

<b>BREVET DE TECHNICIEN SUPÉRIEUR ÉTUDES ET ÉCONOMIE DE LA CONSTRUCTION</b>
---

**ÉPREUVE : E.5  
ÉTUDES DES CONSTRUCTIONS**

**Sous-épreuve : U.51  
ÉTUDES TECHNIQUES**

Session 2021  
\_\_\_\_\_

Durée : 4 heures

Coefficient : 3  
\_\_\_\_\_

**Documents et matériels autorisés :**

- l'usage de la calculatrice avec mode examen actif est autorisé ;
- l'usage de la calculatrice sans mémoire, « type collègue », est autorisé ;
- tout autre matériel est interdit ;
- aucun document autorisé.

**Documents à rendre avec la copie :**

- document réponse DR1 .....page 16/19 ;
- document réponse DR2 .....page 17/19 ;
- document réponse DR3 .....page 18/19 ;
- document réponse DR4 .....page 19/19.

Dès que le sujet vous est remis, assurez-vous qu'il est complet.  
Le sujet se compose de 19 pages, numérotées de 1/19 à 19/19.

## SOMMAIRE

Présentation de l'opération / Renseignements sur le site .....	page 2/19 ;
Descriptif sommaire .....	page 3/19 ;
Coupe de principe (état actuel / état projeté) .....	page 4/19 ;
Plan de masse / Plan de couverture (état projeté) .....	page 4/19 ;
Plan de principe de charpente / Plan GO niveau R+2 .....	page 5/19 ;
Façades .....	page 6/19 ;
Plan des étages .....	page 7/19 ;
Plan de détails .....	page 8/19 ;
Partie A - ÉTUDE MÉCANIQUE D'UNE PANNE .....	page 9/19 ;
Ressources pour l'étude mécanique .....	page 10/19 ;
Partie B - ALIMENTATIONS EAU FROIDE ET EAU CHAUDE .....	page 11/19 ;
Ressources pour l'étude plomberie .....	pages 11 à 12/19 ;
Partie C - ÉTUDE ACOUSTIQUE DE LA SALLE DE RÉUNION .....	page 12/19 ;
Ressources pour l'étude acoustique .....	pages 12 à 13/19 ;
Partie D - ÉTUDE THERMIQUE DE LA FAÇADE .....	page 14/19 ;
Ressources pour l'étude thermique .....	pages 14 à 15/19 ;
Document réponse DR1 .....	page 16/19 ;
Document réponse DR2 .....	page 17/19 ;
Document réponse DR3 .....	page 18/19 ;
Document réponse DR4 .....	page 19/19.

Parties	Temps estimé	Barème
Lecture	30 min	
PARTIE A - Mécanique	1 h 20	7 points
PARTIE B - Plomberie	1 h	5 points
PARTIE C - Acoustique	20 min	3 points
PARTIE D - Thermique	50 min	5 points

**Avertissement :** quelques informations peuvent être difficilement déchiffrables suite aux contraintes de reprographie, mais toutes les informations utiles au candidat ont été rendues lisibles.

## DOSSIER SUPPORT D'ÉPREUVE

### RÉHABILITATION D'UN CENTRE DE RECHERCHE



#### Présentation de l'opération

Le dossier servant de support à cette épreuve est issu de la réhabilitation basse consommation d'un bâtiment abritant un centre de recherche, situé en Lorraine.

Avant sa réhabilitation, l'édifice est composé de 4 niveaux : un sous-sol composé principalement de zones de stockage, un rez-de-chaussée et un premier étage comprenant des bureaux et un niveau de combles regroupant les archives. Le bâtiment est situé sur une grande parcelle verdoyante. Un parc de stationnement se trouve sur la parcelle.

Les travaux engagés consistent en :

- la rénovation thermique du bâtiment (traitement des façades, remplacement des menuiseries extérieures...);
- le remaniement de l'entrée permettant un accès de plain-pied ;
- la surélévation du dernier niveau permettant l'aménagement futur de bureaux supplémentaires ;
- la création d'une gaine d'ascenseur ;
- divers aménagements intérieurs et prestations d'embellissement.

