

BREVET DE TECHNICIEN SUPERIEUR
ETUDES ET ECONOMIE DE LA CONSTRUCTION

ÉPREUVE E5
ETUDE DES CONSTRUCTIONS

SOUS ÉPREUVE U5.1
ETUDES TECHNIQUES

SESSION 2016

———

Durée : 4 heures

Coefficient : 3

———

Matériel autorisé :

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

Documents à rendre avec la copie :

- DR 1 et DR 2 page 14/15
- DR 3-a et DR 3-b page 15/15

Dès que le sujet vous est remis, assurez-vous qu'il est complet.
Le sujet se compose de 15 pages, numérotées de 1 à 15.

BTS ETUDES ET ECONOMIE DE LA CONSTRUCTION	Session 2016
U5.1 Etudes techniques	ECETUTC
	Page : 1 / 15

COMPOSITION DU SUJET

DOSSIER TECHNIQUE		Pages
DT 1 - Façades et Pignons du Point d'Information Jeunesse		3
DT 2 - Vues en plan RDC et 1er Etage		4
DT 3 - Vue en plan Coffrage 1er Etage et Coupe A-A		5
DOSSIER SUJET		
Sujet - Etude A : Structures		6 et 7
Sujet - Etude B : Thermique et Hygrométrie		8
Sujet - Etude C : Acoustique		9
ANNEXES		
Annexe A: Structure		10
Annexe B : Thermique et Hygrométrie		10 et 11
Annexe C: Acoustique		12 et 13
DOSSIER REPONSE		
DR 1 : Calcul des charges linéiques reprises par l'IPE 200 + Modélisation		14
DR 2 : Tracé des diagrammes effort tranchant et moment fléchissant		14
DR 3-a et DR 3-b : Tracé des courbes températures et pressions de vapeur		15

DUREES INDICATIVES ET BAREME

Lecture	30 min	
Sujet - Etude A : Structure	1h15	7 points
Sujet - Etude B : Thermique et Hygrométrie	1h15	7 points
Sujet - Etude C : Acoustique	1h00	6 points

Les études A, B et C sont indépendantes et peuvent être traitées dans un ordre à votre convenance.

Toute donnée manquante fera l'objet d'un choix par le candidat, qui mettra clairement en évidence ce choix sur la copie.

Toutes les réponses devront être justifiées par des références explicites et précises aux informations données dans le sujet.

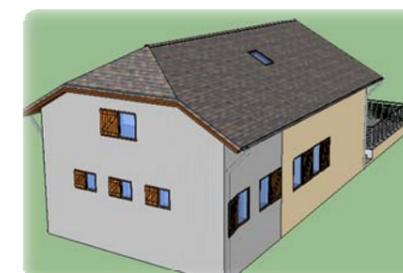
PRESENTATION GENERALE DU PROJET

CREATION D'UN POINT D'INFORMATION JEUNESSE DANS UN BATIMENT EXISTANT

Le bâtiment support de ce sujet est la rénovation et l'extension d'un ancien bâtiment désaffecté en vue d'y installer un espace jeunes 12-25 ans.

Le projet consiste en la création d'un bâtiment public destiné à des activités d'accueil et d'information, de jeux (babyfoot, jeux vidéo, ...) et d'activités (jeux de société, lecture, ...). Une kitchenette, des sanitaires et un local de rangement sont également prévus dans une extension de l'existant.

VUES BATI EXISTANT / PROJET

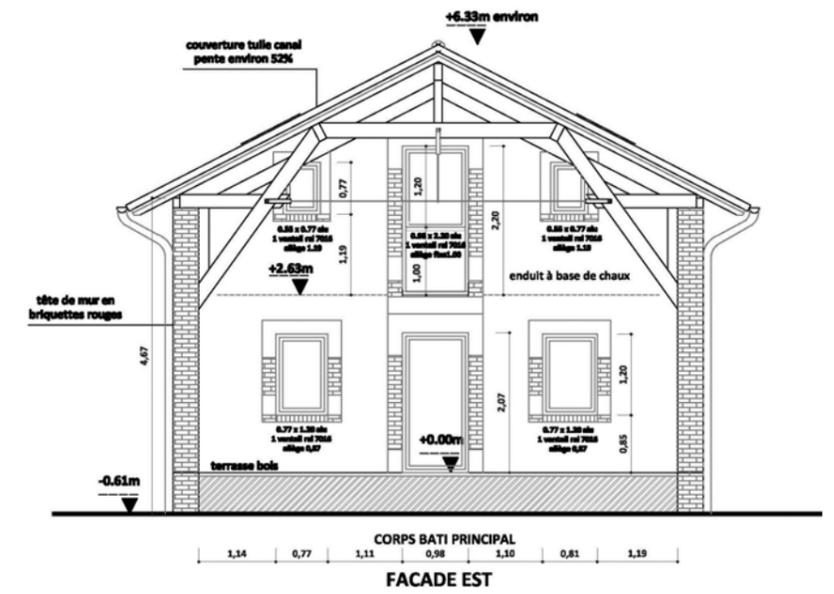
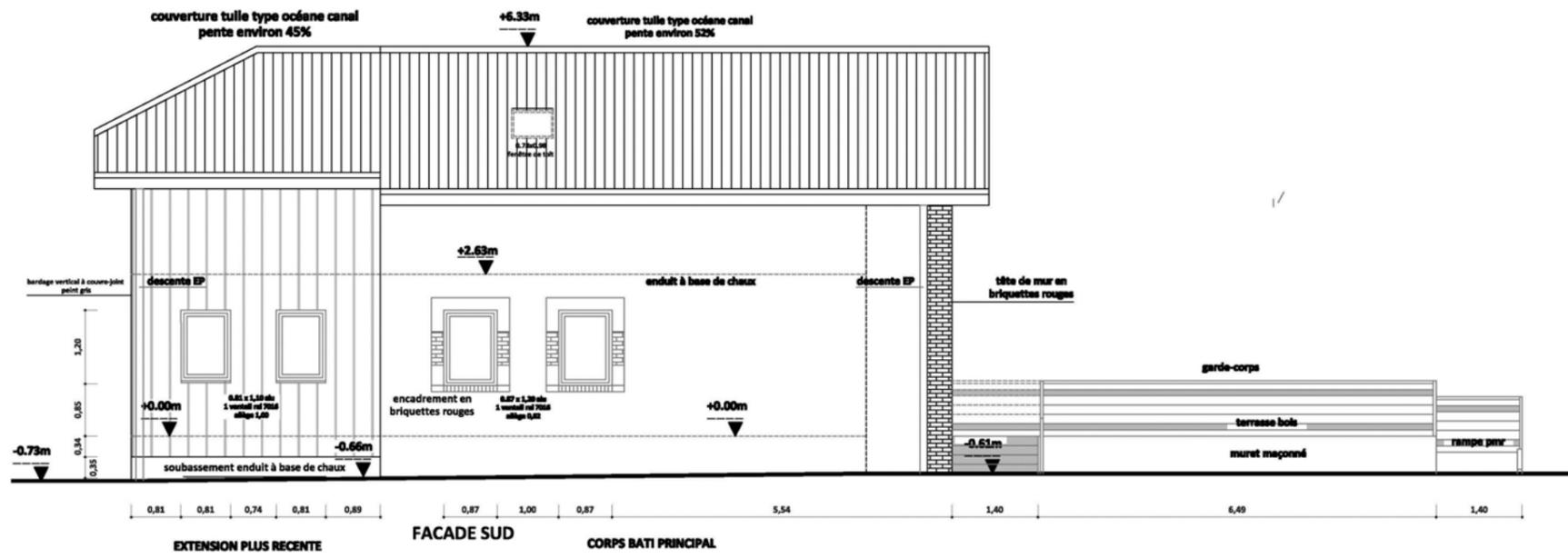


Le phasage de l'opération peut se décomposer en 4 pôles :

- Démolition intérieure
- Réfection couverture
- Aménagements extérieurs (Principalement la terrasse et les rampes d'accès au bâtiment)
- Réalisation d'une extension (A l'arrière du bâtiment, enveloppe du bâtiment en bardage alu)

