RESEAU-CANOPE.FR

CANOPÉ

LE RÉSEAU DE CRÉATION
ET D'ACCOMPAGNEMENT PÉDAGOGIQUES

Ce document a été mis en ligne par le Canopé de l'académie de Montpellier 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 2016

_____

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 (Circulaire n°99-186 du 16 /11 :1999).

Documents à rendre avec la copie :

- Document réponse DR1.....page 19/20
- Document réponse DR2.....page 19/20
- Document réponse DR3.....page 20/20

Dès que le sujet vous est remis, assurez-vous qu'il est complet.
Le sujet se compose de 20 pages, numérotées de 1/20 à 20/20.

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

Construction d'un pôle petite enfance, d'un restaurant scolaire et de 20 logements locatifs

Ce projet comprend :

- Un rez-de-jardin ;
- Un rez-de-chaussée ;
- Trois étages.

La structure porteuse en infrastructure comme en superstructure est en béton armé et repose sur un ensemble de fondations profondes : pieux, massifs et longrines.

Cette construction compte :

- Trois types de toitures-terrasses :
  - Une terrasse non circulable végétalisée ;
  - Une toiture-terrasse non circulable gravillonnée ;
  - Une toiture-terrasse à étanchéité autoprotégée.
- Deux types de menuiseries :
  - PVC ;
  - Aluminium.
- Trois types de revêtements extérieurs de façade :
  - Béton matricé (au rez-de-jardin) ;
  - Bardage en tasseaux bois (au rez-de-chaussée) ;
  - Enduit teinté (sur les étages).

L'isolation thermique est assurée par une **ITE** (Isolation Thermique par l'Extérieur).

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

Sommaire

Ce dossier comporte 3 sous-dossiers :

- **Dossier sujet :**

  - Mécanique : étude du châssis composé EM 31 3
  - Thermique : étude hygrométrique du mur extérieur RDC 4
  - Acoustique : étude de la façade Nord – Est 1er étage 5

- **Dossier technique :**

  - DT1 : extrait de la façade Ouest 6
  - DT2 : extrait du plan architecte du RDC 6
  - DT3 : détail sur châssis EM 31 7
  - DT4 : extrait du plan architecte du 1er étage 7
  - DT5 : extraits du DTU 39 partie 4 ..... 8 – 12
  - DT6 : formulaire de mécanique - diagramme du moment fléchissant du montant central sous chargement réel non pondéré 13
  - DT7 : caractéristiques géométriques des montants 13
  - DT8 : déformée et intensité de la flèche maximale pour différents profilés .. 14
  - DT9 : résistances superficielles – caractéristiques thermiques et hygrométriques des matériaux 15
  - DT10 : diagramme de l'air humide 15
  - DT11 : formulaire de thermique 16
  - DT12 : formulaire d'hygrométrie 16
  - DT13 : extraits du CCTP 17
  - DT14 : documentation technique des entrées d'air 17
  - DT15 : formulaire d'acoustique 18
  - DT16 : méthode Qualitel 18

- **Dossier réponse :**

  - DR1 : répartition de la charge de vent – schéma mécanique du montant vertical central sous chargement réel 19
  - DR2 : calcul des pressions de vapeur réelles 19
  - DR3 : diagrammes des pressions de vapeur 20

Barème – temps indicatifs

	Barème	Temps indicatifs
Lecture complète du sujet		10 minutes
Mécanique	17 points	60 minutes
Thermique	13 points	50 minutes
Acoustique	10 points	40 minutes
Totaux	40 points	2 heures 40 minutes

MÉCANIQUE
Étude du châssis composé EM 31 de la façade Ouest

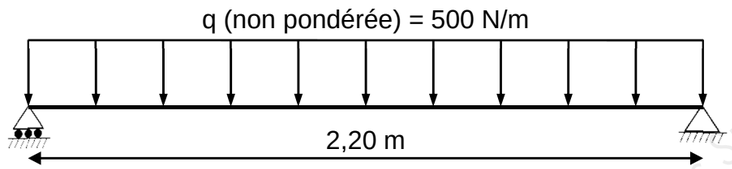
Objectifs de cette étude :

- Vérifier la préconisation du CCTP pour le produit verrier ;
- Optimiser le montant vertical central du châssis composé.

Nous axerons notre étude sur le châssis EM 31 du **rez-de-chaussée** de la façade Ouest **(DT1, DT2 et DT3)**. La partie sur la vérification de l'épaisseur d'un produit verrier sera centrée uniquement sur le vitrage fixe à droite du montant central.

Données

- En raison de la localisation de ce châssis (espace d'éveil au rez-de-chaussée), le CCTP impose un vitrage isolant feuilleté 2 faces : **44.2 / 16 / 44.2 ;**
- Localisation de la construction : Voiron (zone urbanisée) ;
- Région de vent pour Voiron : 1 ;
- La hauteur du bâtiment à considérer est de : 12,39 m ;
- Le vitrage étudié est en appui sur toute sa périphérie ;
- La partie supérieure du vitrage est à moins de 6 mètres du sol extérieur, ;
- La charge de vent non pondérée à considérer selon l'Eurocode 1 s'élève à 500 N/m² ;
- Le schéma mécanique du montant vertical central sous **chargement de vent simplifié** :



- Condition de déformation : f_{adm} = min ($\frac{L}{200}$; 15 mm) ;
- Limite en contrainte de l'aluminium : 170 MPa ;
- Pondération selon l'Eurocode 1 pour le vent : 1,5 ;
- Le document technique **DT5** : extraits du DTU 39 partie 4 (mémento calculs pour le dimensionnement des vitrages) ;
- Le document technique **DT6** : formulaire de mécanique - diagramme du moment fléchissant du montant central sous chargement réel non pondéré,
- Le document technique **DT7** : caractéristiques géométriques des montants ;
- Le document technique **DT8** : déformée et intensité de la flèche maximale pour différents profilés ;
- Le document réponse **DR1** : répartition de la charge de vent - schéma mécanique du montant vertical central sous chargement réel.

Questions

A. Vérification de l'épaisseur du produit verrier selon le DTU 39 (voir DT5)

1. Déterminer la pression de vent.
2. Calculer l'épaisseur e_1.
3. Déterminer le facteur de réduction c.
4. Déterminer le facteur d'équivalence ε_1 du vitrage isolant.
5. Déterminer le facteur d'équivalence ε_2 du verre feuilleté.
6. Vérifier la composition du vitrage (prendre MAX(ε_3) = 1).
7. Vérifier la flèche du vitrage.

B. Optimisation du montant vertical central

Une étude préalable sous chargement simplifié a permis de choisir le profilé 2152707. Le responsable estime que ce montant est légèrement surdimensionné et demande d'optimiser le profilé.

Pour cela, il est demandé de faire l'étude avec le **chargement réel**.

8. Tracer, sur le document réponse DR1, la répartition surfacique de la charge de vent sur l'ensemble menuisé.
9. Proposer un schéma mécanique du montant vertical central sous chargement non pondéré et réel (appuis, intensité des charges, cotation).
10. Choisir le profilé optimal pour le montant vertical central vis-à-vis de la condition de déformation **(voir DT8)**. Justifier votre choix.
11. Vérifier que le profilé de référence 215205 est correctement dimensionné en contrainte sous **chargement réel non pondéré (voir DT7)**.
12. Conclure sur le choix du profilé à mettre en œuvre **(voir DT6)**.

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

THERMIQUE
Étude hygrométrique du mur extérieur du rez-de-chaussée de la façade Ouest

Objectifs de cette étude :

- Vérifier la condensation de surface ;
- Vérifier la condensation dans la masse ;
- Positionner l'éventuel pare-vapeur.

Pour cela, l'étude portera sur le mur extérieur du rez-de-chaussée de la façade Ouest **(DT1 et DT2)**.

Ce mur extérieur possède une ITE (Isolation Thermique par l'Extérieur) et un doublage intérieur thermo-acoustique.

Données

- Composition du mur extérieur :
  - 13 mm de plaque de plâtre ;
  - 80 mm de laine de verre ;
  - 16 cm de béton armé ;
  - 80 mm de panneaux isolant ;
  - 15 mm de revêtement minéral ;
  - Bardage bois ajouré.
- Températures de référence :
  - Intérieure : T_{int} = 20 °C ;
  - Extérieure : T_{ext} = - 11 °C.
- Humidités relatives :
  - Intérieure : φ_{int} = 50 % ;
  - Extérieure : φ_{ext} = 85 %.
- Le document technique **DT9** : résistances superficielles - caractéristiques thermiques et hygrométriques des matériaux ;
- Le document technique **DT10** : diagramme de l'air humide ;
- Le document technique **DT11** : formulaire de thermique ;
- Le document technique **DT12** : formulaire d'hygrométrie ;
- Le document réponse **DR2** : calcul des pressions de vapeur réelles ;
- Le document réponse **DR3** : diagramme des pressions de vapeur.