#### Tableau de surfaces (en m²) :

Niveau	Surfaces de bureaux	Surfaces des communs
Sous-sol	0	328,50
RDC	220,40	160,52
1 <sup>er</sup> étage	259,71	83,16
2 <sup>e</sup> étage	0	344,61
Totaux	480,11	916,79

#### Renseignements sur le site :

- altitude 400 m ;
- neige : région A1 ;
- vent : région 2, site plat et exposé ;
- incendie : établissement ERP de type W (administration, bureaux...), 5<sup>e</sup> catégorie.

## **Descriptif sommaire**

Le bâtiment, de type R+1 et combles sur sous-sol avant sa réhabilitation, est composé :

- de murs, de dallage et de planchers en béton armé ;
- de fermes traditionnelles en bois ;
- d'une couverture en bardeaux bitumineux ;
- d'un bardage en bardeaux bitumineux (façade du RDC recouverte d'un parement en briques).

### **Lot 1 : VRD / DÉMOLITION / GROS ŒUVRE**

Dépose du bardage en bardeaux et du parement en briques des voiles existants BA de 20 cm.  
Démolition de cloisons non porteuses (conservation du doublage des murs extérieurs, composé d'un isolant en laine minérale de 5 cm et d'une plaque de BA13).  
Bouchement d'ouvertures en façades, en plancher.  
Création d'ouvertures en façades et en plancher.  
Création d'une cage d'ascenseur.  
Poteaux, poutres linteaux et voiles BA en surélévation (R+2).  
Murs en béton cellulaire au R+2 en façade.

### **Lot 2 : COUVERTURE ÉTANCHÉITÉ**

Dépose de la couverture et de la charpente.  
Réalisation de la toiture-terrasse (bac acier, pare-vapeur, isolant, étanchéité auto protégée) y compris points particuliers dont exutoire de désenfumage.  
Descente d'eaux pluviales.

### **Lot 3 : ISOLATION THERMIQUE EXTÉRIEURE : RAVALEMENT**

Isolation Thermique par l'extérieur en panneaux de polystyrène.  
Enduit armé taloché de 1,5 cm, finition métallisée aux 1<sup>er</sup> et 2<sup>e</sup> étages.  
Traitement des ébrasements des baies.

### **Lot 4 : MENUISERIES EXTÉRIEURES ALUMINIUM**

Menuiseries en aluminium.  
Tablettes de baie (en recouvrement de l'ITE).  
Stores de protection solaire intérieurs, moustiquaires extérieures.

### **Lot 5 : CHARPENTE MÉTALLIQUE / MÉTALLERIE**

Réalisation de la charpente métallique en IPE (pente de 3 %) et de l'auvent au niveau de l'entrée de service.  
Blocs-portes en acier vitrés et pleins, portes sectionnelles du garage.  
Brise-soleil en façades constitués d'une ossature métallique fixée à la façade et de ventelles fixes en tôle pliée.  
Garde-corps, main-courante, portillon et signalétique.

### **Lot 6 : PLÂTRERIE / FAUX PLAFOND**

Cloisons de distribution à plaques de plâtre sur ossature métallique (double ou simple parement).  
Cloisons de doublage.  
Enduit plâtre sur gaine d'ascenseur.  
Plafond suspendu en plaque de plâtre, isolé ou non.  
Faux-plafonds perforés démontables en dalles minérales 60 × 60 cm, avec feuillures, d'épaisseur 15 mm et ossature apparente de 24 mm.  
Mise en œuvre des menuiseries intérieures.  
Création ou obturation d'ouverture dans cloisons existantes.

### **Lot 7 : MENUISERIES INTÉRIEURES BOIS**

Blocs-portes intérieurs.  
Révision des blocs-portes existants.  
Placard, banque d'accueil, plinthes.

### **Lot 8 : REVÊTEMENTS DE SOLS DURS / FAÏENCES**

Étanchéité sous revêtements.  
Revêtements de sol en grés cérame 30 × 30 cm ou 30 × 60 cm, y compris plinthes.  
Démolition de faïence.  
Faïence murale.  
Tapis-brosse.

### **Lot 9 : REVÊTEMENTS DE SOLS SOUPLES**

Revêtements de sols souples, classement UPEC, efficacité acoustique selon localisation des locaux à prévoir sur sols désamiantés ou non.  
Profils de nez de marches.

### **Lot 10 : PEINTURE**

Peinture sur métal, PVC, bois, plâtre.  
Toile de verre.  
Nettoyage.