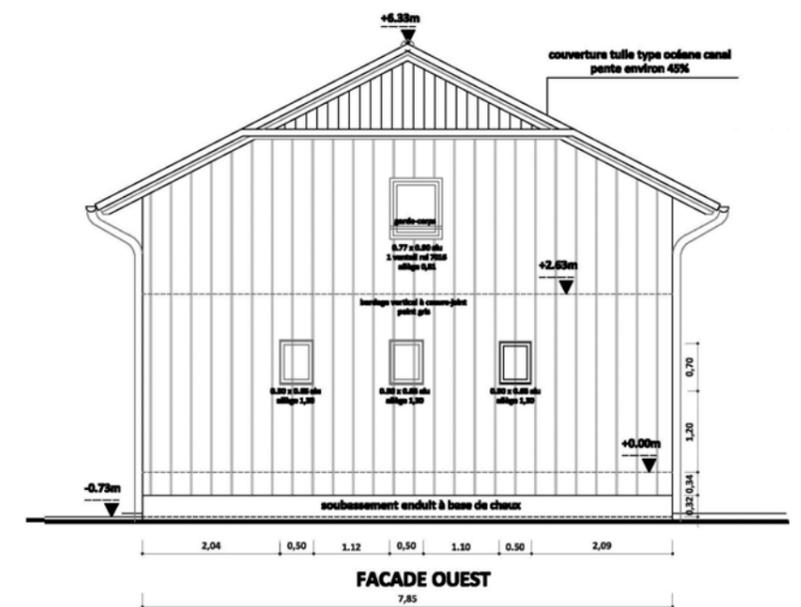
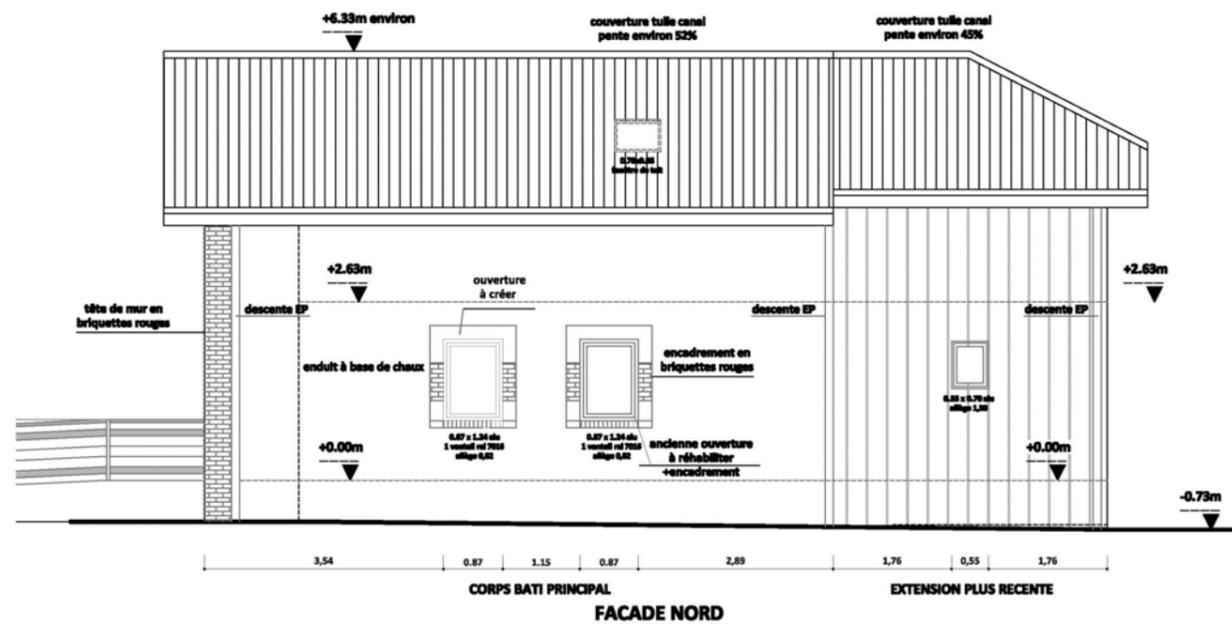
S'agissant principalement d'une rénovation, au niveau de l'enveloppe du bâtiment, seuls les murs et la charpente seront conservés. Les planchers actuels seront déposés pour être remplacés par des planchers à ossature métallique avec pose d'un revêtement en parquet bois massif de 22 mm d'épaisseur.

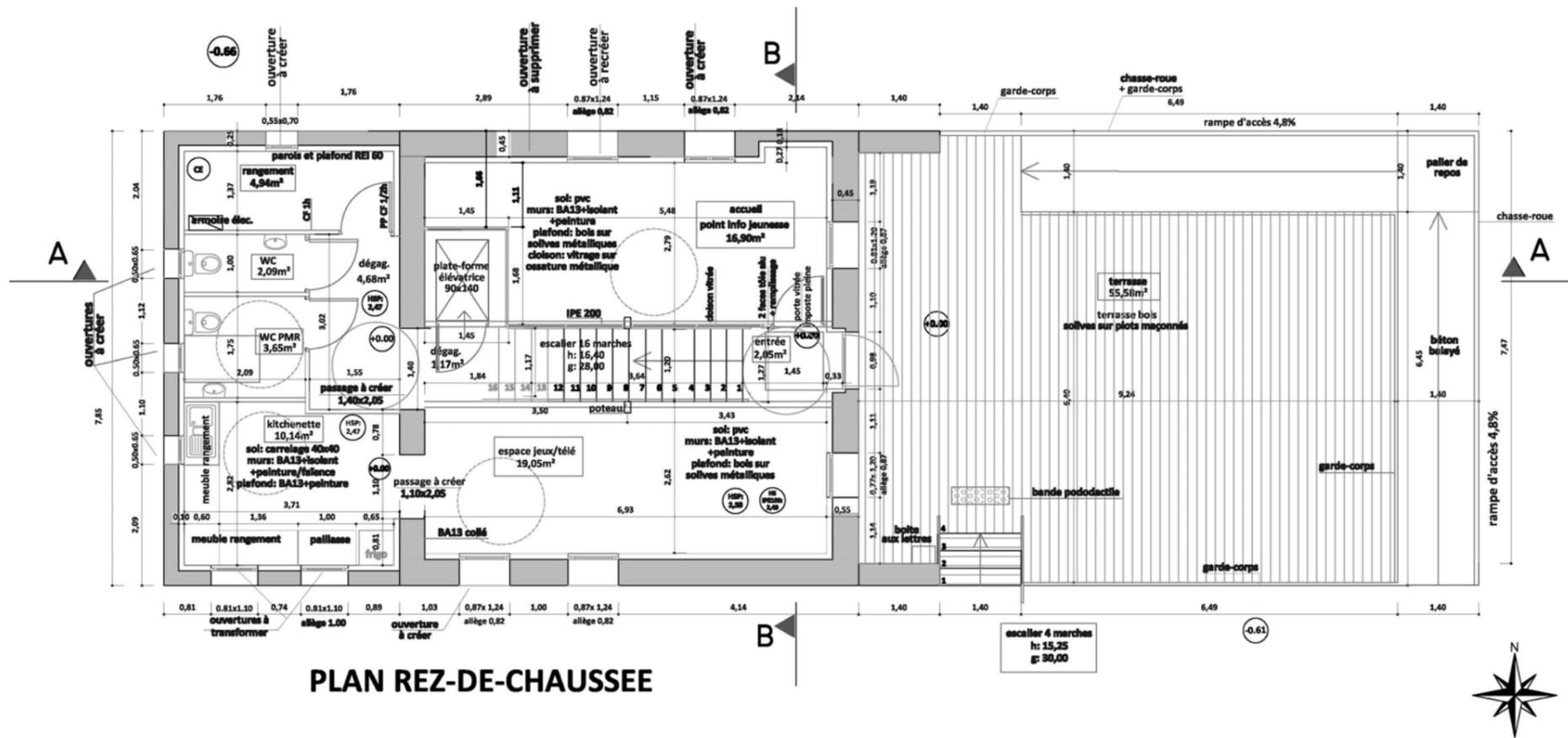
Pour déposer les planchers existants, l'entreprise en charge des travaux devra donc prendre toutes les dispositions nécessaires afin de limiter les risques de dégradations des ouvrages existants conservés et mettre en place des étaitements provisoires des murs lors de cette dépose.