Questions

A. Étude de la condensation de surface (voir DT9, DT10 et DT11)

1. Calculer la résistance thermique globale de la paroi proposée.

2. En déduire :

2.1. Le coefficient de transmission surfacique.

2.2. L'intensité du flux pour 1 m² de paroi.

3. Déterminer la température de surface intérieure.

4. Conclure sur le risque, ou non, de condensation de surface.

B. Étude de la condensation dans la masse (voir DT9 et DT12)

5. Calculer, sur le document réponse **DR2**, les pressions de vapeur réelles.

6. Tracer, sur le document réponse **DR3**, la courbe des pressions de vapeur réelles.

7. Conclure sur le risque, ou non, de condensation dans la masse.
Justifier la réponse.

C. Étude du positionnement du pare-vapeur

8. Positionner, sur le document réponse **DR3**, le pare-vapeur afin de supprimer l'éventuel risque de condensation dans la masse.

9. Justifier, en quelques lignes, le choix de positionnement du pare-vapeur.

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

ACOUSTIQUE
Étude de la façade Nord – Est du 1er étage

Objectif de cette étude :

- Choisir le type d'entrées d'air à mettre en œuvre sur les menuiseries afin de respecter l'isolement normalisé imposé par le CCTP.

Nous centrerons l'étude sur la façade Nord-Est de la chambre 2 de l'appartement B14 du 1er étage (**DT4**).

La façade Nord-Est de la chambre 2 de l'appartement B14 est composée d'une paroi opaque et d'un ensemble menuisé équipé d'une entrée d'air.

Nous limiterons notre étude aux **bruits routiers**.

Données

- La façade est considérée en catégorie 4 ;
- La distance minimale entre la façade et la voie de circulation la plus proche est de 15 m ;
- Volume de la chambre : 28,325 m^3 ;
- Le support de la façade est un mur en béton armé de 16 cm d'épaisseur ;
- Masse volumique du support de façade : 2 300 kg/m^3 ;
- Correction acoustique d'un doublage thermo-acoustique :

Paroi	Correction acoustique
Support béton seul	0
Support béton + doublage 1 coté	– 3 dB
Support béton + doublage 2 cotés	– 11 dB

- Surface de parois opaques : 7,75 m^2 ;
- Puissance acoustique transmise directement par les parois vitrées : **$X1_{PV}$ = 1 700 µW** ;
- Du fait du bon indice d'affaiblissement du support de façade, les transmissions latérales seront négligées : **X2 = 0 µW** ;
- Le document technique **DT13** : extraits du CCTP ;
- Le document technique **DT14** : documentation technique des entrées d'air ;
- Le document technique **DT15** : formulaire d'acoustique ;
- Le document technique **DT16** : méthode Qualitel.

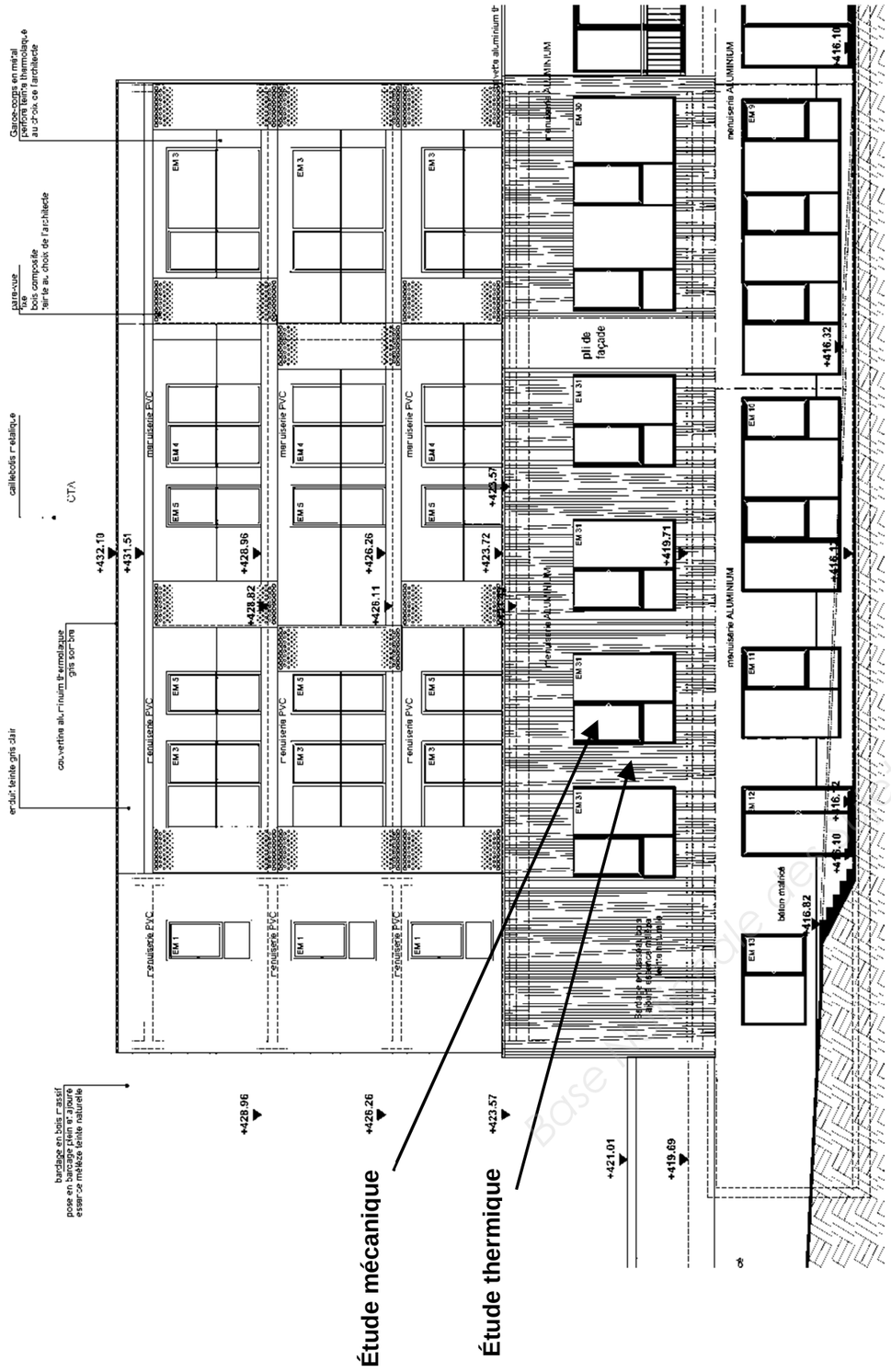
Questions (voir DT13 à DT16)

1. Déterminer l'isolement acoustique minimum de la façade contre les bruits routiers : $D_{nT,A,Tr}$.
2. Calculer la puissance acoustique totale transmise par la façade (X4).
3. Déterminer la puissance acoustique transmise directement par la paroi opaque ($X1_{PO}$) :
   - **3.1.** Déterminer, avec la méthode de votre choix, l'indice d'affaiblissement acoustique du support.
   - **3.2.** Déterminer la correction acoustique à appliquer en fonction du ou des doublages.
   - **3.3.** En déduire l'indice d'affaiblissement acoustique de la paroi opaque de la façade.
   - **3.4.** Calculer la puissance acoustique transmise directement par la paroi opaque ($X1_{PO}$).
4. Calculer la puissance acoustique totale transmise directement par la façade ($X1_{TOT}$).
5. Déduire, des questions précédentes, la puissance acoustique liée aux équipements techniques (X3).
6. Calculer l'isolement acoustique minimum des entrées d'air ($D_{new,Ctr}$) à mettre en œuvre.
7. Choisir l'entrée d'air qui permettra de respecter la règlementation acoustique en vigueur.