### **Lot 11 : CHAUFFAGE VENTILATION : pour mémoire.**

### **Lot 12 : PLOMBERIE SANITAIRE**

Dépose et remplacement de certains appareils existants dont WC avec réservoirs de chasse.  
Réseaux d'alimentation EF et EC en cuivre (certains seront conservés), raccordement sur réseau du sous-sol.  
Production EC par ballons électriques.  
Robinets d'arrêt en attente au 2<sup>e</sup> étage.  
Raccordement des EU / EV sur réseaux existants dans sous-sol.  
Création de deux réseaux d'évacuation EU et EV en attente au 2<sup>e</sup> étage.  
Ventilations de chutes.  
Fourniture des appareils sanitaires et leurs robinetteries (mitigeurs EF / EC pour les lavabos ainsi que pour les postes d'eau à robinet ¾ dans les locaux ménage).

### **Lot 13 : ÉLECTRICITÉ, COURANTS FAIBLES : pour mémoire.**

### **Lot 14 : DÉSAMIANPAGE : pour mémoire.**



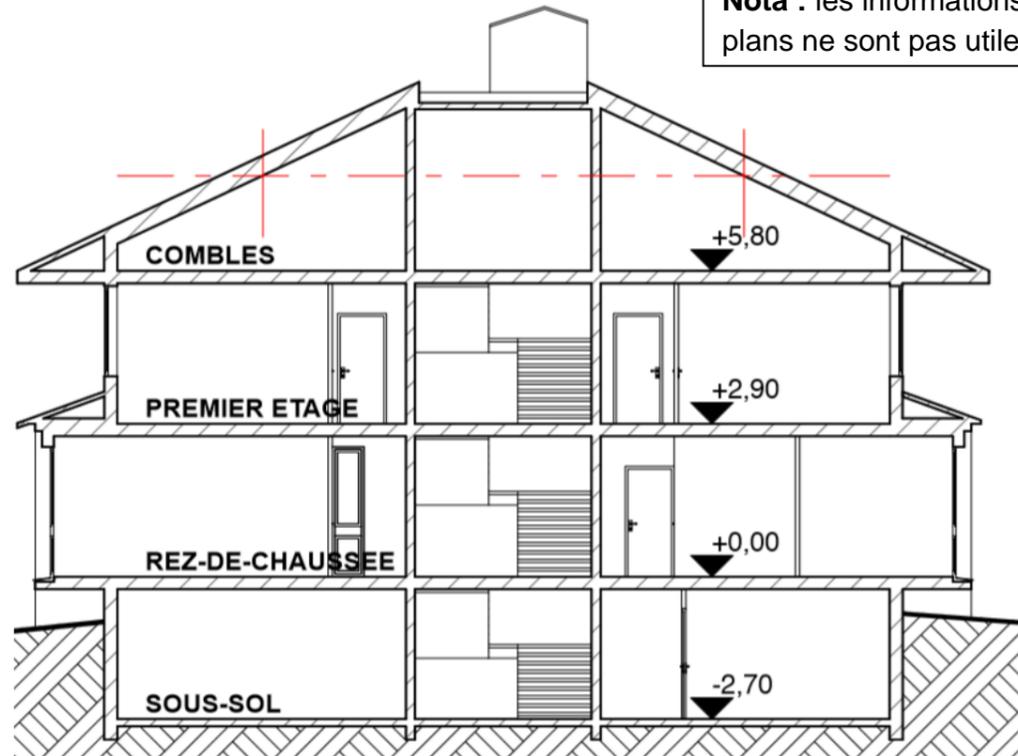
## **Plans**

Vous trouverez, dans les pages suivantes, les plans :

- coupe de principe (état actuel et état projeté) ;
- plan de masse/couverture ;
- plan de charpente et GO ;
- façades ;
- plans des étages ;
- plans de détails.