DT 1 – FACADES ET PIGNONS DU POINT D'INFORMATION JEUNESSE

Echelle indéterminée

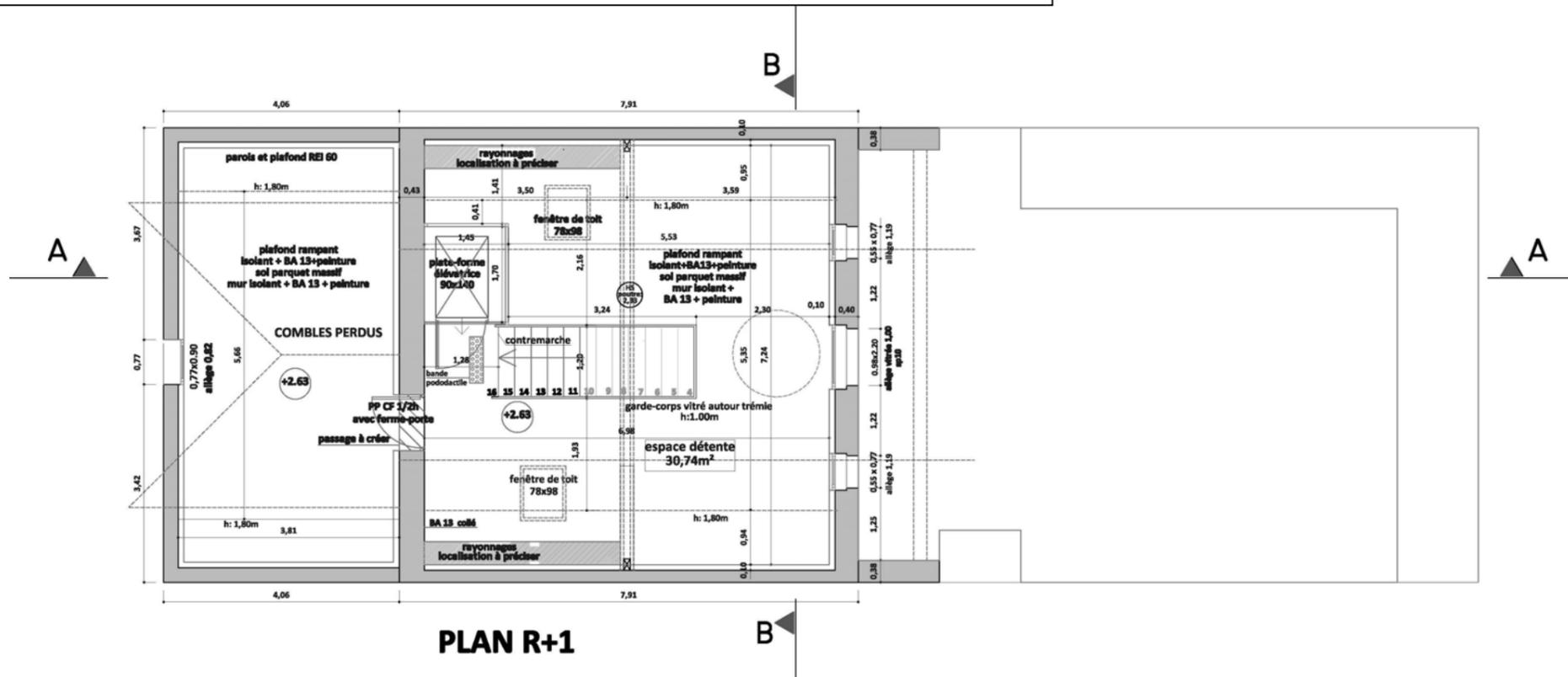




PLAN REZ-DE-CHAUSSEE

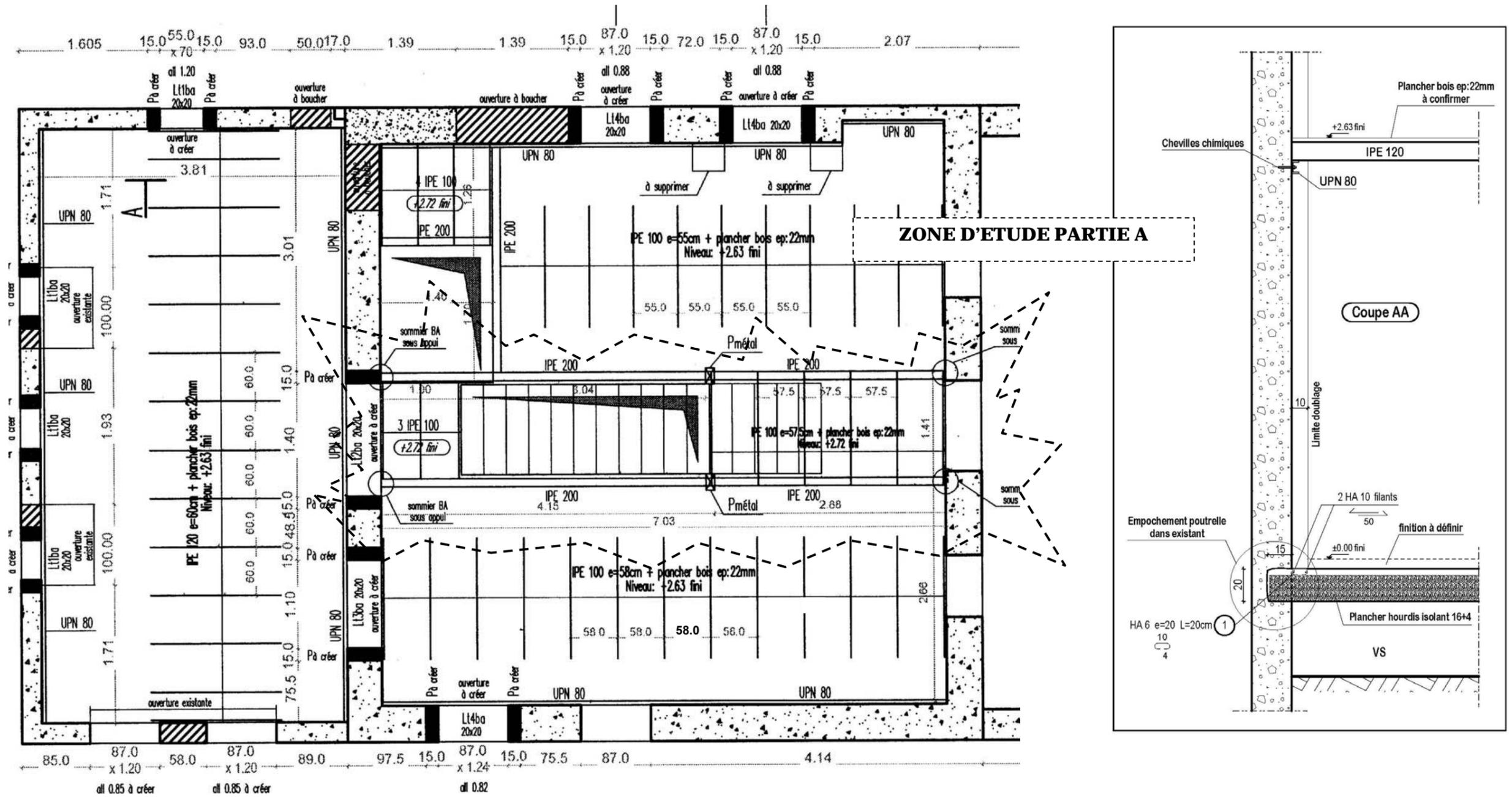
DT 2 – VUES EN PLAN REZ DE CHAUSSEE ET 1^{er} ETAGE

Echelle indéterminée



PLAN R+1

DT 3 – VUE EN PLAN COFFRAGE 1^{er} ETAGE ET COUPE A-A



Echelle indéterminée

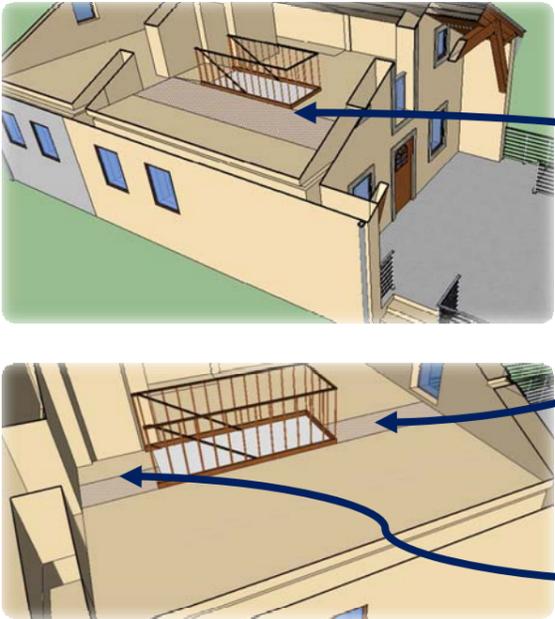
SUJET

ETUDE A : STRUCTURE

ETUDE D'UN PROFILE IPE 200 DU NOUVEAU PLANCHER HAUT DU RdC

□ DONNEES NECESSAIRES A LA REALISATION DE L'ETUDE

- Nuance d'acier utilisé pour le profilé IPE 200 : Acier S235 ($f_y = 235$ MPa)
- Module d'élasticité longitudinal de l'acier : 210 000 MPa
- On considérera le profilé IPE 200 comme simplement appuyé
- $\gamma_{M0} = 1$ (Profilés labellisés NF)
- Zones d'influence du profilé IPE 200



Largeur de la zone d'influence Z1
« Partie courante » :

$$\frac{2,72}{2}$$

Largeur de la zone d'influence Z2
« Trémie droite » :

$$\frac{1,27}{2}$$

Largeur de la zone d'influence Z3
« Trémie gauche » :

$$\frac{1,27}{2}$$

• Eléments à considérer pour le calcul des charges du plancher haut

<input type="checkbox"/> Poutrelle métallique IPE 200	0,224 kN/m
<input type="checkbox"/> Poutrelle métallique IPE 100	0,081 kN/m
<input type="checkbox"/> Parquet bois massif épaisseur 22 mm	0,16 kN/m ²
<input type="checkbox"/> Charge d'exploitation retenue pour ce type de locaux	2,50 kN/m ²

• Annexe A p 10

A-1/ Compléter sur le document DR 1 p 14 les différentes charges linéiques reprises par le profilé IPE 200

Après calculs, les valeurs suivantes seront retenues :

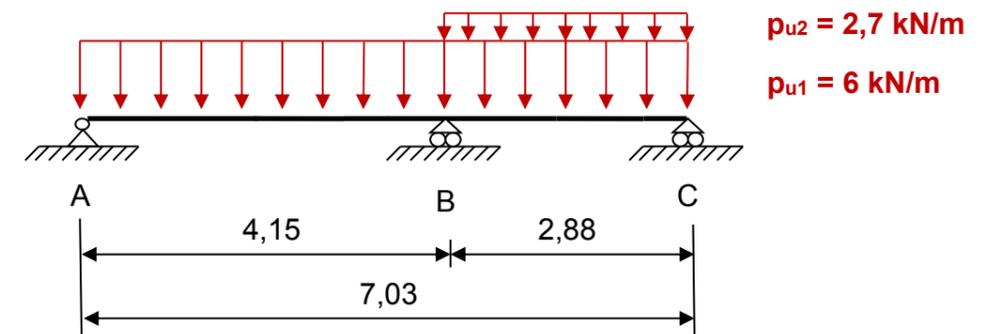
CHARGES		ZONE Z1 PARTIE COURANTE'	ZONE Z2 TREMIE DROITE	ZONE Z3 TREMIE GAUCHE
CHARGES PERMANENTES g (kN/m)				
IPE 200	g ₁	à déterminer		
IPE 100	g ₂	à déterminer		
PARQUET BOIS		à déterminer		
IPE 100	g ₃		0,11	0,15
PARQUET BOIS			0,11	0,11
CHARGES D'EXPLOITATION q (kN/m)				
SURCHARGE PLANCHER	q ₁	à déterminer		
	q ₂		1,59	1,59

A-2/ En déduire, sur le document DR 1, les schémas mécaniques suivants :

A-2.1/ Schéma mécanique du profilé IPE 200 avec uniquement les charges permanentes sans pondération.