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

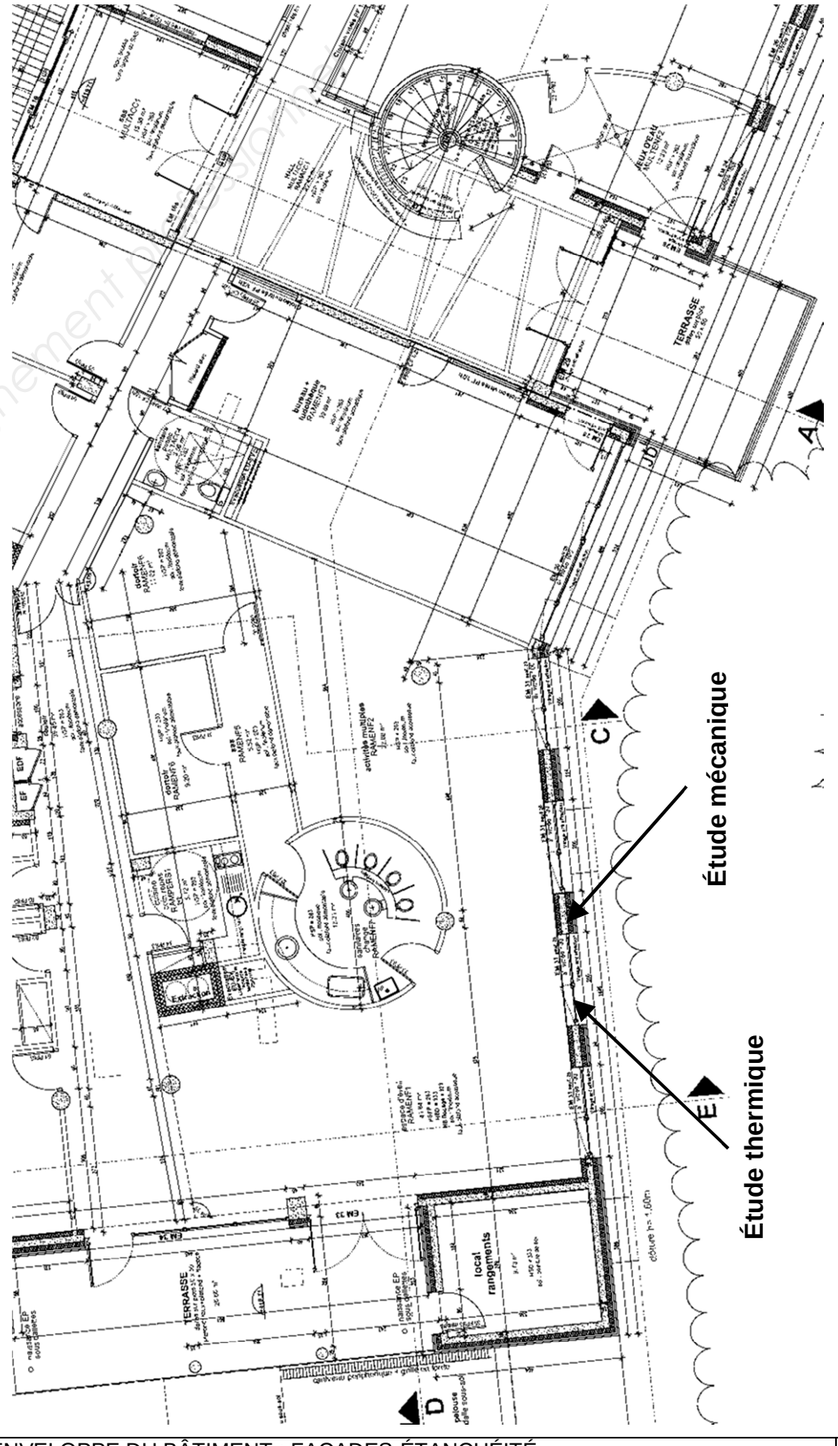
Document technique DT1 : Extrait de la façade Ouest

Échelle non définie



Document technique DT2 : Extrait du plan architecte du rez-de-chaussée

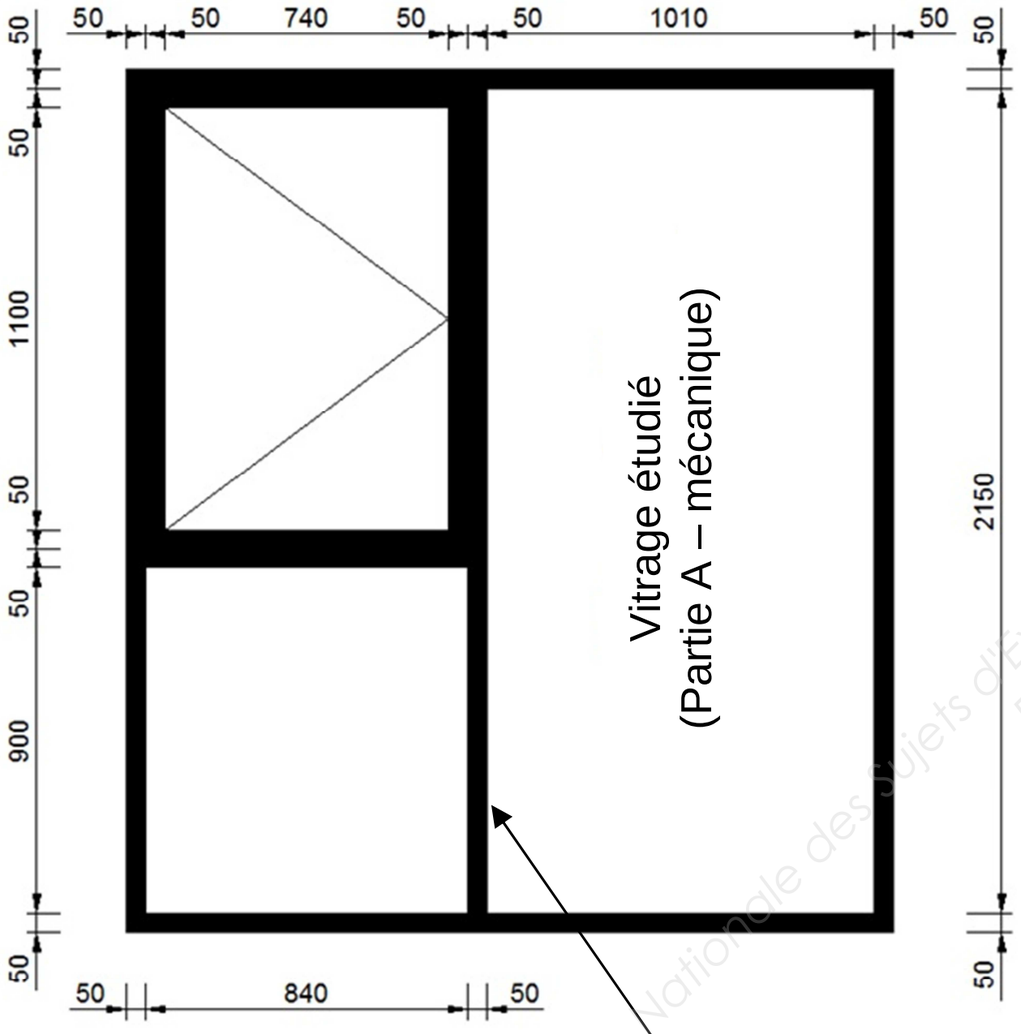
Échelle non définie



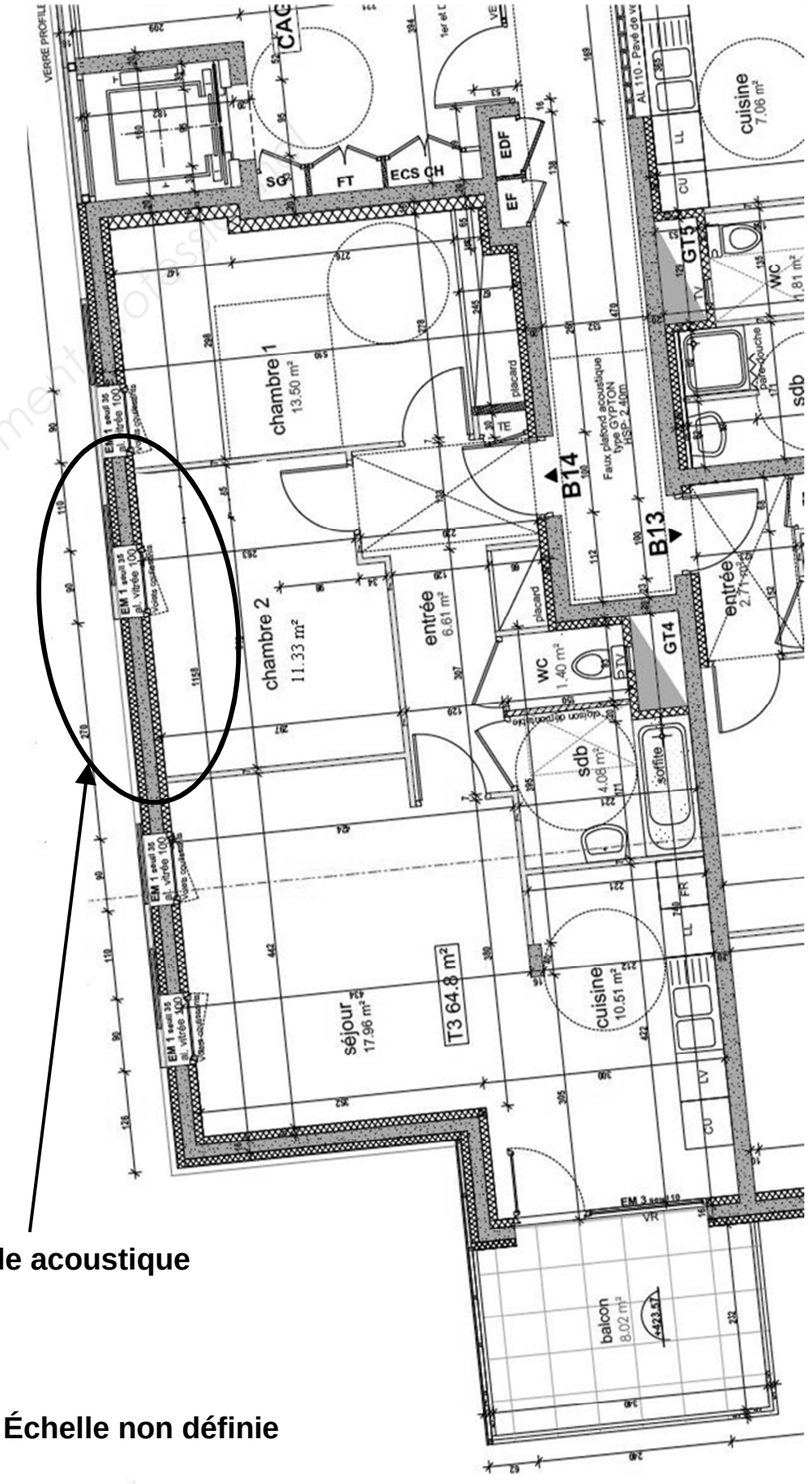
Base de sujets d'Examens de l'enseignement Supérieur
Réseau Canopé