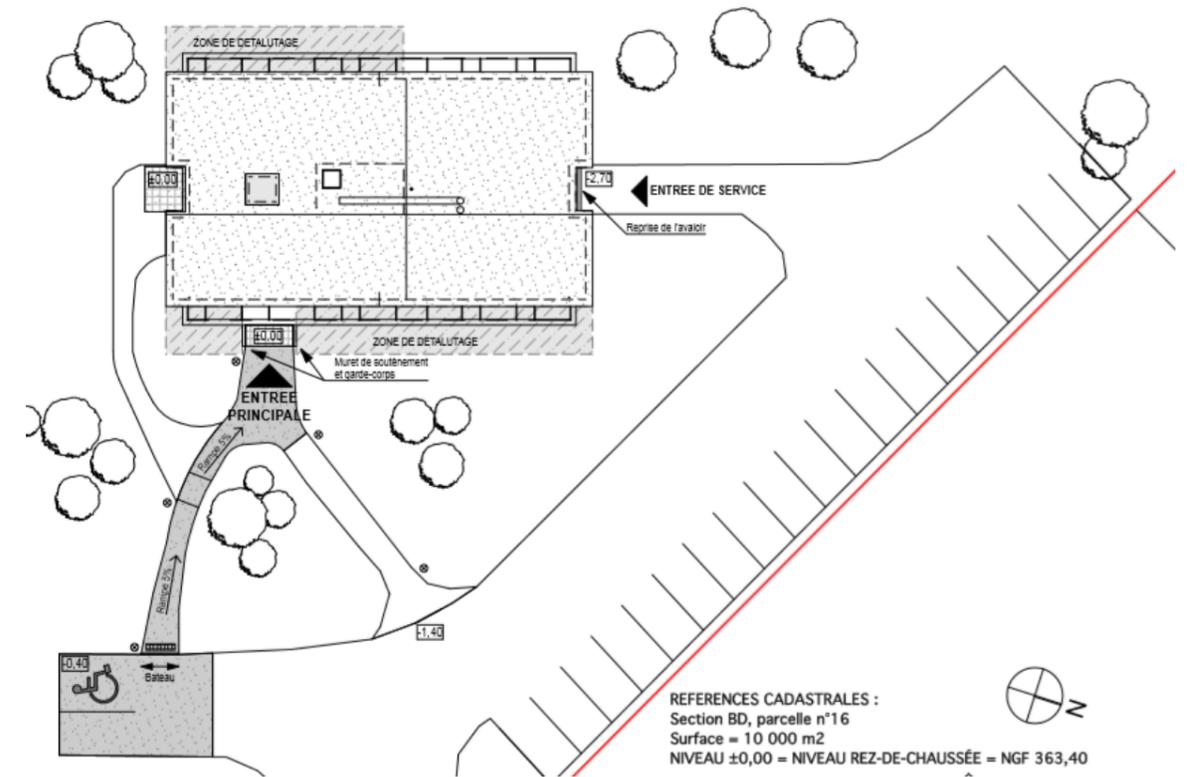
BTS ÉTUDES ET ÉCONOMIE DE LA CONSTRUCTION		SESSION 2021
ECETUTC	U51 : Études Techniques	Page 3/19

COUPE DE PRINCIPE (état actuel)

