez la valeur α_w du faux plafond.

Choisissez un faux plafond qui convient parmi ceux proposés dans la documentation fournie, en tenant compte de l'encombrement de la solution retenue. Justifiez votre choix.

3.4. Représentation graphique de la toiture

A partir de l'amorce de dessin fournie (DOCUMENT REPONSE DR 3.9) sur laquelle on distingue :

- la ferme industrielle
- le chéneau
- l'axe des pannes recevant les bacs Kal Zip
- le niveau inférieur du faux plafond

et afin de choisir une section de bois appropriée pour les pannes supportant les bacs, vous disposez du tableau présenté ci-dessous :

TYPES DE BOIS (SAPIN TRAITE CLASSE 2)	SECTIONS (dimensions en mm)
Poutre brute	100 x 100
Madrier	75 x 150 / 75 x 225
Bastaing	50 x 100 / 50 x 150 / 63 x 175 / 75 x 100
Chevron	63 x 75 / 75 x 75
Demi-chevron	38 x 63 / 38 x 75

Représentez, avec cotation (éléments, plénum, ...) et annotations (nature des matériaux, ...) :

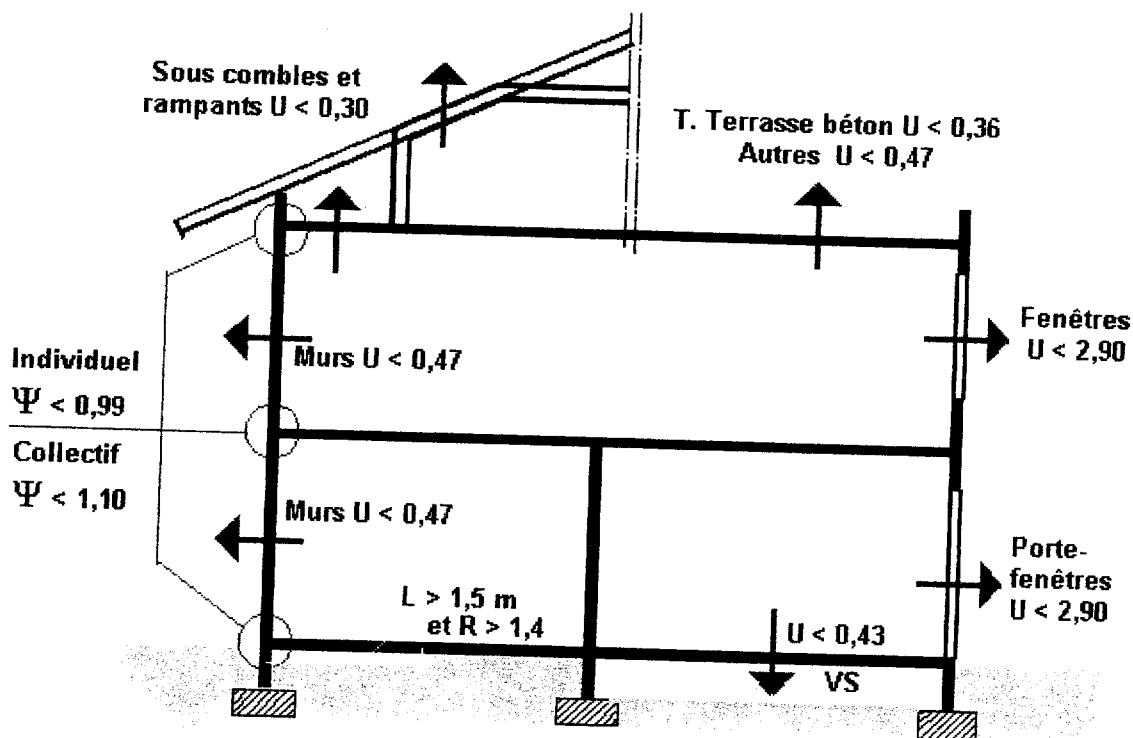
- les isolants (y compris le traitement éventuel des ponts thermiques)
- les bacs Kal Zip et les pannes formant support
- le faux plafond « feu »
- le faux plafond acoustique