Document technique DT3 : Détail sur châssis EM 31

Échelle non définie



Document technique DT4 : Extrait du plan architecte du 1er étage



Échelle non définie

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

Document technique DT5 :
Extraits du DTU 39 partie 4 (folio 1/5)
(Mémento calculs pour le dimensionnement des vitrages)

…

5.1 Vent

5.1.1 Définition des zones de vent

Les règles données ci-après pour la détermination de la pression de vent P_{vent} sont basées sur une simplification de la NF EN 1991-1- 4 et de son annexe nationale.

Les quatre zones à prendre en compte en France Métropolitaine sont celles définies dans la NF EN 1991-1- 4/NA.

La définition de ces quatre zones ainsi que la carte, extraites de cette norme, sont données en Annexe A.

S'agissant des Départements d'Outre-Mer, chaque département constitue sa propre zone de vent, au sens de la NF EN 1991-1-1- 4/NA.

…

5.1.2 Catégorie de terrain

On distingue cinq catégories de terrain :

IV : zones urbaines dont au moins 15 % de la surface est recouverte de bâtiments dont la hauteur moyenne est supérieure à 15 m, forêts ;

IIIb : zones urbanisées ou industrielles, bocages denses, vergers ;

IIIa : campagnes avec des haies, vignobles, bocages, habitats dispersés ;

II : rase campagne avec ou non quelques obstacles isolés (arbres, bâtiments, etc.) séparés les uns des autres de plus de 40 fois leur hauteur ;

0. : mer ou zone côtière exposée aux vents de mer, lacs et plans d'eau parcourus par le vent sur une distance d'au moins 5 km.

…

5.1.3 Hauteur H du bâtiment

C'est la hauteur H du bâtiment au-dessus du sol qui détermine la pression du vent pour tous les vitrages extérieurs de ce bâtiment.

On distingue cinq classes de hauteur de bâtiment :

- H ≤ 9 m ;
- 9 < H ≤18 m ;
- 18 < H ≤ 28 m ;
- 28 < H ≤ 50 m ;
- 50 < H ≤100 m.

…

5.1.4 Pressions de vent

Les pressions de vent, exprimées en Pa (Pascal), à prendre en compte sont données par le Tableau 2 ci-dessous.

	Catégorie de Terrain	Hauteur du bâtiment				
		$H \leq 9$ m	$9 < H \leq 18$ m	$18 < H \leq 28$ m	$28 < H \leq 50$ m	$50 < H \leq 100$ m
Région 1	IV	850	950	1 150	1 400	1 800
	IIIb	900	1 200	1 400	1 700	2 050
	IIIa	1 200	1 500	1 700	2 000	2 350
	II	1 500	1 800	2 050	2 300	2 650
	0	1 900	2 150	2 350	2 600	2 900
Région 2	IV	1 050	1 100	1 350	1 700	2 100
	IIIb	1 050	1 400	1 650	2 000	2 450
	IIIa	1 400	1 750	2 000	2 350	2 800
	II	1 800	2 150	2 400	2 750	3 150
	0	2 250	2 600	2 800	3 100	3 500
Région 3	IV	1 200	1 300	1 600	2 000	2 500
	IIIb	1 250	1 650	1 950	2 350	2 900
	IIIa	1 650	2 050	2 350	2 800	3 300
	II	2 100	2 550	2 850	3 200	3 700
	0	2 650	3 050	3 300	3 650	4 100
Région 4	IV	1 400	1 500	1 850	2 300	2 900
	IIIb	1 450	1 950	2 250	2 750	3 350
	IIIa	1 900	2 400	2 750	3 200	3 850
	II	2 450	2 950	3 300	3 750	4 300
	0	3 050	3 500	3 800	4 200	4 750

Tableau 2

…

6 Combinaisons de charges

6.1 Vitrages verticaux

La pression de calcul P est égale à la pression de vent P_{vent} déterminée suivant 5.1, ou à la charge due à une avalanche P_{AV} suivant 5.3.7 .

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

Document technique DT5 :
Extraits du DTU 39 partie 4 (folio 2/5)
(Mémento calculs pour le dimensionnement des vitrages)

...

7.1 Principe

La pression de calcul l'Article 6 est utilisée dans les formules ci-après pour déterminer une épaisseur $\mathbf{e_1}$.

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

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

$$e_R \geq e_1 \times c \qquad \text{... (4)}$$

Dans tous les cas, on calcule ensuite une épaisseur e_F suivant l'Article 9 pour 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.

...

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 ;
- en 7.2.4 pour les vitrages en appui sur 2 côtés opposés avec maintien ponctuel sur les hauteurs ;
- en 7.2.5 pour les vitrage bord à bord ;
- en 7.2.6 pour les vitrages simples bombés.

7.2.1 Vitrages en appui sur toute sa périphérie

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

$$e_1 = \sqrt{\frac{S \times P}{100}} \qquad \text{... (5)}$$

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

$$e_1 = \frac{l \times \sqrt{P}}{6{,}3} \qquad \text{... (6)}$$

7.2.2 Vitrages en appui sur 3 côtés

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

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

$$e_1 = \sqrt{\frac{L \times 3 \times l \times P}{100}} \qquad \text{... (7)}$$

Si $L/l > 7{,}5$:

$$e_1 = \frac{3 \times l \times \sqrt{P}}{6{,}3} \qquad \text{... (8)}$$

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

$$e_1 = \frac{l \times \sqrt{P}}{6,3} \qquad \text{... (9)}$$

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

Document technique DT5 :
Extraits du DTU 39 partie 4 (folio 3/5)
(Mémento calculs pour le dimensionnement des vitrages)

7.2.3 Vitrages en appui sur 2 côtés opposés

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

$$e_1 = \frac{L \times \sqrt{P}}{6,3} \quad \text{... (10)}$$

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

$$e_1 = \frac{l \times \sqrt{P}}{6,3} \quad \text{... (11)}$$

…

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'équivalences 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

7.4.3 Vitrages simples monolithiques

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

Tableau 9 - Facteur d'équivalence des vitrages simples monolithiques ε_3

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

Document technique DT5 :
Extraits du DTU 39 partie 4 (folio 4/5)
(Mémento calculs pour le dimensionnement des vitrages)

…

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 différence, seule la valeur maximale des coefficients ε_3, MAX(ε_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 :

$$e_R \geq e_1 \times c \qquad \text{... (16)}$$

8.1 Vitrage simple monolithique

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

$$e_R = \frac{e}{\varepsilon_3} \qquad \text{... (17)}$$

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).

$$e_R = \frac{e_i + e_j + \ldots + e_n}{0{,}9 \times \varepsilon_2 \times MAX(\varepsilon_3)} \qquad \text{... (18)}$$

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(ε_3).

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

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

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

$$e_R = \frac{e_i + \dfrac{e_j + e_k}{0{,}9 \times \varepsilon_2}}{0{,}9 \times \varepsilon_1 \times MAX(\varepsilon_3)} \qquad \text{... (22)}$$

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

$$e_R = \frac{\dfrac{e_i + e_j}{0{,}9 \times \varepsilon_2} + \dfrac{e_k + e_l}{0{,}9 \times \varepsilon_2}}{0{,}9 \times \varepsilon_1 \times MAX(\varepsilon_3)} \qquad \text{... (23)}$$

9 Vérification de la flèche

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

9.1 Calcul de la flèche

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

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

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 vitrage pris sur 2 ou 3 côtés.