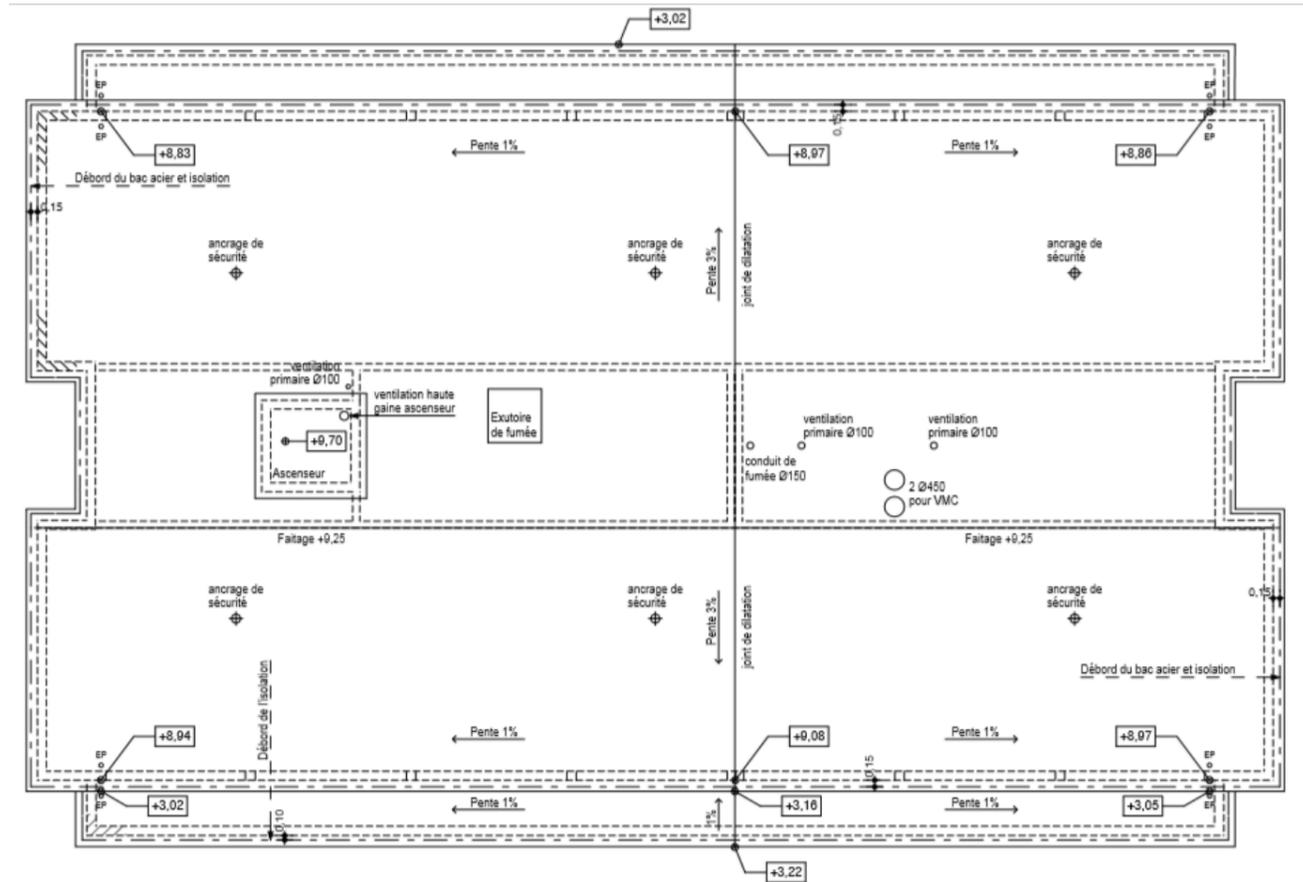
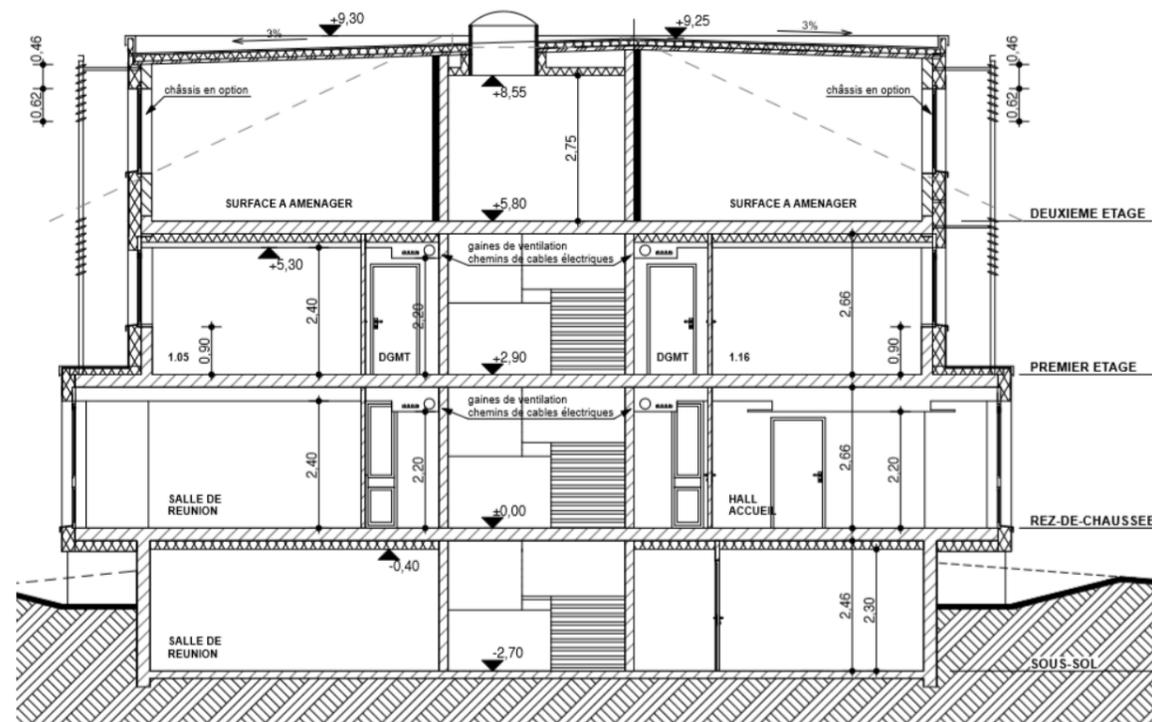