DOC. 3.1

EXIGENCES THERMIQUES MINIMALES

Parois	Coefficient U maximal $W/(m^2.K)$
- Murs opaques en contact avec l'extérieur ou avec le sol ⁽¹⁾	0.47
- Planchers sous combles et rampants des combles aménagés	0.30
- Planchers bas donnant sur l'extérieur ou sur un parking collectif, et toitures-terrasses en béton ou en maçonnerie	0.36
- Autres planchers hauts	0.47
- Planchers bas donnant sur un vide sanitaire	0.43
- Fenêtres et portes-fenêtres prises nues	2.90
- Façades rideaux (voir définition au § 1.4)	2.90

(1) Cette exigence s'applique également à chaque jouée (face latérale) de lucarnes, dont la surface est supérieure ou égale à 0.5 m²



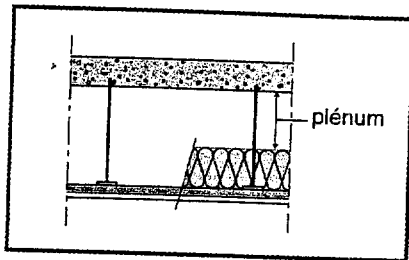
DOC. 3.2

Dispositions particulières pour les plafonds non démontables

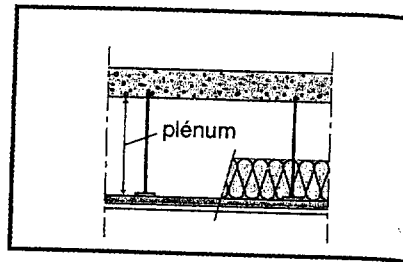
Définition du plénum d'un faux-plafond

Pour la protection au feu, le plénum comprendra la distance séparant le dessus du matelas de laine minérale à la dalle support.

Pour les performances acoustiques, le plénum s'entend du dessus de la plaque de plâtre à la dalle du support.