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

Document technique DT5 :
Extraits du DTU 39 partie 4 (folio 5/5)
(Mémento calculs pour le dimensionnement des vitrages)

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^{e} du petit côté, et limitée à 30 mm.

Les vitrages présentant un bord libre doivent avoir une flèche maximale inférieure aux valeurs suivantes :

- simple vitrage : f ≤ 1/100^{e} du bord libre, soit f ≤ b x 10, limitée à 50 mm.
- double vitrage : f ≤ 1/150^{e} du bord libre, soit f ≤ b x 6,67, limitée à 50 mm.

9.3 Calcul de e_F

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

...

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).

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

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

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

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

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

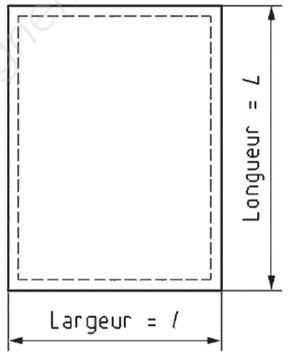
Calcul de e_F pour un vitrage isolant double avec deux composants feuilletés :

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

Annexe D (normative) Valeurs du coefficient de déformation α

Le coefficient α prend en compte le module d'élasticité du verre (E = 70 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

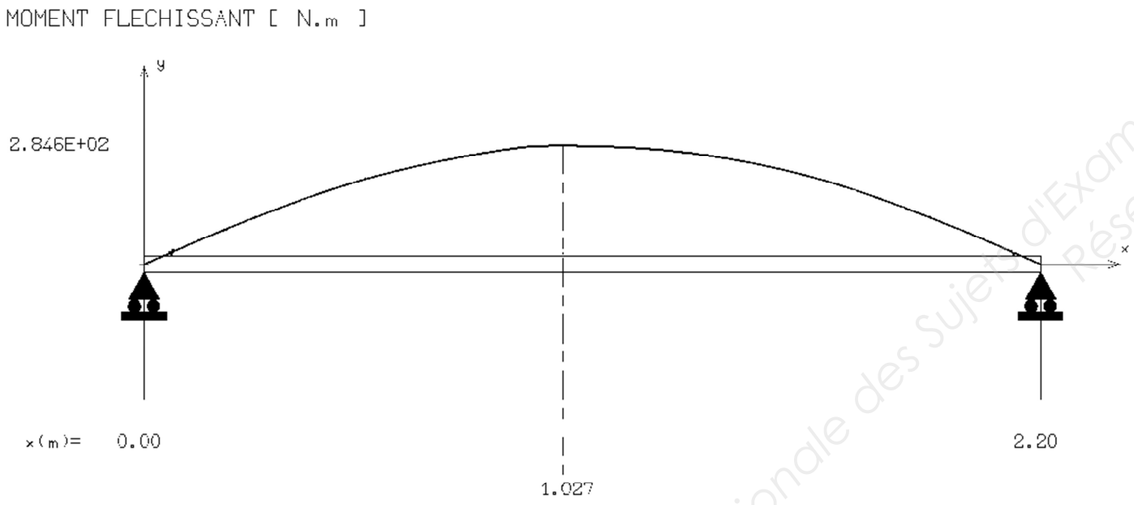
Bourse Nationale des Sujets d'Examens de l'enseignement professionnel
Réseau Canopé

Document technique DT6 :
Formulaire de mécanique - Diagramme du moment fléchissant du montant central sous chargement réel non pondéré

Contrainte de flexion simple :

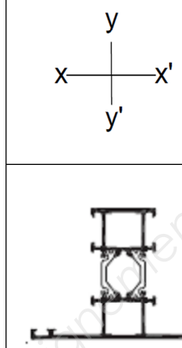
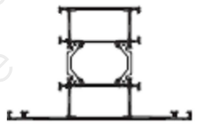
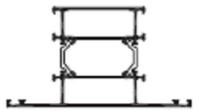
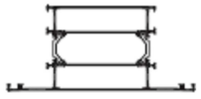
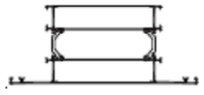
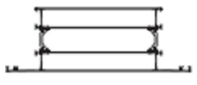
$$\sigma_{max} = \left| - \frac{M\,max}{I/v} \right|$$

Diagramme du moment fléchissant du montant central sous chargement réel non pondéré :



Document technique DT7 :
Caractéristiques géométriques des montants

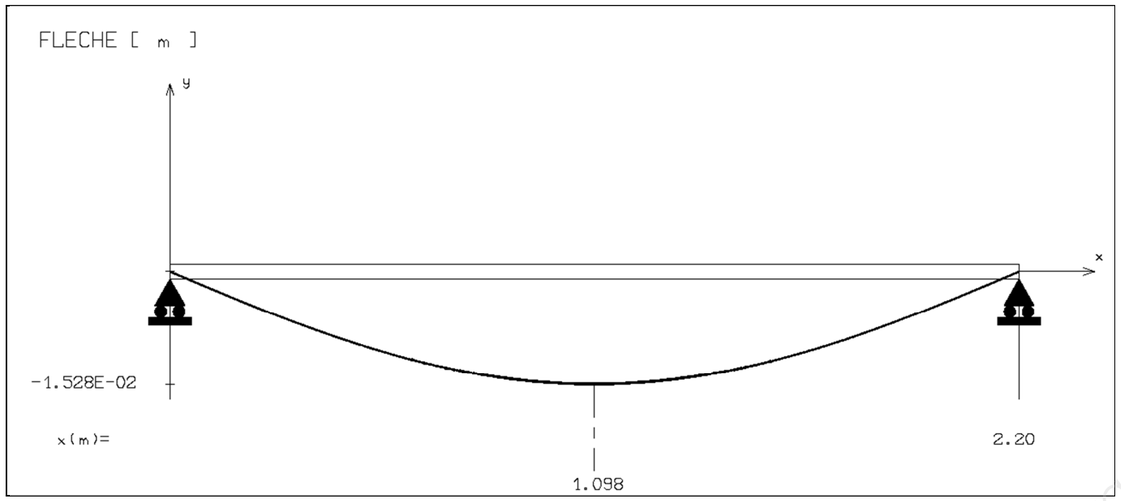
Gamme SOLEAL de chez Technal

y / x / x' / y'	Réf	Ixx' (cm⁴)	Iyy' (cm⁴)	Ixx' / v (cm³)	Iyy' / v (cm³)
	**215202**	13,14	10,45	5,07	2,71
	**215204**	16,04	19,20	6,37	4,27
	**215205**	18,28	28,82	7,39	5,76
	**215207**	22,34	56,96	9,27	9,49
	**215208**	24,41	76,10	10,23	11,71
	**215211**	31,29	158,94	13,60	19,87

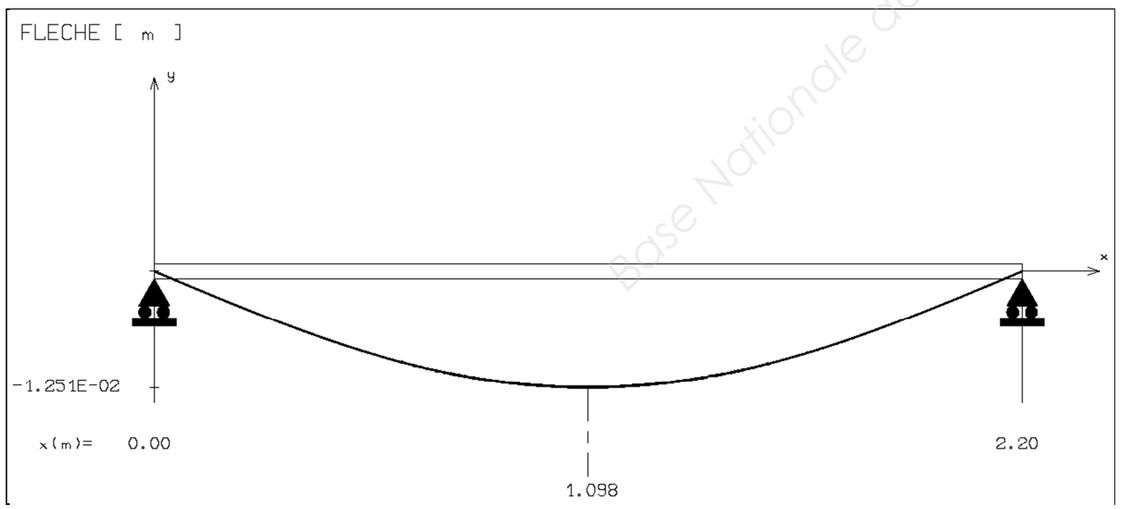
Base Nationale des Sujets d'Examens de l'enseignement professionnel
Réseau Canopé

Document technique DT8 :
Déformée et intensité de la flèche maximale pour différents profilés sous chargement réel non pondéré