Nota : les informations non lisibles sur les plans ne sont pas utiles au sujet.

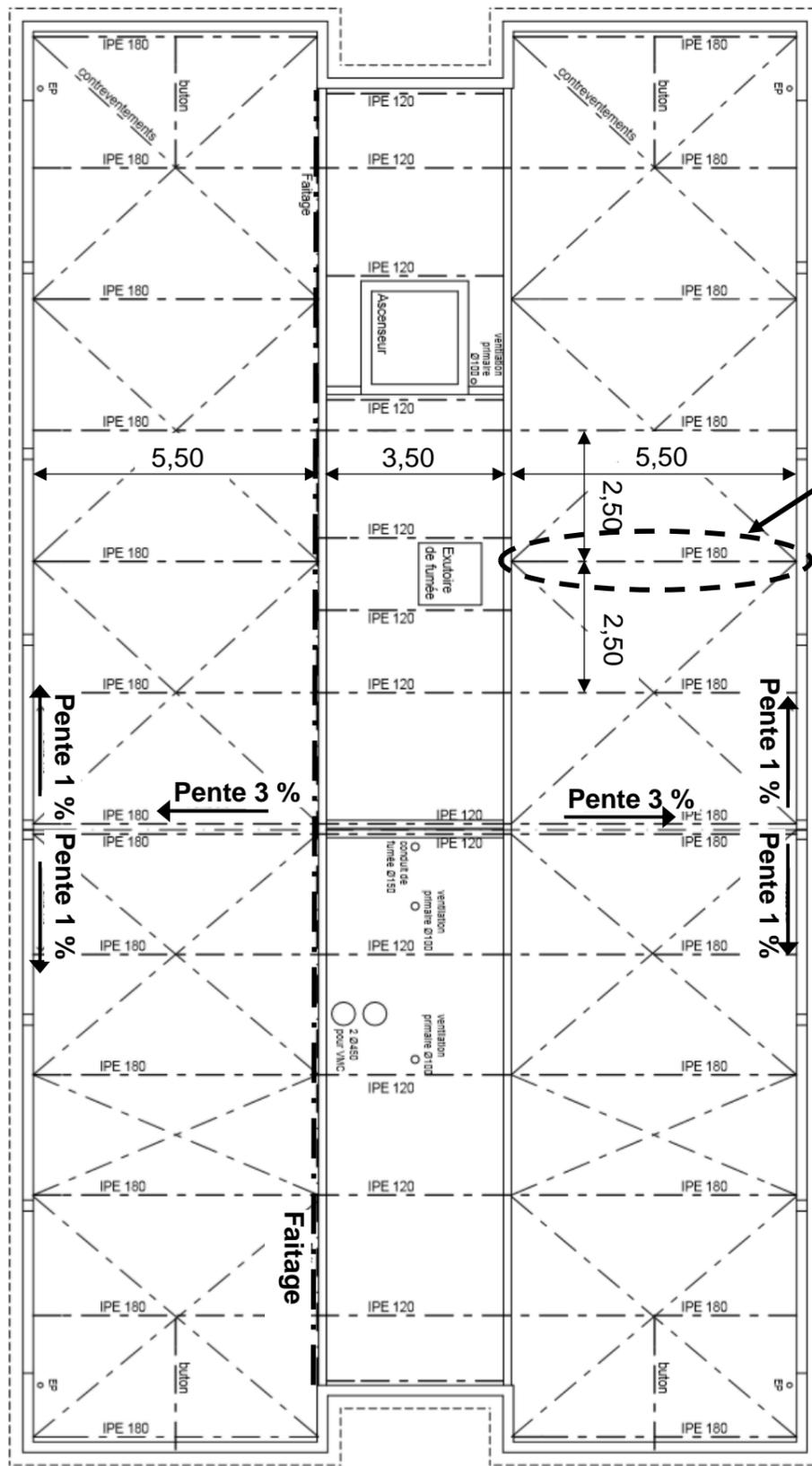
PLAN DE MASSE / COUVERTURE (état projeté)