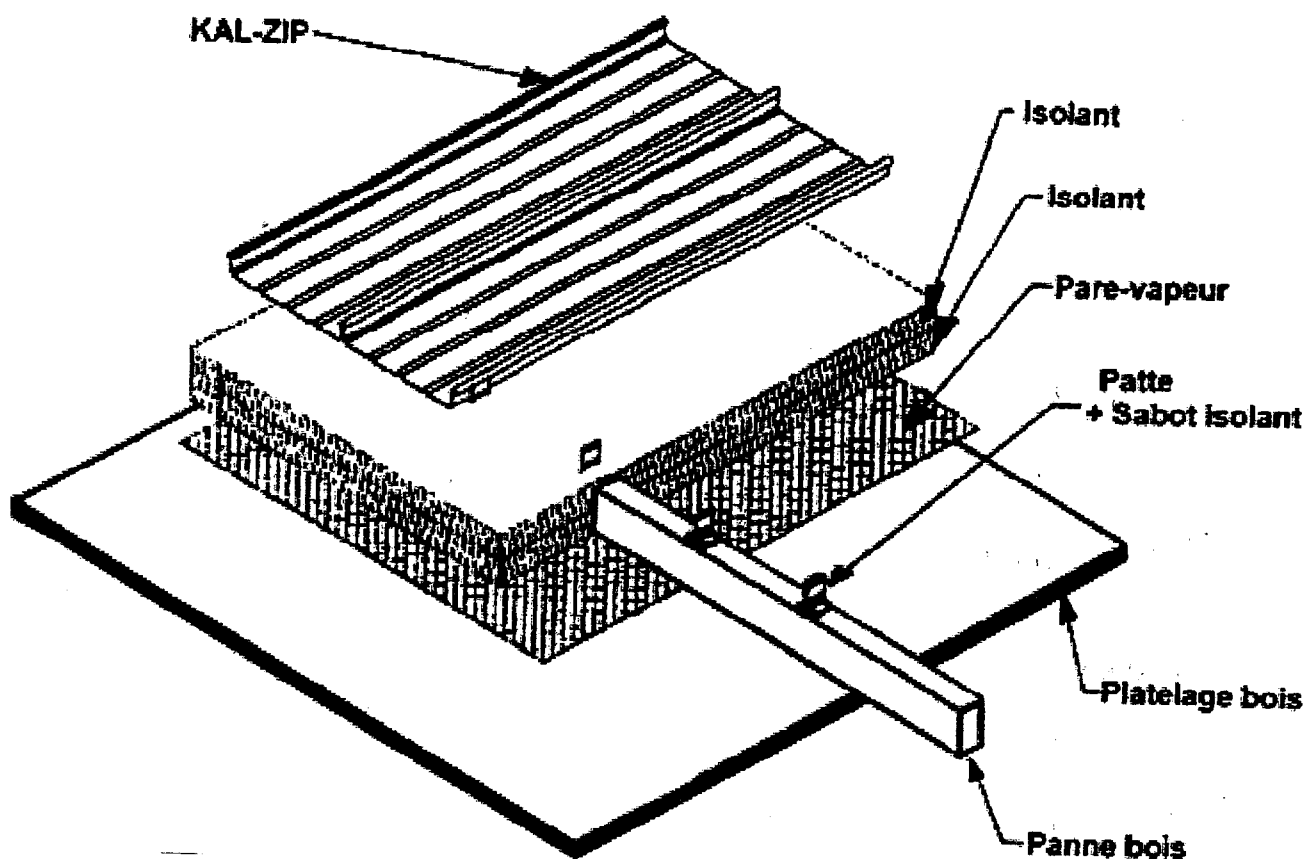
Plénum protection au feu



Plénum performances acoustiques

Laines minérales en ERP : utiliser des laines minérales avec pare-vapeur M1 lorsqu'un isolant avec pare-vapeur est nécessaire.

**PANNEAU DE COUVERTURE KAL-ZIP
PRINCIPE DE MONTAGE**



Le système KAL-ZIP est un système autoporteur de couverture en aluminium à joint debout semi-industrialisé à libre dilatation destiné à la réalisation de bâtiments de toutes destinations. Il est composé de bacs métalliques en aluminium assemblés et sertis longitudinalement, fixés à la structure par l'intermédiaire de fixations non traversantes rendues invisibles par construction. Le système KAL-ZIP peut être mis en œuvre en couverture sèche ou en couverture chaude reconstituée, associé à une isolation thermique

Largeur utile des bacs :
305 mm, 333 mm, 400 mm pour le KAL-ZIP standard

Hauteur des relevés latéraux :
63 mm

Épaisseurs :
0,7 mm, 0,8 mm, 0,9 mm et 1,0 mm avec une tolérance de $\pm 0,03$ mm
1,2 mm avec une tolérance de $\pm 0,04$ mm

Hauteur des pattes de fixation :
81 mm

5. Cas particulier des « couvertures froides ventilées » (fig. 19)

Le système KAL-ZIP® peut être utilisé pour la réalisation de couvertures dites « sèches », c'est-à-dire sans isolation rapportée en sous face des bacs. Afin de lutter contre les risques d'apparition de condensation en fonction des variations hygro-thermiques de l'environnement, la conception de l'ouvrage devra tenir compte des éléments suivants :

- la charpente devra être réalisée de telle façon que l'air puisse librement circuler dans le comble ;
- une ventilation, suivant les principes et dimensionnement du DTU 40.36 ;
- la mise en place d'un complément intérieur « régulateur de condensation » du type AQUASINE ® ou similaire doit être envisagé afin de réguler les pics instantanés de condensation.

6. Cas particulier des « toitures chaudes »

6.1 Généralités (fig. 20 à 23)

La toiture chaude est reconstituée par assemblage des éléments constitutifs suivants :

- éléments structurels de charpente ;
- sous-face intérieure, ayant pour simple rôle le maintien en place des divers composants du complexe. Cette sous-face peut être constituée par une dalle béton, un bac métallique, un platelage bois, un panneau isolé ou non, un grillage métallique, un feutre tendu ou toute autre forme de produit capable de reprendre son propre poids et le poids des composants de l'isolation rapportée ;
- matériaux acoustique, lorsque des performances acoustiques sont requises ;
- pare-vapeur indépendant, ayant pour rôle de limiter ou empêcher la migration de vapeur d'eau et donc l'apparition de condensation (point de rosée) dans l'isolant ;
- dispositif écarteur éventuel (type « oméga » métallique ou lisse bois par exemple) solidaire des pannes, permettant de s'affranchir de la sous-face intérieure et de contrôler la répartition des efforts sur la structure porteuse. Les pattes KAL-ZIP® sont alors fixées sur ce dispositif écarteur ;
- isolant thermique, disposé en deux couches parallèles décalées. L'épaisseur de l'isolant dépend des caractéristiques requises pour le chantier. Lorsque cela est possible (laine de verre de densité 20 kg/m³), l'isolant doit être légèrement sur-dimensionné (surépaisseur de 10 % environ) afin de pouvoir être comprimé lors de la pose du bac KAL-ZIP® ;
- bacs KAL-ZIP® extérieurs.