A-2.2/ Schéma mécanique du profilé IPE 200 avec uniquement les charges variables sans pondération.

Par simplification on adoptera le schéma mécanique pondéré aux ELU suivant :



A-3/ Déterminer la valeur du moment fléchissant sur l'appui B.

A-4/ En prenant la valeur $M_B = -11,4$ kN.m et afin de vérifier la position et la valeur du moment fléchissant maximum, tracer sur le document DR 2 les diagrammes de l'effort tranchant et du moment fléchissant le long de la poutre en précisant toutes les valeurs particulières.

A-5/ Déterminer la classe du profilé IPE 200. Justifier votre réponse.

Notations pages 205-209 / Bezeichnungen Seiten 205-209

Désignation Designation Bezeichnung	Valeurs statiques / Section properties / Statische Kennwerte												Classification EN 1993-1-1: 2005						EN 10025-2: 2004	EN 10025-4: 2004	EN 10225:2001	
	axe fort y-y strong axis y-y starke Achse y-y						axe faible z-z weak axis z-z schwache Achse z-z						Pure bending y-y			Pure compression						
G	I_y	$W_{pl,y}$	$W_{pl,y}^*$	i_y	$A_{e,y}$	I_z	$W_{pl,z}$	$W_{pl,z}^*$	i_z	s_x	t	L_w	S235	S355	S460	S235	S355	S460	EN 10025-2: 2004	EN 10025-4: 2004	EN 10225:2001	
kg/m	mm ⁴ x10 ⁴	mm ³ x10 ³	mm ³ x10 ³	mm	mm ² x10 ²	mm ⁴ x10 ⁴	mm ³ x10 ³	mm ³ x10 ³	mm	mm	mm ⁴ x10 ⁴	mm ⁴ x10 ⁶										
IPE AA 80	4,9	64,1	16,4	18,9	3,19	3,00	6,85	2,98	4,7	1,04	17,5	0,40	0,09	1	1	-	1	1	-	✓		
IPE A 80	5,0	64,4	16,5	19,0	3,18	3,07	6,85	2,98	4,7	1,04	17,6	0,42	0,09	1	1	-	1	1	-	✓		
IPE 80	6,0	80,1	20,0	23,2	3,24	3,58	8,49	3,69	5,8	1,05	20,1	0,70	0,12	1	1	-	1	1	-	✓		
IPE AA 100	6,7	136	27,9	31,9	3,98	4,40	12,6	4,57	7,2	1,21	20,8	0,73	0,27	1	1	-	1	1	-	✓		
IPE A 100	6,9	141	28,8	33,0	4,01	4,44	13,1	4,77	7,5	1,22	21,2	0,77	0,28	1	1	-	1	1	-	✓		
IPE 100	8,1	171	34,2	39,4	4,07	5,08	15,9	5,79	9,2	1,24	23,7	1,20	0,35	1	1	-	1	1	-	✓		
IPE AA 120	8,4	244	41,7	47,6	4,79	5,36	21,1	6,59	10,4	1,41	21,6	0,95	0,66	1	1	-	1	1	-	✓		
IPE A 120	8,7	257	43,8	49,9	4,83	5,41	22,4	7,00	11,0	1,42	22,2	1,04	0,71	1	1	-	1	1	-	✓		
IPE 120	10,4	318	53,0	60,7	4,90	6,31	27,7	8,65	13,6	1,45	25,2	1,74	0,89	1	1	-	1	1	-	✓		
IPE AA 140	10,1	407	59,7	67,6	5,64	6,14	33,8	9,27	14,5	1,63	22,4	1,19	1,46	1	1	-	1	2	-	✓		
IPE A 140	10,5	435	63,3	71,6	5,70	6,21	36,4	10,0	15,5	1,65	23,2	1,36	1,58	1	1	1	1	2	3	✓	✓	✓
IPE 140	12,9	541	77,3	88,3	5,74	7,64	44,9	12,3	19,3	1,65	26,7	2,45	1,98	1	1	1	1	1	2	✓	✓	✓
IPE AA 160	12,1	646	82,6	93,3	6,47	7,24	51,6	12,6	19,6	1,83	23,4	1,57	2,93	1	1	-	1	3	-	✓		
IPE A 160	12,7	689	87,8	99,1	6,53	7,80	54,4	13,3	20,7	1,83	26,3	1,96	3,09	1	1	1	1	3	4	✓	✓	✓
IPE 160	15,8	869	109	124	6,58	9,66	68,3	16,7	26,1	1,84	30,3	3,60	3,96	1	1	1	1	1	2	✓	✓	✓
IPE AA 180	14,9	1020	116	131	7,32	9,13	78,1	17,2	26,7	2,03	27,2	2,48	5,64	1	1	-	2	3	-	✓		
IPE A 180	15,4	1063	120	135	7,37	9,20	81,9	18,0	28,0	2,05	27,8	2,70	5,93	1	1	1	2	3	4	✓	✓	✓
IPE 180	18,8	1317	146	166	7,42	11,3	101	22,2	34,6	2,05	31,8	4,79	7,43	1	1	1	1	2	3	✓	✓	✓
IPE O 180	21,3	1505	165	189	7,45	12,7	117	25,5	39,9	2,08	34,5	6,76	8,74	1	1	1	1	1	2	✓	✓	✓
IPE AA 200	18,0	1533	156	176	8,19	11,4	112	22,4	35,0	2,21	32,0	3,84	10,1	1	1	-	2	4	-	✓		
IPE A 200	18,4	1591	162	182	8,23	11,5	117	23,4	36,5	2,23	32,6	4,11	10,5	1	1	1	2	4	4	✓	✓	✓
IPE 200	22,4	1943	194	221	8,26	14,0	142	28,5	44,6	2,24	36,7	6,98	13,0	1	1	1	1	2	3	✓	✓	✓
IPE O 200	25,1	2211	219	249	8,32	15,5	169	33,1	51,9	2,30	39,3	9,45	15,6	1	1	1	1	1	2	✓	✓	✓

A-6/ En retenant $M_{Ed} = 11,4$ kN.m, vérifier la condition de résistance du profilé IPE 200 énoncée ci-dessous selon l'article 6.2.5 de l'Eurocode 3. Conclure.

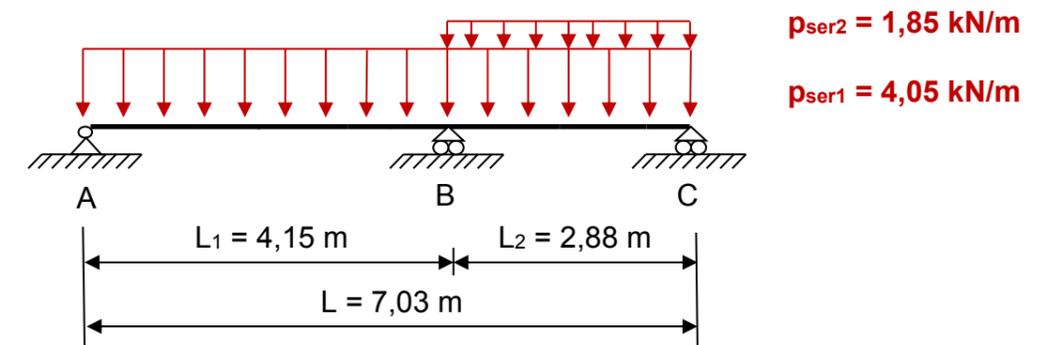
□ DONNEE NECESSAIRE POUR REALISER L'ETUDE

- La vérification à l'effort tranchant ne sera pas effectuée.