COUPE DE PRINCIPE (état projeté)

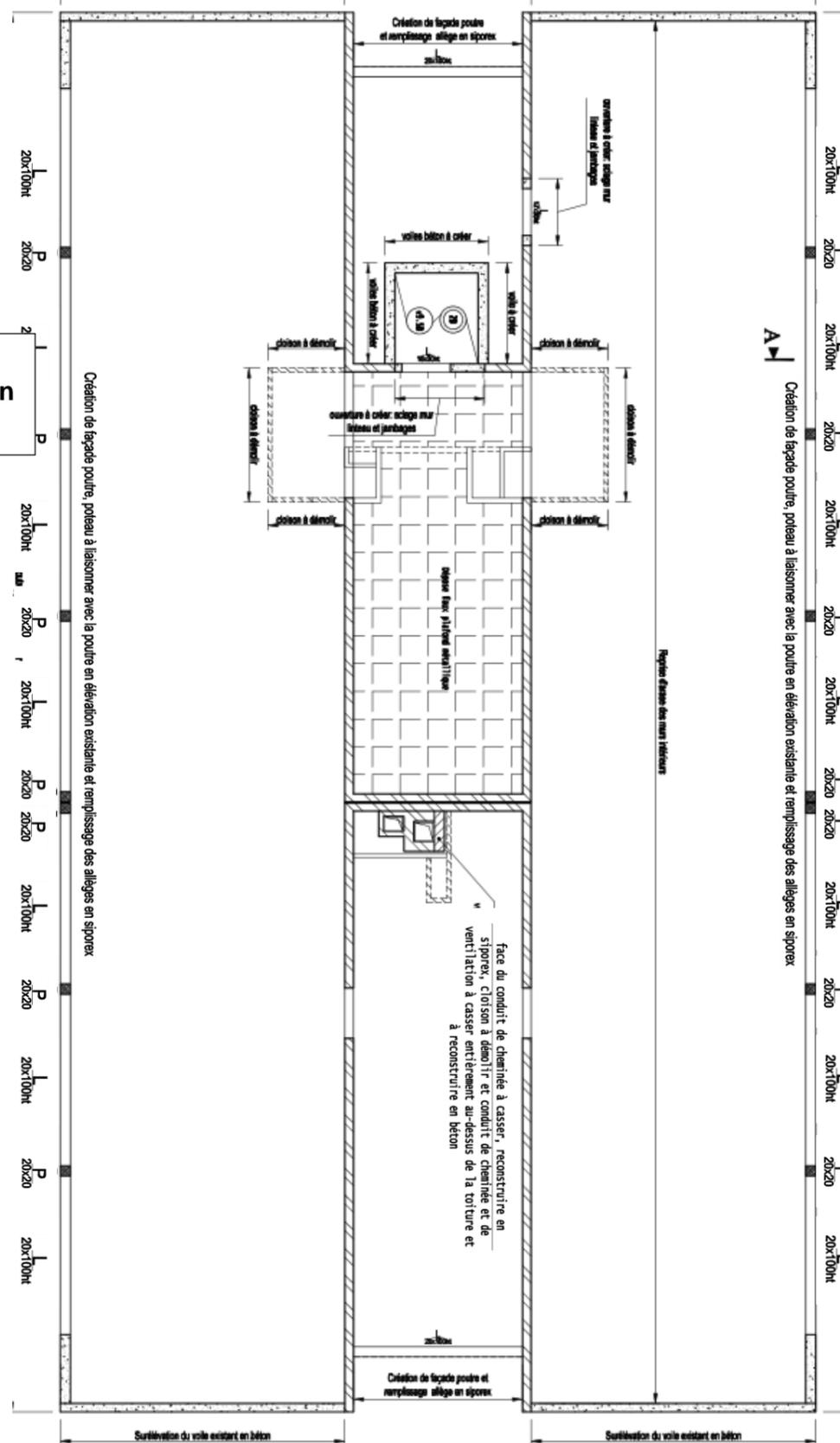


**PLAN DE PRINCIPE DE CHARPENTE**

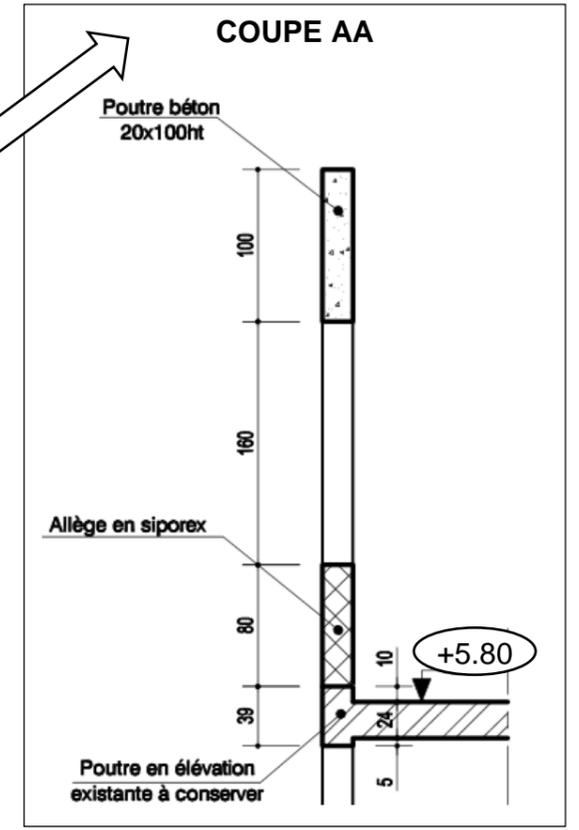