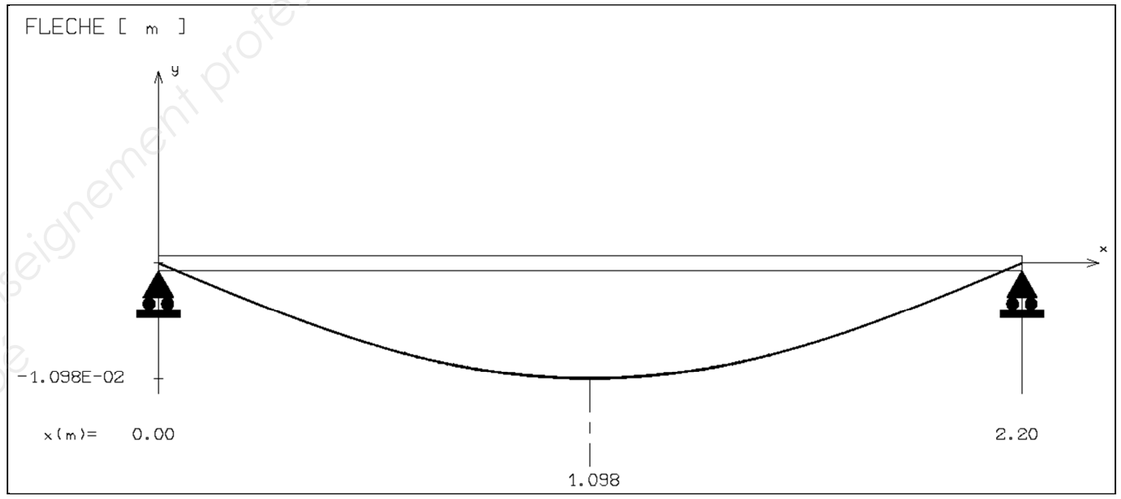
- Déformée et intensité de la flèche maximale sous chargement réel pour le montant avec le **profilé 215202**



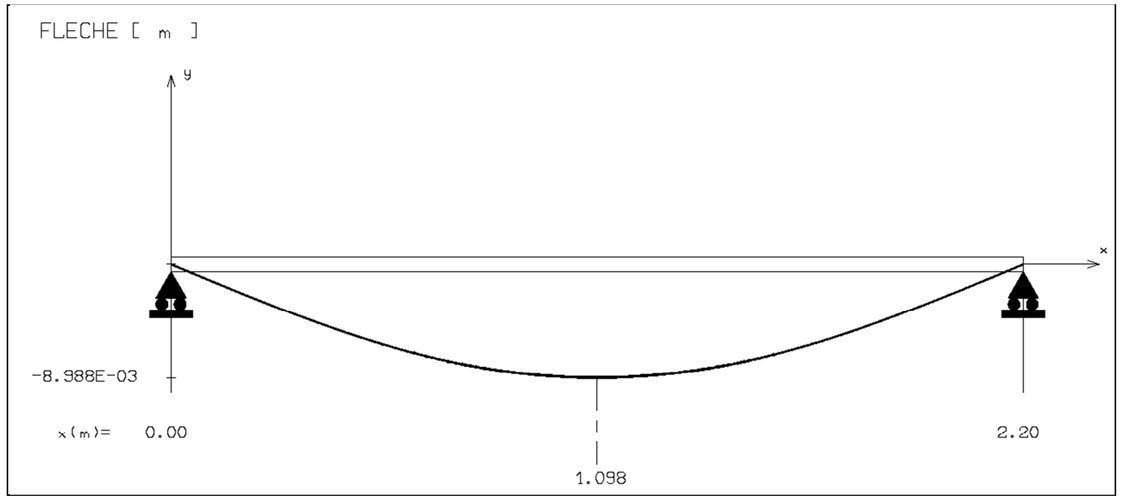
- Déformée et intensité de la flèche maximale sous chargement réel pour le montant avec le **profilé 215204**



- Déformée et intensité de la flèche maximale sous chargement réel pour le montant avec le **profilé 215205**



- Déformée et intensité de la flèche maximale sous chargement réel pour le montant avec le **profilé 215207**



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

Document technique DT9 :
Résistances superficielles
Caractéristiques thermiques et hygrométriques des matériaux

Résistances thermiques

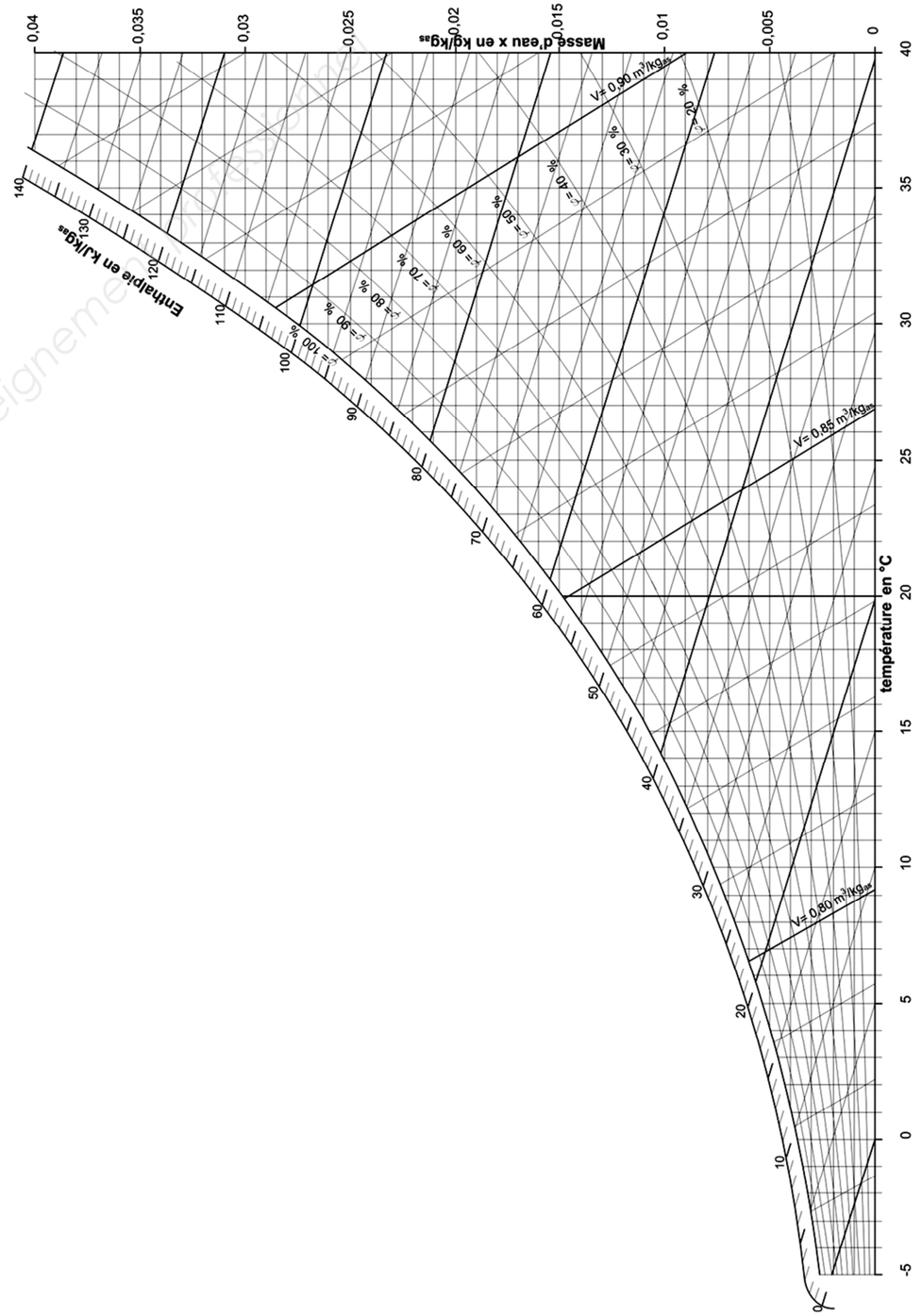
Paroi donnant sur : – l'extérieur – un passage ouvert – un local ouvert[1]	R_{si} m².K/W	R_{se}[2] m².K/W	$R_{si} + R_{se}$ m².K/W
Paroi verticale Inclinaison ≥ 60 ° Flux horizontal	0,13	0,04	0,17
Paroi horizontale Inclinaison < 60 ° Flux ascendant	0,10	0,04	0,14
Flux descendant	0,17	0,04	0,21

1. 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.
2. Si la paroi donne sur un autre local non chauffé, R_{si} s'applique des deux côtés.