La valeur de calcul du moment M_{Ed} dans chaque section transversale doit satisfaire la condition suivante (EC3 6.2.5) :

$M_{c,Rd} = M_{pl,Rd}$ (Moment résistant plastique)	$M_{Ed} < M_{c,Rd}$
$M_{pl,Rd} = \frac{W_{pl} \times f_y}{\gamma_{M0}}$	Pour une section de classe 1 ou 2 :

Pour la vérification à la déformation du profilé IPE 200, on adoptera le schéma mécanique pondéré aux ELS suivant :



La flèche $f_{p_{ser2}}$ obtenue au milieu de la travée [AB] sous le seul cas de chargement p_{ser2} avec un logiciel de simulation de structures est :
 $f_{p_{ser2}}(x=2,075 \text{ m}) = + 0,21$ mm

A-7/ Calculer la flèche $f_{p_{ser1}}$ au milieu de la travée [AB] sous le seul cas de chargement p_{ser1} à l'aide de l'expression ci-après :

$$f_{p_{ser1}} = - \frac{p_{ser1}}{384 EI} \left[5 L_1^4 - \frac{3 L_1^2 (L_1^3 + L_2^3)}{L_1 + L_2} \right]$$

En déduire la flèche $f_{(p_{ser1}+p_{ser2})}$ due à l'ensemble du chargement auquel est soumis le profilé.

A-8/ Le cahier des charges impose une déformation maximale égale à 1/400^{ème} de la portée. Vérifier si cette condition est satisfaite. Conclure.

A-9/ Récapituler vos résultats quant au dimensionnement du profile IPE 200 vis-à-vis des conditions de résistance et de déformation puis conclure.

ETUDE B : THERMIQUE ET HYGROMETRIE

ETUDE D'UN MUR DE FACADE DU BATI EXISTANT – ISOLATION INTERIEURE

PARTIE B.1 : THERMIQUE

□ DONNEES NECESSAIRES A LA REALISATION DE L'ETUDE

• MATERIAUX UTILISES POUR LA REALISATION DU MUR DE FACADE

MATERIAUX	Epaisseur (m)	Conductivité λ (W/m.K)	Résistance R_{th} ($m^2.K/W$)
<input type="checkbox"/> Enduit extérieur mortier	0,02	1,75	-
<input type="checkbox"/> Mur en pierre	0,45	1	-
<input type="checkbox"/> Isolant GR 32 revêtu kraft	0,10	-	3,15
<input type="checkbox"/> Plaque plâtre BA 13	0,013	0,33	-

• ZONE THERMIQUE H2

• ANNEXES DE THERMIQUE B.1, B.2 ET B.3 p 10 et 11

B-1.1/ Réaliser une coupe verticale (sans échelle mais en respectant les proportions) du mur de façade en faisant apparaître clairement les différents matériaux employés et leurs épaisseurs respectives.

B-1.2/ Déterminer la résistance thermique globale de la paroi.
Cette valeur respecte-t-elle les valeurs demandées par la RT Existant (Arrêté du 3 mai 2007) applicable à ce projet de rénovation ?

B-1.3/ Calculer la densité de flux de chaleur dans la paroi pour une température intérieure de 19°C et extérieure de -5 °C.

B-1.4/ Calculer les températures aux différentes interfaces de matériaux sur le document DR 3-a p 15.

B-1.5/ Tracer la courbe d'évolution des températures dans la paroi sur le document DR 3-a.

PARTIE B.2 : HYGROMETRIE

□ DONNEES NECESSAIRES A LA REALISATION DE L'ETUDE

• MATERIAUX UTILISES POUR LA REALISATION DU MUR DE FACADE

MATERIAUX	Epaisseur (m)	Perméabilité π (g/m.s.Pa)	Résistance S_d ($m^2.s.Pa/g$)
<input type="checkbox"/> Enduit extérieur mortier	0,02	$0,932.10^{-8}$	-
<input type="checkbox"/> Mur en pierre	0,45	-	$0,357.10^8$
<input type="checkbox"/> Isolant GR 32 revêtu kraft	0,10	$11,5.10^{-8}$	-
<input type="checkbox"/> Plaque plâtre BA 13	0,013	$1,875.10^{-8}$	-

• Taux d'humidité intérieur (50 %) et extérieur (80 %)

• ANNEXES DE THERMIQUE B.1 ET B.4 p 10 et 11

B-2.1/ Retrouver à l'aide du tableau DR 3-b p 15 des valeurs de pressions saturantes et de températures aux interfaces des matériaux, les valeurs de pressions saturantes notées p_{vs} pour chaque intervalle.

B-2.2/ Tracer la courbe correspondant aux valeurs de pressions de vapeur saturante (en supposant que le diagramme est linéaire entre chaque composant de la paroi) sur le document DR 3-b.

B-2.3/ Calculer les valeurs de résistance à la diffusion de vapeur d'eau, S_d , des matériaux.

B-2.4/ Calculer les valeurs de pression partielle intérieure (p_{vINT}) et extérieure (p_{vEXT}).

B-2.5/ Vérifier que la valeur du flux de vapeur d'eau traversant la paroi est de 1974.10^{-8} g/s.m².

B-2.6/ Calculer les valeurs de pression partielle p_v entre chaque matériau sur le document DR 3-b.

B-2.7/ Tracer la courbe correspondant aux valeurs de pressions de vapeur partielle sur le document DR 3-b d'une couleur différente de celle de la pression de vapeur saturante.

B-2.8/ Existe-t-il une zone de condensation interne à la paroi ?

Si oui, où se situe-t-elle ?

Proposer une solution réaliste pour résoudre ce problème (aucun calcul demandé).

ETUDE C : ACOUSTIQUE

L'objet de l'étude porte sur l'isolement des façades.

Il est essentiel de veiller à une bonne insonorisation des façades et en particulier, des baies de fenêtres, qui constituent parfois le maillon faible de l'isolation acoustique.
Le but de cette partie est de vérifier si l'isolement de la façade principale du bâtiment vis-à-vis des bruits routiers répond aux exigences en matière de confort acoustique.

PARTIE C.1 : ISOLEMENT VIS A VIS DES BRUITS D'INFRASTRUCTURES ROUTIERES

□ DONNEES NECESSAIRES A LA REALISATION DE L'ETUDE

- Le projet est situé à 200 m d'une rue en tissu ouvert classée en catégorie 4 selon l'arrêté du 30 mai 1996. Cette rue a fait l'objet d'un classement sonore spécifique relatif aux infrastructures de transport routier
- Epaisseur des murs en pierre : 45 cm
- Complexe de doublage laine minérale 100 mm + BA 13
- Masse surfacique du complexe de doublage M2 : 13 kg/m²

C-1.1/ En général, quelles parois d'un bâtiment sont principalement concernées par l'isolement aux bruits routiers ?

C-1.2/ A l'aide de l'annexe C p 12 et 13, déterminer pour le bâtiment étudié, la valeur minimale réglementaire de l'isolement acoustique standardisé pondéré $D_{nT,A,tr}$ réglementaire vis-à-vis des bruits d'infrastructures routières.

PARTIE C.2 : ISOLATION DE LA PAROI SEULE VIS A VIS DES BRUITS ROUTIERS

C-2.1/ Sachant que les pierres employées dans la réalisation des murs de façades ont une masse volumique de 1600 kg/m³, calculer la masse surfacique M1 du support maçonnerie seule (enduit extérieur négligé).

C-2.2/ À l'aide de la loi de masse (voir Annexe C), déterminer l'indice d'affaiblissement $[R_w+C_{tr}]$ des parois en maçonnerie (seule) du bâtiment concernées par l'isolement aux bruits routiers.

PARTIE C.3 : ISOLATION DE LA PAROI COMPOSITE (PAROI ET MENUISERIES) VIS A VIS DES BRUITS ROUTIERS

On s'intéresse à la façade sud du bâtiment (Espace jeux/télé). Cette fois, on tiendra compte des menuiseries.

□ DONNEES NECESSAIRES A LA REALISATION DE L'ETUDE

Éléments de la paroi :

- Menuiserie type 1 :
Fenêtre 1 vantail du rez-de-chaussée Nombre = 2 $[R_w+C_{tr}]_1 = 29$ dB.
- Mur support en maçonnerie $[R_w+C_{tr}]_2 = 63$ dB.

C-3.1/ La paroi étant composée de différents éléments (maçonnerie seule et menuiseries), déterminer son indice d'affaiblissement $[R_w+C_{tr}]_{résultant}$ en tenant compte des valeurs données ci-dessus et en vous aidant de l'annexe C.

C-3.2/ Calculer alors la valeur de l'isolement normalisé $D_{nT,A,tr}$ en comparant avec la valeur réglementaire. Conclure.

PARTIE C.4 : INFLUENCE DU COMPLEXE DOUBLAGE SUR LE CONFORT ACOUSTIQUE

On s'intéresse toujours à la façade principale du bâtiment. Cette fois, on souhaite analyser l'influence du complexe de doublage qui sera posé contre le support en maçonnerie de cette paroi.

□ DONNEES NECESSAIRES A LA REALISATION DE L'ETUDE

- Module d'Young E de la maçonnerie = $23 \cdot 10^9$ N/m²
- Lame d'air entre le support maçonnerie et le complexe de doublage = 10 mm

C-4.1/ En vous aidant de l'annexe C, déterminer la fréquence critique f_c du mur en maçonnerie seule (sans doublage).

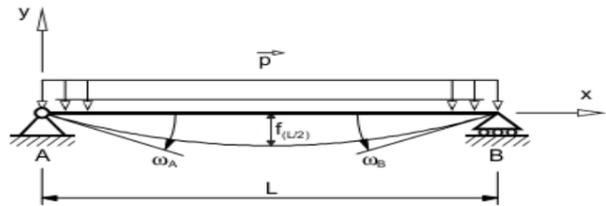
C-4.2/ En prenant maintenant en considération le complexe de doublage, calculer alors la fréquence de résonance f_0 de l'ensemble 'mur en maçonnerie + doublage'.