DOC. 3.5

• Locaux d'enseignements

- Arrêté du 9 janvier 1995 relatif à la limitation du bruit dans les établissements d'enseignements.

Les performances à respecter en matière de construction des établissements d'enseignement sont résumées ci-après. Cet arrêté est applicable pour tous les projets dont le permis de construire a été déposé après le 10 janvier 1996.

- Correction acoustique

Locaux, meubles non occupés	Durée de réverbération moyenne 500, 1000, 2000 Hz
Salles de repos, d'exercice et de jeux des écoles maternelles	0.4 < TR ≤ 0.8 seconde
Local d'enseignement, de musique, d'études, d'activités pratiques, salle à manger et salle polyvalente de volume V ≤ 250 m ³	
Local médical ou social, infirmerie, sanitaires, administration, foyer, salle de réunion, bibliothèque, CDI	
Local d'enseignement, de musique, d'études ou d'activités pratiques de volume V > 250 m ³	0.6 < TR ≤ 1.2 seconde
Salle à manger et salle polyvalente de volume V > 250 m ³	0.6 < TR ≤ 1.2 seconde et étude obligatoire pour avoir une bonne intelligibilité
Circulations, halls et préaux	Aire d'absorption Sabine (moyenne 500, 1000, 2000 Hz) > 2/3 Ssol
Ateliers bruyants (Lp ≥ 85 dB(A))	Étude obligatoire pour limiter la réverbération
Salle de sport	Conforme à l'arrêté des salles sportives

DOC. 3.6

• Coefficient d'absorption Alpha (α) Sabine

C'est la quantité d'énergie sonore non réfléchi (absorbée et parfois transmise) par un matériau.

$$0 \leq \alpha \leq 1$$

Si : $\alpha = 1$ on a un matériau totalement absorbant

Si : $\alpha = 0$ on a un matériau totalement réfléchissant

L'indice α_w est un indice global obtenu par comparaison du spectre du coefficient d'absorption α mesuré avec une courbe de référence standard. α_w est la valeur à 500 Hz de la courbe de référence qui se rapproche le mieux de la courbe mesurée.

• Aire équivalente d'absorption A

L'aire équivalente d'absorption A, exprimée en m^2 , caractérise le pouvoir absorbant d'un local. Plus elle est grande, plus le local est « sourd ».

$$A = \sum \alpha_i S_i$$

Où les S_i sont les différentes surfaces des parois affectées de leur coefficient d'absorption α_i :

• Durée de réverbération T ou T_r

La durée de réverbération caractérise l'absorption d'un local. On peut la définir comme étant le temps mis par un son pour décroître de 60 dB après arrêt de la source. Elle s'exprime en secondes (s).

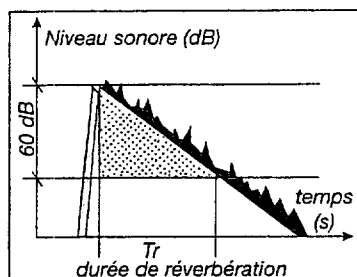


Figure 11 : durée de réverbération

La durée de réverbération est fonction du volume du local et des coefficients d'absorption des différents matériaux mis en œuvre sur les parois. Elle peut être calculée par la formule suivante (formule de Sabine) valable pour des locaux faiblement absorbants et avec une bonne diffusion du son. Pour des locaux absorbants ou de forme particulière, il faut utiliser des modèles de type rayons.