Caractéristiques thermiques et hygrométriques des matériaux

	Caractéristiques thermiques		Caractéristiques hygrométriques	
Matériaux	**Conductivité thermique (λ) [W/(m·K)]**	**Résistance thermique (R) [(m²·K)/W]**	**Perméabilité (π) [kg/(m·s·Pa)]**	**Perméance (π/e) [kg/(m²·s·Pa)]**
Plâtre	0,35	-	$20\,800.10^{-15}$	-
Laine de verre	0,041	-	$145\,500.10^{-15}$	-
Béton armé	1,75	-	$6\,240.10^{-15}$	-
Panneaux isolants	-	2,10	-	$7,82.10^{-11}$
Revêtement minéral	1,15	-	-	$6,88.10^{-9}$
Bardage bois ajouré	Négligé		Négligé	

Document technique DT10 :
Diagramme de l'air humide



Document technique DT11 :
Formulaire de thermique

- **Résistance thermique d'un matériau homogène**

$$R_{matériau\ homogène} = \frac{e_{matériau}}{\lambda_{matériau}} \quad \text{(en m².K/W)}$$

- **Résistance thermique globale d'une paroi opaque**

$$R_{gloable} = R_{si} + \Sigma R_{matériaux} + R_{se} \quad \text{(en m².K/W)}$$

- **Coefficient de transmission surfacique**

$$U = \frac{1}{R_{globale}} \quad \text{(en W/(m².K))}$$

- **Flux**

$$\Phi = U \times S \times \Delta T \quad \text{(en W)}$$

Document technique DT12 :
Formulaire d'hygrométrie

- **Pressions de vapeur réelles intérieure et extérieure**

$$P_{vr\ intérieure} = \frac{P_{vs\ intérieure} \times \varphi_{intérieur}}{100} \quad \text{(en Pa)}$$

$$P_{vr\ extérieure} = \frac{P_{vs\ extérieure} \times \varphi_{extérieur}}{100} \quad \text{(en Pa)}$$

- **Pertes totales**

$$\text{Pertes totales} = P_{vr\ intérieure} - P_{vr\ extérieure} \quad \text{(en Pa)}$$

- **Proportionnalité**

$$\text{Proportionnalité matériau} = \frac{(e/\pi)_{matériau}}{\Sigma(e/\pi)} \times 100$$

- **Pertes partielles**

$$\text{Pertes partielles} = \frac{\text{Proportionnalité}_{\ matériau}}{100} \times \text{Pertes totales} \quad \text{(en Pa)}$$

- **Pressions de vapeur réelles intermédiaires**

$$P_{vr\ intermédiaire} = P_{vr\ intermédiaire\ précédente} - \text{Pertes partielles} \quad \text{(en Pa)}$$

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

Document technique DT13 :
Extraits du CCTP

- **Extrait CCTP 6 : Isolation extérieure – Revêtement de façades**

2.2 Isolation par l'extérieur – I.T.E

Caractéristiques techniques :

- Type WEBET THERM MOTEX des Ets WEBER St GOBAIN ou techniquement équivalent,
- Panneaux isolants en PSE, certifié ACERMI,
- Performances thermiques : R ≥ 2,10 m².K/W,
- Classement de l'isolant : M1,
- Épaisseur : 80 mm (partie courante),
- Isolation en pied de façade : type ROOFMATE LG-X des Ets STYROFOAM ou équivalent,
- Performances thermiques : R ≥ 2,10 m².K/W – Épaisseur 80 mm.

Localisation :

- RDC à R+3 sur l'ensemble des façades hors gaines techniques palières extérieures.

- **Extrait CCTP 8 : Cloison – Doublage – Plafond – Peinture**

5.1.2 Doublages thermiques 80 + 13 mm

- Type Doublissimo Th 32 des Ets Placoplâtre ou techniquement équivalent,
- Isolant PSE Th 32,
- Épaisseur 80 + 13 mm,
- R = 2,55 m².K/W.

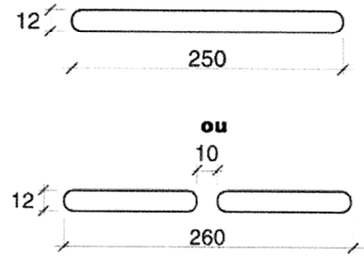
Localisation :

Suivant plans de l'Architecte

- Tous niveaux : contre voiles extérieurs façades des logements, isolés par l'extérieur.

Document technique DT14 :
Documentation technique des entrées d'air

Solutions
aérau-acoustiques

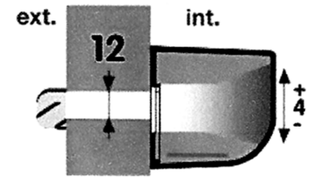


Mortaise 250 x 12

Système breveté N° 2-736-373

Pour menuiseries

Dn, e, w (Ctr)	Références Kit **Blanc**	Composants Extérieur Déflecteur	Composants Intérieur Capot acous. régulateur	PV CSTB
module 22				
38	**HF2238***	D321T	PCAP22	CV97002
42	**HF2243***	D321T	GCAP22	AC97097
module 30				
39	**HF3038***	D321T	PCAP30	CV01-021 AC00-089
41	**HF3042***	D321T	GCAP30	CV97002 AC97097
module 45				
39	**HF4540**	D321T (2 déflecteurs)	GCAP22 (2 capots) 2 capots = 2 mortaises	CV97002 AC97097



*** Ces références existent en coloris : bois clair (C), marron (M), ivoire (I), sable (S), gris clair (G), noir (N), chêne doré (D).**

Les kits d'entrées d'air titulaires de la marque sont repérés par ce logo au niveau du catalogue et au niveau de l'étiquette informative à l'intérieur de chaque kit.

Réf. NF n° 14/01-E-01

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

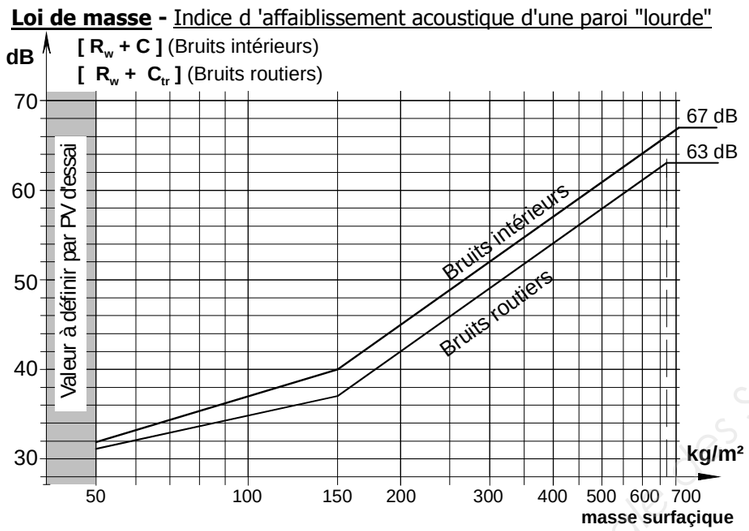
Document technique DT15 :
Formulaire d'acoustique

- **Isolement acoustique minimum des façades, $D_{nT,A,Tr}$ (en dB) :**

Distance (m)		**10**	**15**	**20**	**25**	**30**	**40**	**50**	**65**	**80**	**100**	**125**	**160**	**200**	**250**	**300**
CATÉGORIE	**1**	45	45	44	43	42	41	40	39	38	37	36	35	34	33	32
	2	42	42	41	40	39	38	37	36	35	34	33	32	31	30	
	3	38	38	37	36	35	34	33	32	31	30					
	4	35	33	32	31	30										
	5	30														

- **Indice d'affaiblissement acoustique du support (loi de masse)**

Méthode graphique



Méthode par calcul

BRUITS INTÉRIEURS	**BRUITS ROUTIERS**
50 kg/m² ≤ m_S < 150 kg/m² $[R_w+C] = (17 \log m_S) + 3$	50 kg/m² ≤ m_S < 150 kg/m² $[R_w+C_{tr}] = (13 \log m_S) + 9$
150 kg/m² ≤ m_S ≤ 700 kg/m² $[R_w+C] = (40 \log m_S) - 47$	150 kg/m² ≤ m_S ≤ 670 kg/m² $[R_w+C_{tr}] = (40 \log m_S) - 50$
Pour m_S > 700 kg/m², $[R_w+C]$ plafonnée à 67 dB	Pour m_S > 670 kg/m², $[R_w+C_{tr}]$ plafonnée à 63 dB