C-4.3/ Comparer les résultats précédents (questions C-4.1/ et C-4.2/) puis conclure quant à l'influence du complexe de doublage sur les performances acoustiques de la façade sud (Espace jeux/télé).

ANNEXE A - STRUCTURES

A-1. Poutre isostatique sur 2 appuis :

Valeurs des rotations :

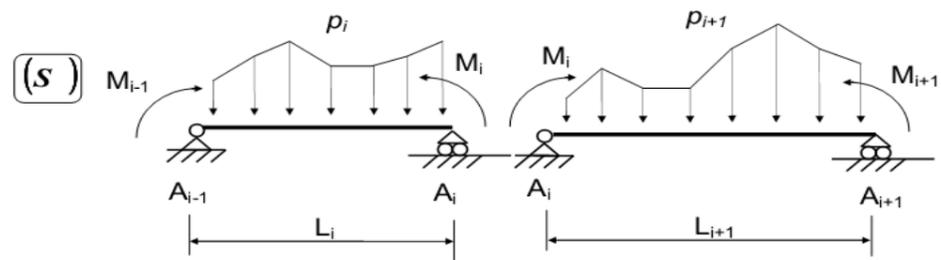
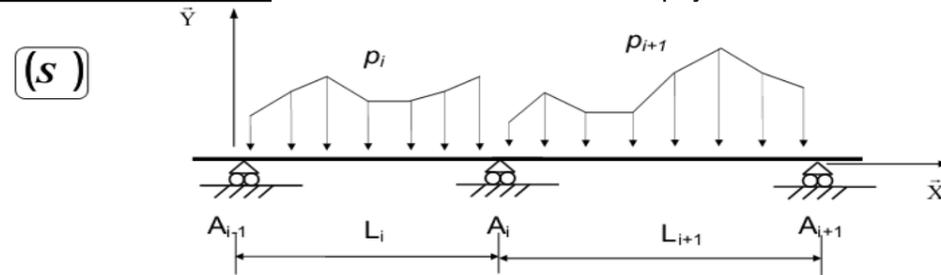


$$\omega_A = -\frac{pL^3}{24EI}$$

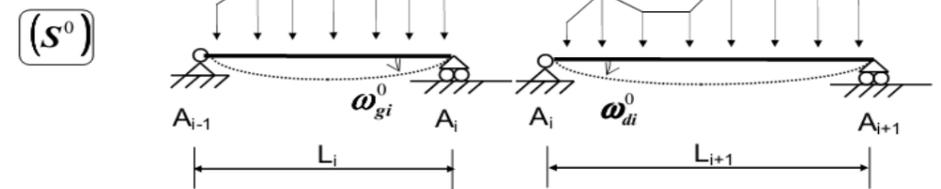
$$\omega_B = \frac{pL^3}{24EI}$$

A-2. Théorème des 3 moments :

Formule de Clapeyron :



Système isostatique associé



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

ANNEXE B - THERMIQUE/HYGROMETRIE

B-1. Formulaire

Analogie entre le transfert de chaleur et le transfert de vapeur d'eau	
Chaleur	Vapeur
Loi de FOURIER	Loi de FICK
Température : T (°C)	Pression de vapeur : P _v (Pa)
Densité de flux de chaleur : $\varphi = \lambda \frac{\Delta T}{e}$ (W / m ²)	Densité de flux de vapeur : $\varpi = \pi \frac{\Delta P_v}{e}$ (g / s.m ²)
Conductivité thermique : λ (W/m K)	Coefficient de perméabilité à la vapeur d'eau : π (g / m Pa s)
Résistance thermique : $R = \frac{e}{\lambda}$ (m ² .K / W)	Résistance à la diffusion de la vapeur d'eau : $S_d = \frac{e}{\pi}$ (m ² .s.Pa / g)
Résistance thermique d'une paroi multicouche : $R = \sum_1^n \frac{e_j}{\lambda_j}$ $\varphi = \frac{\Delta T}{R}$	Résistance à la diffusion de la vapeur d'eau d'une paroi multicouche : $S_d = \sum_1^n \frac{e_j}{\pi_j}$ $\varpi = \frac{\Delta P_v}{S_d}$
R _{si} et R _{se} (m ² .K / W)	Coefficients d'échange surfacique : Néant

B-2. Valeurs des résistances thermiques superficielles

Paroi donnant sur : - l'extérieur - un passage ouvert - un local ouvert	R _{si} m ² .K/W	R _{se} m ² .K/W	R _{si} + R _{se} m ² .K/W
Paroi verticale (inclinaison supérieure à 60°) Flux horizontal	0,13	0,04	0,17
Flux ascendant Paroi horizontale (inclinaison inférieure à 60°)	0,10	0,04	0,14
Flux descendant	0,17	0,04	0,21

B-3. Arrêté du 3 mai 2007 relatif aux caractéristiques thermiques et à la performance énergétique des bâtiments existants

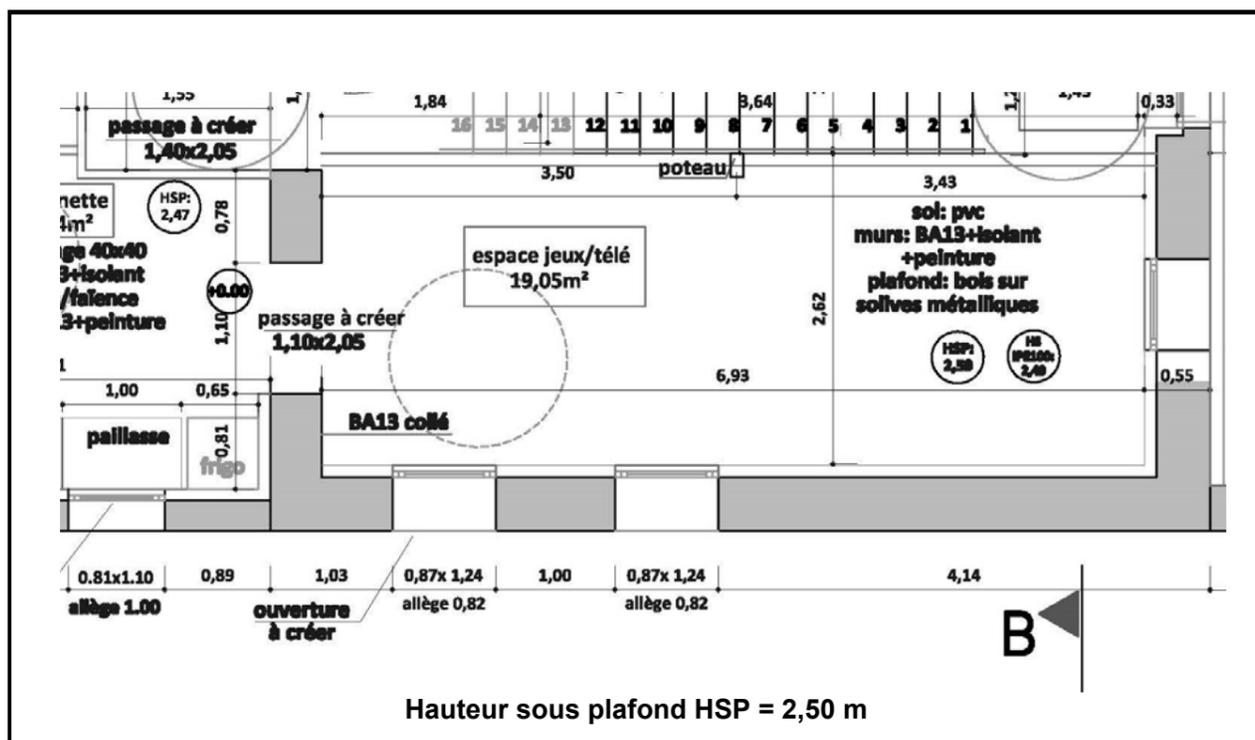
PAROIS	RÉSISTANCE thermique R minimale (m ² .K/W)	CAS D'ADAPTATION POSSIBLES
Murs en contact avec l'extérieur et rampants de toitures de pente supérieure à 60°.	2,3	La résistance thermique minimale peut être réduite jusqu'à 2 m ² K/W dans les cas suivants : – le bâtiment concerné est situé en zone H3, telle que définie en annexe du présent arrêté, à une altitude inférieure à 800 mètres ; – ou, dans les locaux à usage d'habitation, les travaux d'isolation entraînent une diminution de la surface habitable des locaux concernés supérieure à 5 % en raison de l'épaisseur de l'isolant ; – ou le système constructif est une double peau métallique.
Murs en contact avec un volume non chauffé	2	
Toitures terrasses	2,5 (2 jusqu'au 30 juin 2008)	La résistance thermique minimale peut être réduite jusqu'à 1,5 m ² K/W (1 m ² K/W jusqu'au 30 juin 2008) dans les cas suivants : – l'épaisseur d'isolation implique un changement des huisseries, ou un relèvement des garde corps ou des équipements techniques ; – ou l'épaisseur d'isolation ne permet plus le respect des hauteurs minimales d'évacuation des eaux pluviales et des relevés ; – ou l'épaisseur d'isolation et le type d'isolant utilisé implique un dépassement des limites de charges admissibles de la structure.
Planchers de combles perdus	4,5	
Rampants de toiture de pente inférieure 60°	4	La résistance thermique minimale peut être réduite jusqu'à 3 m ² K/W lorsque, dans les locaux à usage d'habitation, les travaux d'isolation entraînent une diminution de la surface habitable des locaux concernés supérieure à 5 % en raison de l'épaisseur de l'isolant.
Planchers bas donnant sur l'extérieur ou sur un parking collectif.	2,3	La résistance thermique minimale peut être réduite jusqu'à 2 m ² K/W dans les cas suivants : – le bâtiment concerné est situé en zone H3 à une altitude inférieure à 800 mètres ; – ou la résistance thermique minimale peut être diminuée pour adapter l'épaisseur d'isolant nécessaire à la hauteur libre disponible si celle-ci est limitée par une autre exigence réglementaire. La résistance thermique minimale peut être réduite dans le cas d'installation ou de remplacement de plancher chauffant à eau chaude ou plancher chauffant rafraîchissant selon la valeur indiquée à l'article 25.