$$T_r = \frac{0.161V}{A}$$

où

V : volume du local

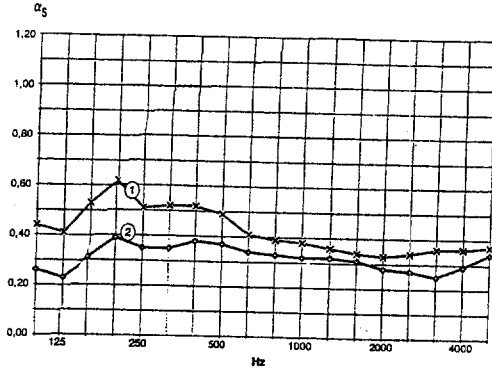
A : aire équivalente d'absorption

KNAUF Delta 4

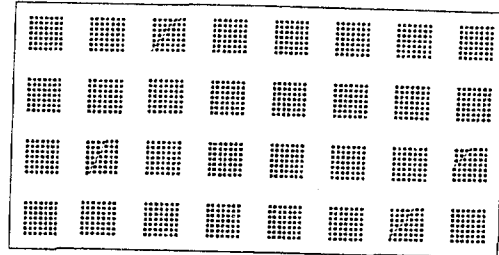
PL 312

Gamme

Delta 4 rond 4

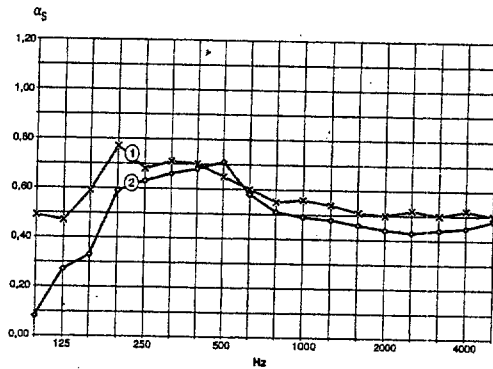


	Fréquences (Hz)							
	Courbe	125	250	500	1000	2000	4000	
α_s (plénium 200 mm + LM60) e	1	0,46	0,55	0,47	0,38	0,34	0,36	$\alpha_w = 0,40$
α_s (plénium 200 mm sans LM) e	2	0,27	0,36	0,36	0,32	0,29	0,29	$\alpha_w = 0,35$

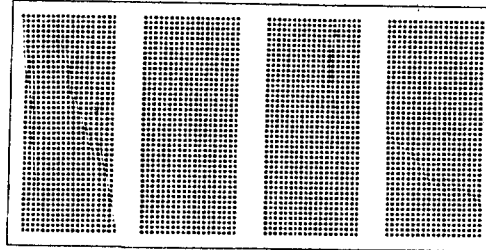


Taux de perforation : 6,15%
Dimensions : 2400 x 1200 mm

Delta 4 rond 5

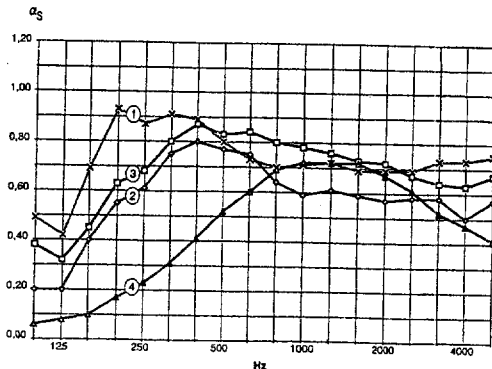


	Fréquences (Hz)							
	Courbe	125	250	500	1000	2000	4000	
α_s (plénium 200 mm + LM60) e	1	0,52	0,72	0,65	0,55	0,51	0,51	$\alpha_w = 0,55$
α_s (plénium 200 mm sans LM) e	2	0,23	0,63	0,66	0,49	0,44	0,46	$\alpha_w = 0,50$

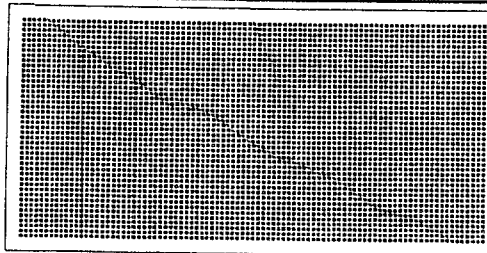


Taux de perforation : 12,83%
Dimensions : 2400 x 1200 mm

Delta 4 quadril 1



	Fréquences (Hz)							
	Courbe	125	250	500	1000	2000	4000	
α_s (plénium 200 mm + LM60)	1	0,53	0,90	0,81	0,71	0,69	0,74	$\alpha_w = 0,75$
α_s (plénium 200 mm sans LM)	2	0,27	0,64	0,77	0,61	0,58	0,55	$\alpha_w = 0,65$
α_s (plénium 50 mm + LM45)	3	0,38	0,70	0,85	0,78	0,71	0,65	$\alpha_w = 0,75$
α_s (plénium 50 mm sans LM)	4	0,08	0,24	0,51	0,71	0,67	0,47	$\alpha_w = 0,50$



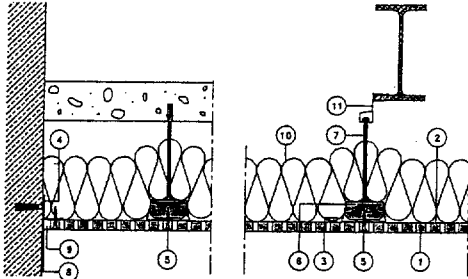
Taux de perforation : 19,53%
Dimensions : 2400 x 1200 mm