Document technique DT16 :
Méthode Qualitel

- **Puissance acoustique totale au travers de la façade (X4) :**

$$X4 = 0{,}32 . V . 10^{6-\frac{D_{nT,A,Tr\ minimum}}{10}} \quad \text{(en µW)}$$

$$X4 = X1_{TOT} + X2 + X3 \quad \text{(en µW)}$$

- **Puissance acoustique transmise directement par la paroi opaque ($X1_{Po}$) :**

$$X1_{PO} = S . 10^{6-\frac{R_{w+Ctr}}{10}} \quad \text{(en µW)}$$

- **Puissance acoustique totale transmise directement par la façade ($X1_{TOT}$) :**

$$X1_{TOT} = X1_{PO} + X1_{PV} \quad \text{(en µW)}$$

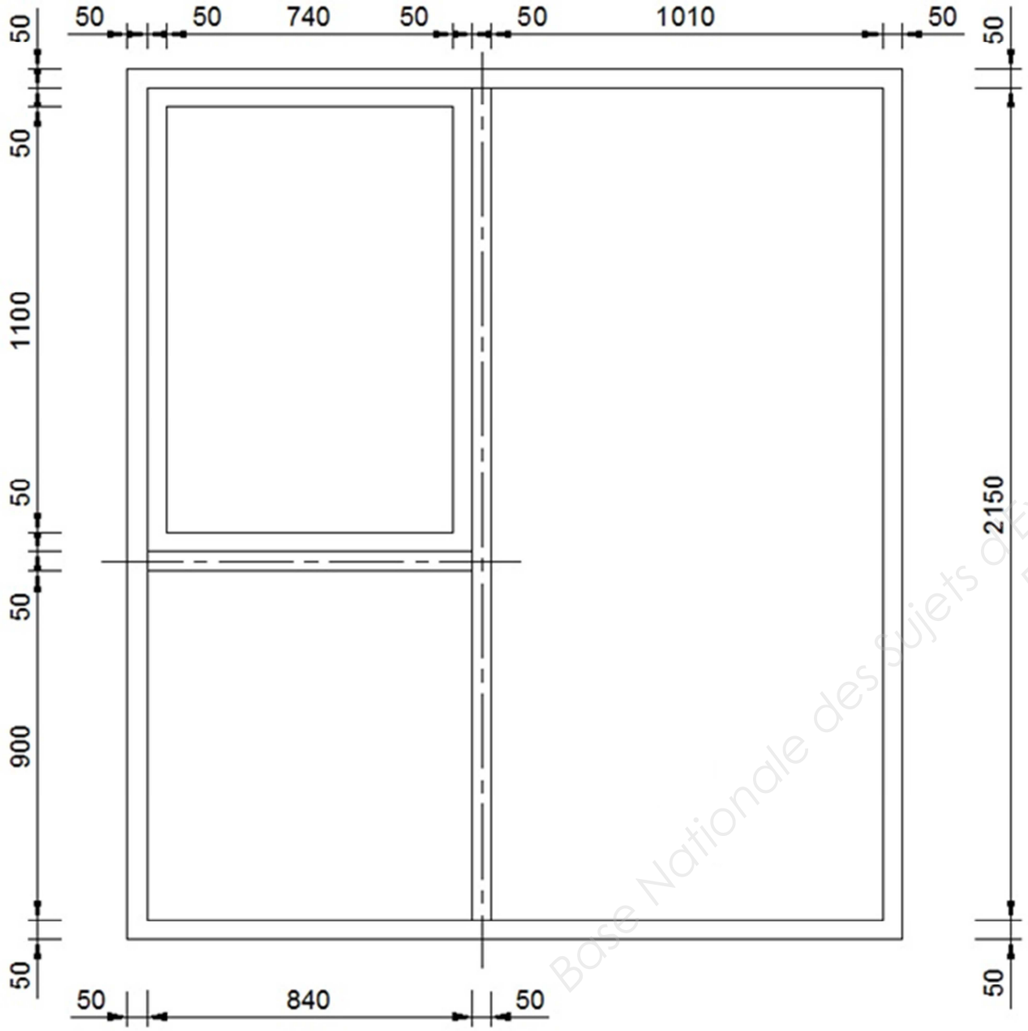
- **Isolement acoustique des équipements techniques ($D_{new,Ctr}$) :**

$$D_{new,Ctr} = 70 - 10 \log X3 \quad \text{(en dB)}$$

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

Document réponse DR1 :
Répartition de la charge de vent
Schéma mécanique du montant vertical central sous chargement réel

Répartition de la charge de vent sur l'ensemble menuisé



Document réponse DR2 :
Calcul des pressions de vapeur réelles

Pressions de vapeur saturantes : $P_{vs\ intérieure}$ = 2 341,2 Pa $P_{vs\ extérieure}$ = 263 Pa

Pression de vapeur réelle intérieure : P_{vr} intérieure = ...

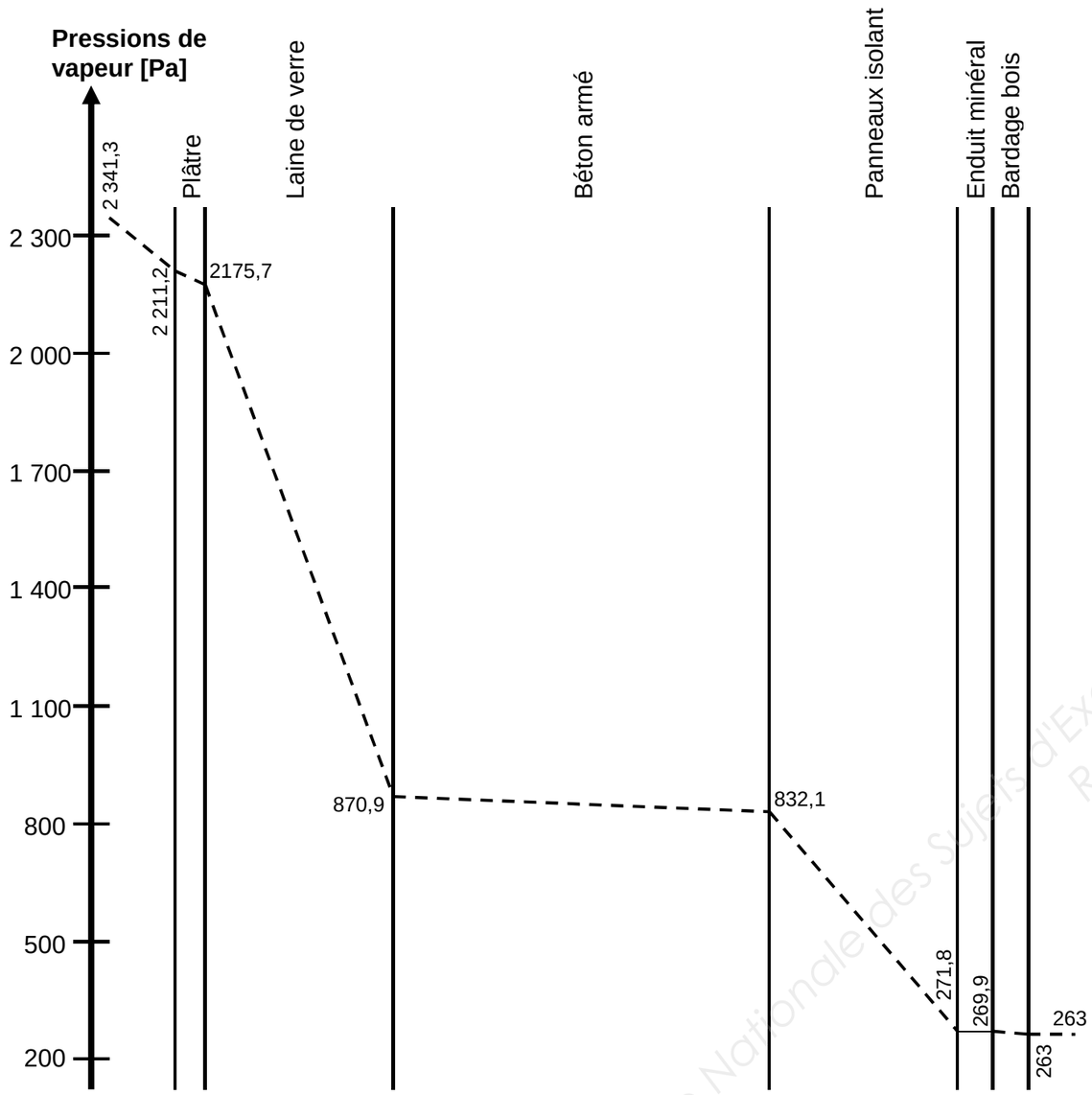
Pression de vapeur réelle extérieure : P_{vr} extérieure = ...

Pertes totales = ...

Matériaux	e [m]	π [kg/(m·s·Pa)]	e/π [kg/(m·s·Pa)]	Propotionnalité [%]	Pertes [Pa]	$P_{vr\ intermédiaires}$ [Pa]
Plâtre						
Laine de verre						
Béton armé						
Panneaux isolant						
Revêtement minéral						
Bardage bois ajouré			Négligé			
			Σ(e/π) =			

Base Nationale des sujets d'Examens de l'enseignement Professionnel
Réseau Canopé

Document réponse DR3 :
Diagrammes des pressions de vapeur



Courbe des pressions de vapeur saturantes

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