B-4. Valeurs des pressions de vapeur saturante en fonction de la température

Températures (°C)	Pressions de vapeur (Pa)						
- 9	284	0	611	9	1149	18	2068
- 8	310	1	658	10	1229	19	2199
- 7	338	2	706	11	1313	20	2339
- 6	368	3	759	12	1404	21	2488
- 5	402	4	814	13	1498	22	2646
- 4	438	5	873	14	1600	23	2811
- 3	476	6	935	15	1706	24	2986
- 2	518	7	1002	16	1819		
- 1	563	8	1074	17	1939		

ANNEXE C - ACOUSTIQUE

ZOOM SUR LA ZONE D'ETUDE ...



EXTRAITS DE L'ARRETE DU 30/05/1996

C-1. ISOLEMENT DES FAÇADES

C-1.1 POUR UNE RUE EN TISSU OUVERT

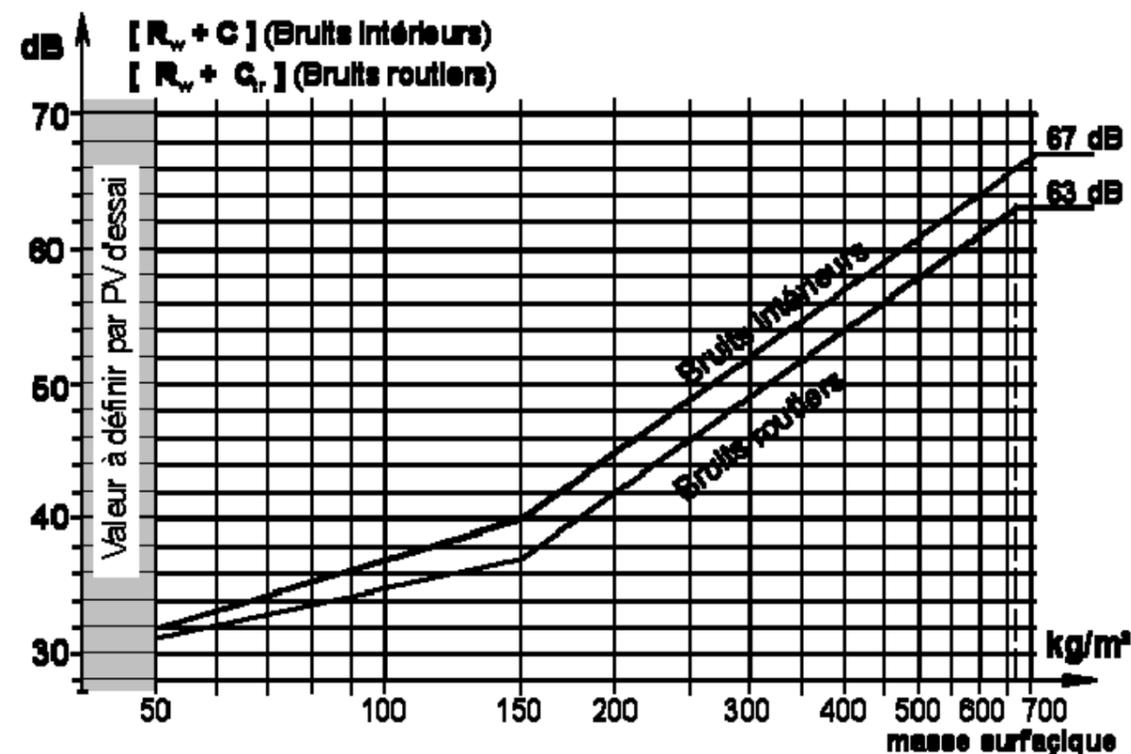
Le tableau suivant donne, par catégorie d'infrastructure, la valeur de l'isolement minimal des façades : $D_{nT,A,Tr}$ (en dB) en fonction de la distance du bâtiment à construire :

Distance (m)	10	15	20	25	30	40	50	65	80	100	125	160	200	250	300
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	30
3	38	38	37	36	35	34	33	32	31	30	30	30	30	30	30
4	35	33	32	31	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
5	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30

Nota :

- Pour les autres cas, l'isolement minimal des façades est : $D_{nT,A,Tr} \geq 30$ dB
- Pour des études de cas particuliers (façades masquées, ...), voir l'arrêté du 30/05/1996.

C-2. LOI DE MASSE – INDICE D'AFFAIBLISSEMENT ACOUSTIQUE R_w



C-3. CALCUL DE L'INDICE D'AFFAIBLISSEMENT ACOUSTIQUE R_w DES PAROIS COMPOSITES

Quand une paroi est constituée de différents éléments, telle qu'une porte incluse dans une cloison par exemple, la formule générale ci-dessous permet de définir l'indice R_w (en dB) résultant de cette paroi composite :

$$R_{w \text{ résultant}} = 10 \log \frac{S_p}{A}$$

- S_p : Surface totale de la paroi
- $A = \sum \frac{S_i}{10^{R_{wi}/10}}$
- R_{wi} : Affaiblissement acoustique de chaque élément
- S_i : Surface de chaque élément constituant de la paroi

C-5. CALCUL DE L'ISOLEMENT NORMALISE

Par simplification, on considérera :

$$D_{nT,A,Tr} = [R_w + C_{tr}] + 10 \log \frac{0,32 V}{S} - 5$$

- S : Surface de la paroi séparative
- V : Volume du local de réception

C-4. DETERMINATION DE L'ISOLEMENT [D_{nT,W}+C_{tr}] EN FONCTION DE [R_w+C_{tr}]

La performance acoustique in-situ [D_{nT,W}+C_{tr}] d'une façade est déterminée en fonction de la performance acoustique de laboratoire [R_w+C_{tr}]_l du mur mais aussi de nombreux autres paramètres tels que les caractéristiques acoustiques des parois vitrées, des entrées d'air ou les dimensions du local, des transmissions par les parois latérales, ...

En fonction de ces différents paramètres, il convient d'utiliser l'isolement in-situ [D_{nT,W}+C_{tr}] qui permettra de répondre aux exigences réglementaires.

En général, pour les parois en maçonnerie lourde l'isolement in-situ [D_{nT,W}+C_{tr}] est souvent inférieur de 6 dB environ à la valeur de l'indice [R_w+C_{tr}].

C-5. INFLUENCE DU COMPLEXE DOUBLAGE SUR LES PERFORMANCES ACOUSTIQUES

Il existe une fréquence critique f_c pour laquelle toute paroi présente une chute sensible de l'isolement.

La fréquence critique f_c est d'autant plus basse que le matériau est lourd : elle se situe dans une plage où l'oreille y est peu sensible.

Sachant que l'oreille humaine est plus sensible aux fréquences médiums situées entre 500 et 5000 Hz, il est préférable pour une meilleure performance acoustique, de mettre en œuvre des matériaux dont la chute d'isolement se situe hors de cette plage de fréquence.

C-5.1 PAROI SANS COMPLEXE DE DOUBLAGE

Formule de calcul de la fréquence f_c (en Hz) d'une paroi :

$$f_c = \frac{64000}{e} \cdot \sqrt{\frac{\rho}{E} \cdot (1 - \nu^2)}$$

- e : Epaisseur de la paroi (m)
- ρ : Masse volumique du matériau (kg/m³)
- E : Module d'Young (N/m²)
- ν : Coefficient de Poisson égal à 0,30

C-5.2 PAROI AVEC COMPLEXE DE DOUBLAGE

Le doublage d'une paroi n'a pas un effet acoustique neutre. La mise en place d'un complexe de doublage conduit, sur le plan de l'isolation acoustique, à la réalisation d'une paroi double avec création d'une fréquence de résonance f₀.

La nature et l'épaisseur de l'isolant ont une forte influence sur l'efficacité acoustique du système.

Les isolants rigides, tels que les polyuréthanes rigides, les polystyrènes extrudés, les polystyrènes expansés ont une forte tendance à diminuer la performance acoustique par rapport à celle du support seul.