KNAUF Delta

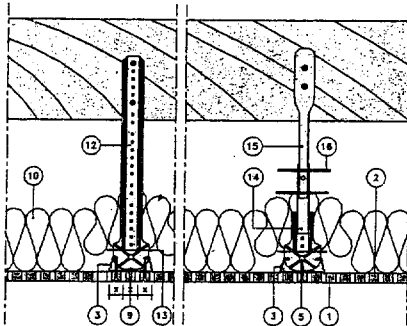
PL 312

Mise en oeuvre

Coupe AA



Coupe BB



Coupe CC

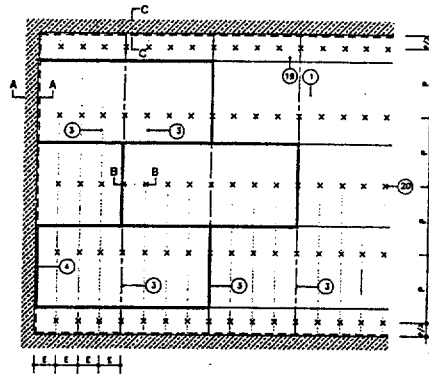
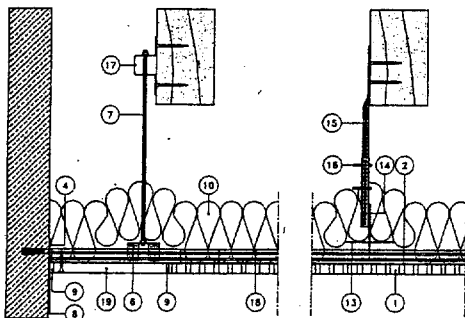