Par contre, les laines minérales ou les polystyrènes élastifiés contribuent à une nette amélioration des performances acoustiques. Quant à l'épaisseur de l'isolant, plus elle est importante, plus le système est performant.

En jouant sur certains paramètres tels que l'épaisseur du vide, la nature de l'isolant et la masse des parements, il est possible de situer la fréquence de résonance dans les fréquences graves (en dessous de 350 Hz) et donc d'améliorer nettement l'indice d'affaiblissement initial des parois. Ces paramètres conditionnent la fréquence de la paroi.

Cette fréquence de résonance f₀ (en Hz) est égale en champs diffus à :

$$f_0 = 84 \cdot \sqrt{\frac{1}{e_{AIR}} \cdot \left(\frac{1}{M1} + \frac{1}{M2} \right)}$$

- e_{AIR} : Epaisseur de la lame d'air entre les 2 matériaux (m)
- M1 : Masse surfacique du matériau support (kg/ m²)
- M2 : Masse surfacique du complexe de doublage (kg/m²)

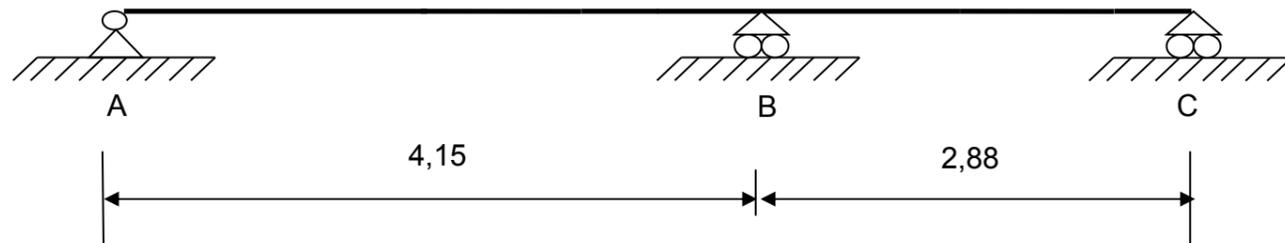
DOCUMENT DR 1

A-1/ CALCUL DES CHARGES LINEIQUES REPRISES PAR LE PROFILE IPE 200

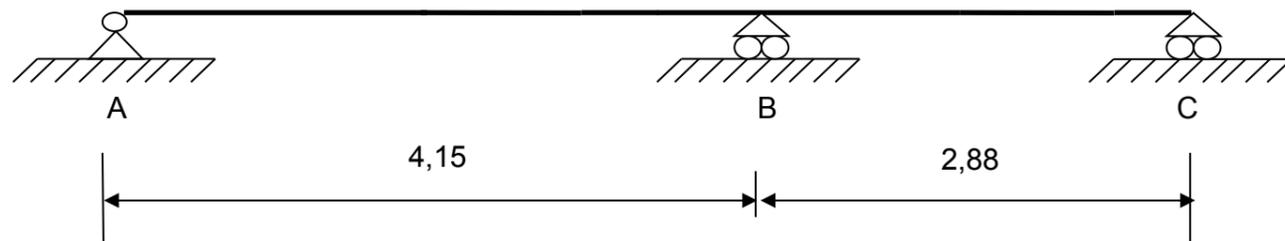
CHARGES		ZONE Z1 'PARTIE COURANTE'	ZONE Z2 'TREMIE DROITE'	ZONE Z3 'TREMIE GAUCHE'	DETAILS DES CALCULS
CHARGES PERMANENTES g (kN/m)					
IPE 200	g ₁				
IPE 100	g ₂				
PARQUET BOIS					
IPE 100	g ₃		0,11	0,15	
PARQUET BOIS			0,11	0,11	
CHARGES D'EXPLOITATION q (kN/m)					
SURCHARGE PLANCHER	q ₁				
	q ₂		1,59	1,59	

A-2/ MODELISATION MECANIQUE

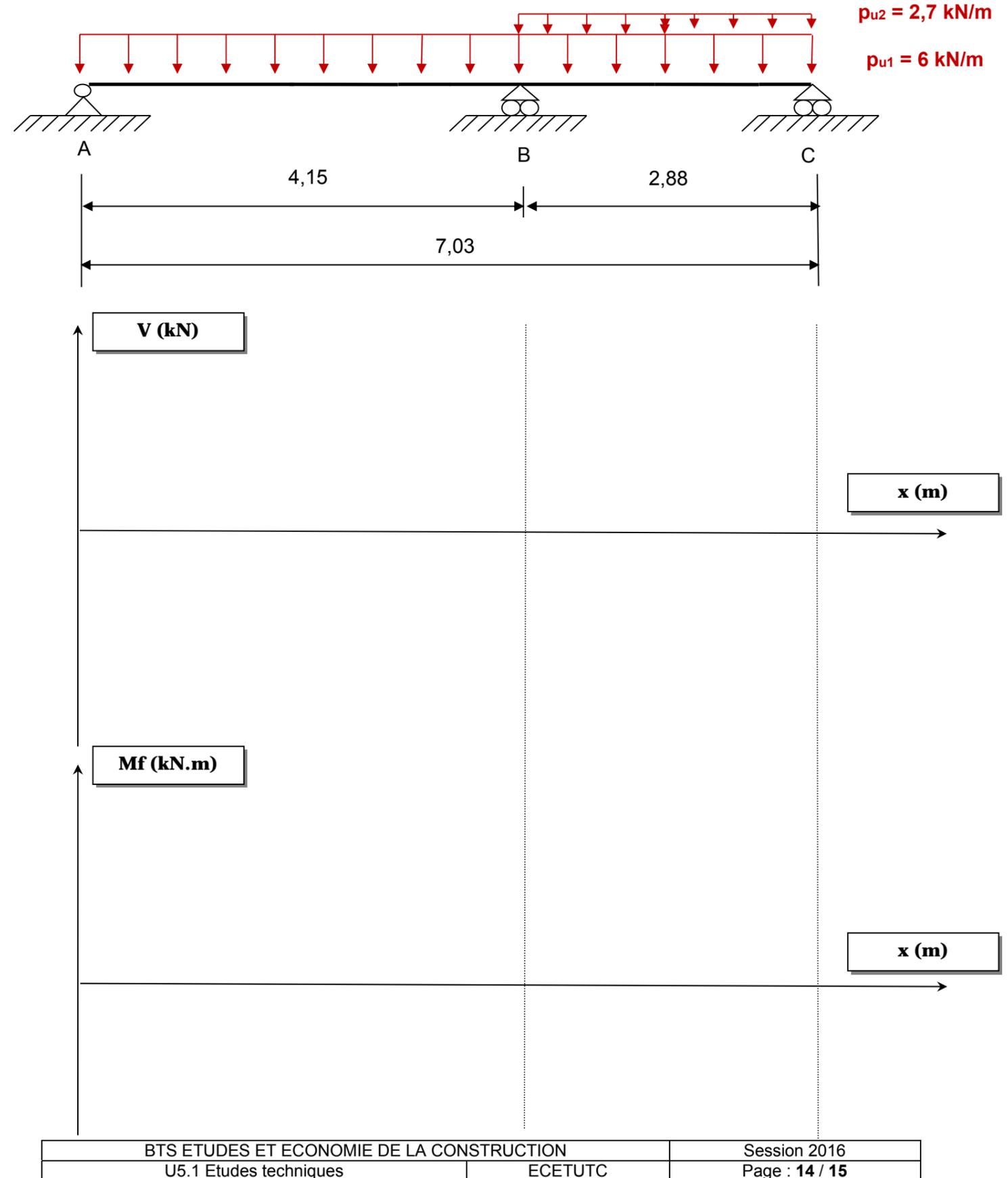
A-2.1/ Schéma mécanique du profilé IPE 200 avec uniquement les charges permanentes sans pondération.



A-2.2/ Schéma mécanique du profilé IPE 200 avec uniquement les charges variables sans pondération.



DOCUMENT DR 2



DOCUMENT DR 3-a

Désignation	Epaisseur e (m)	Conductivité λ (W/m.K)	R (m².K/W)	Température (°C)
① Enduit extérieur mortier				T _{Sext} =
② Mur en pierre				T _{①/②} = - 4,8
③ Isolant GR 32 revêtu kraft				T _{②/③} =
④ Plaque plâtre BA 13				T _{③/④} = 17,9
Total des R = (R_{si} + R_{se})				T _{Sint} =

Température (°C)
1 cm ⇔ 5 °C

EXT

INT

Epaisseur (m)
Echelle indéterminée

DOCUMENT DR 3-b

	Températures aux interfaces T (°C)	Pression de vapeur saturante P _{v_s} (Pa)	Pression de vapeur partielle P _v (Pa)
Parement Extérieur	-4,9		
① Enduit extérieur mortier			
T _{①/②}	-4,8	420	363
② Mur en pierre			
T _{②/③}	-1,9		
③ Isolant GR 32 revêtu kraft			
T _{③/④}	17,9	2003	1086
④ Plaque plâtre BA 13			
Parement Intérieur	18,2		

Pression (Pa)
1 cm ⇔ 200 Pa

EXT

INT

Epaisseur (m)
Echelle indéterminée

**LEGENDE
A COMPLETER**

Pression saturante
p_{v_s}

Pression réelle
p_v