Fig. 1 : P=portées suspentes < 1000 mm et E=entraxe FL55 < 313 mm

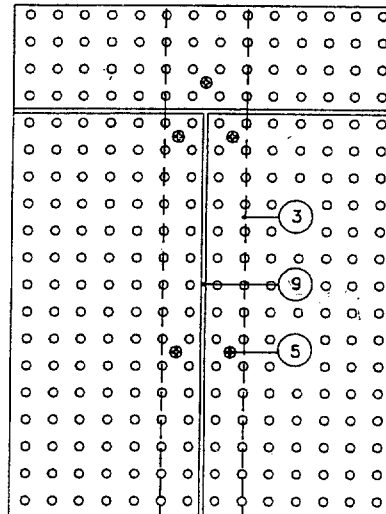


Fig. 2 Pose des plaques

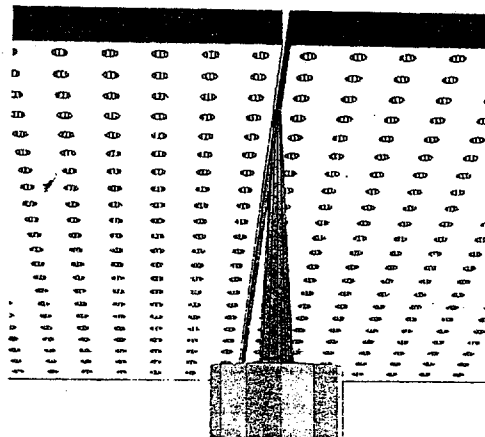


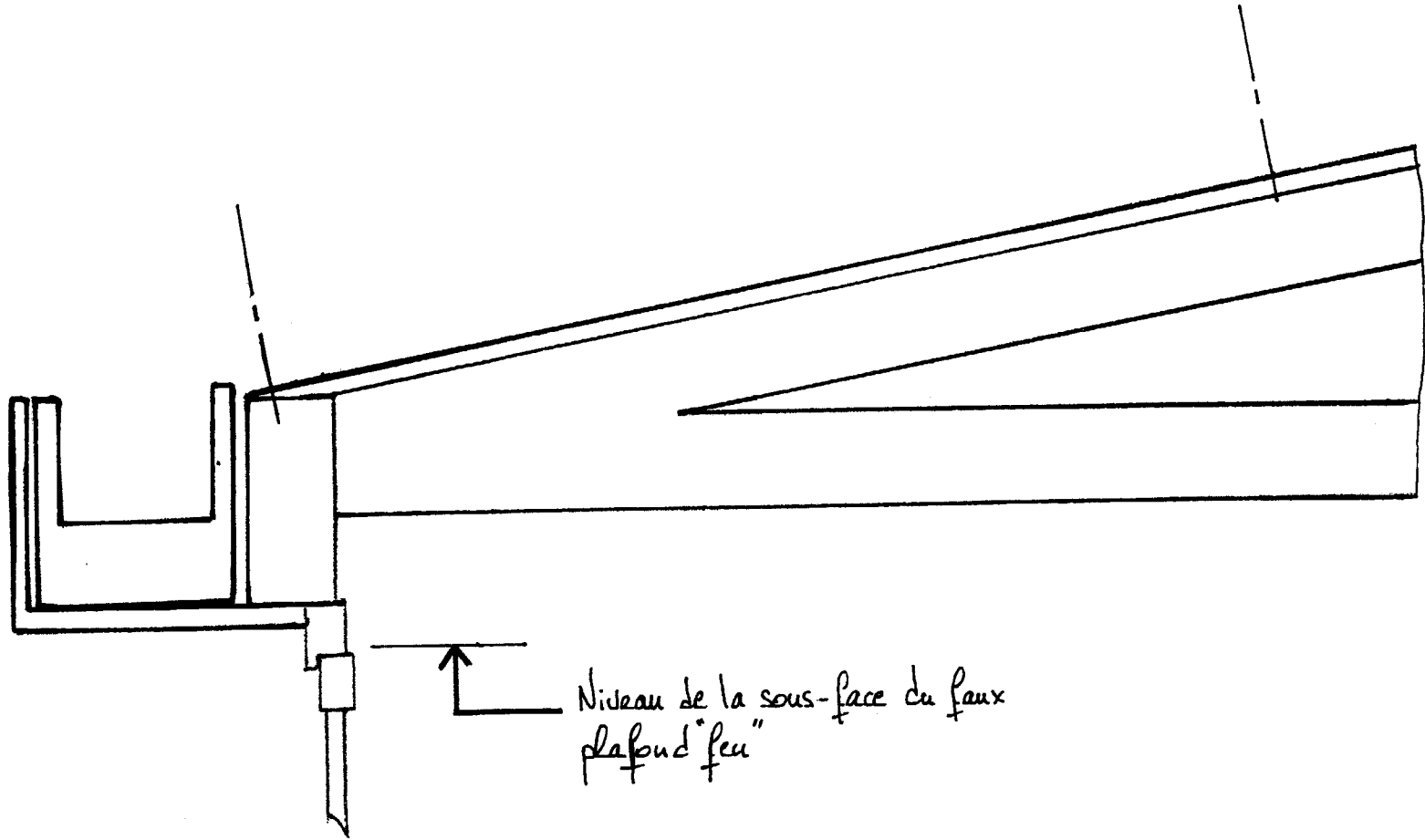
Fig. 3 Jointoiment

- ① Plaque KNAUF Delta *
- ② Voile acoustique
- ③ Fournure FL55
- ④ Cornière 25/30
- ⑤ Vis TF 25
- ⑥ Suspente pivot
- ⑦ Tige filetée \varnothing 6mm < 1m
- ⑧ Bande adhésive
- ⑨ Jeu de 2-3 mm traité à PUNIFLOTT
- ⑩ Isolant fibre minérale
- ⑪ Attache M6 TI
- ⑫ Suspenste bois
- ⑬ Support d'isolant
- ⑭ Pied de suspente réglable pour FL55
- ⑮ Tête de suspente réglable
- ⑯ Goupilles
- ⑰ Attache universelle
- ⑱ Eclisse fournure
- ⑳ Bande de plaque KS BA 13
- ㉑ Emplacement des suspentes

* Épaisseur de la plaque : 13 mm

DOCUMENT REPONSE 3.9

ECH : 1 : 10



* Uniquement s'il s'agit d'un examen.

Note :	20
--------	----

Appréciation du correcteur (uniquement s'il s'agit d'un examen) :

Examen ou concours : _____ Série * : _____

Spécialité/option : _____

Repère de l'épreuve : _____

Épreuve/sous-épreuve : _____

(Préciser, s'il y a lieu, le sujet choisi)

Numérotez chaque page (dans le cadre en bas de la page) et placez les feuilles intercalaires dans le bon sens.

Remarque : on supposera ici la toiture plane et non courbe comme effectuée en réalité.