**Panne étudiée en partie A**

**PLAN GROS ŒUVRE niveau R+2**

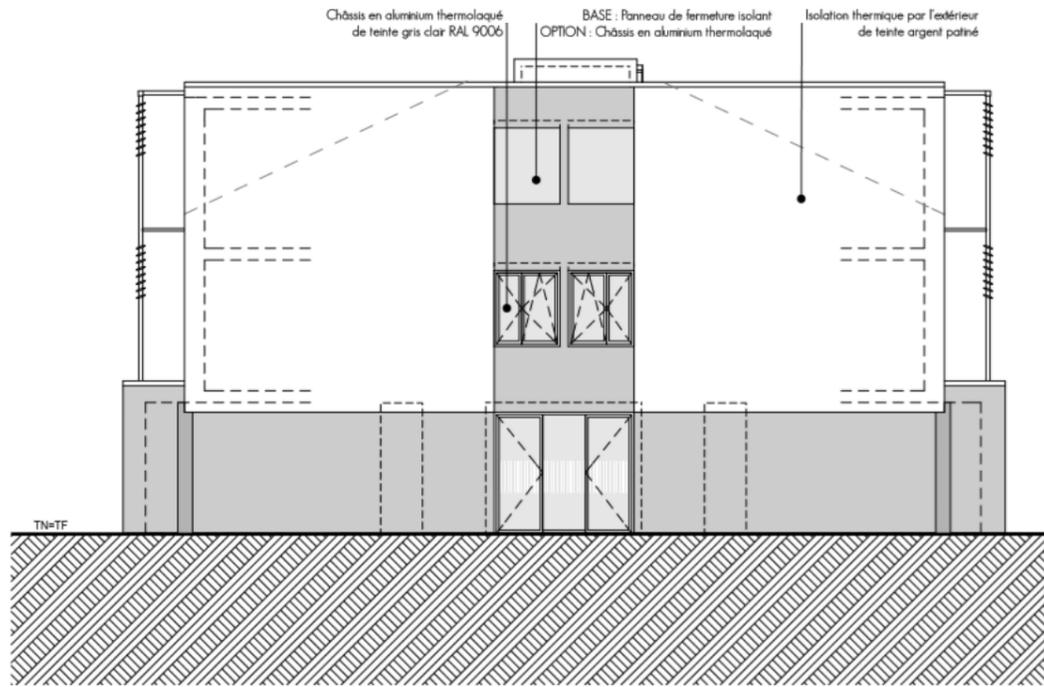


**Nota :** les informations non lisibles sur les plans ne sont pas utiles au sujet.



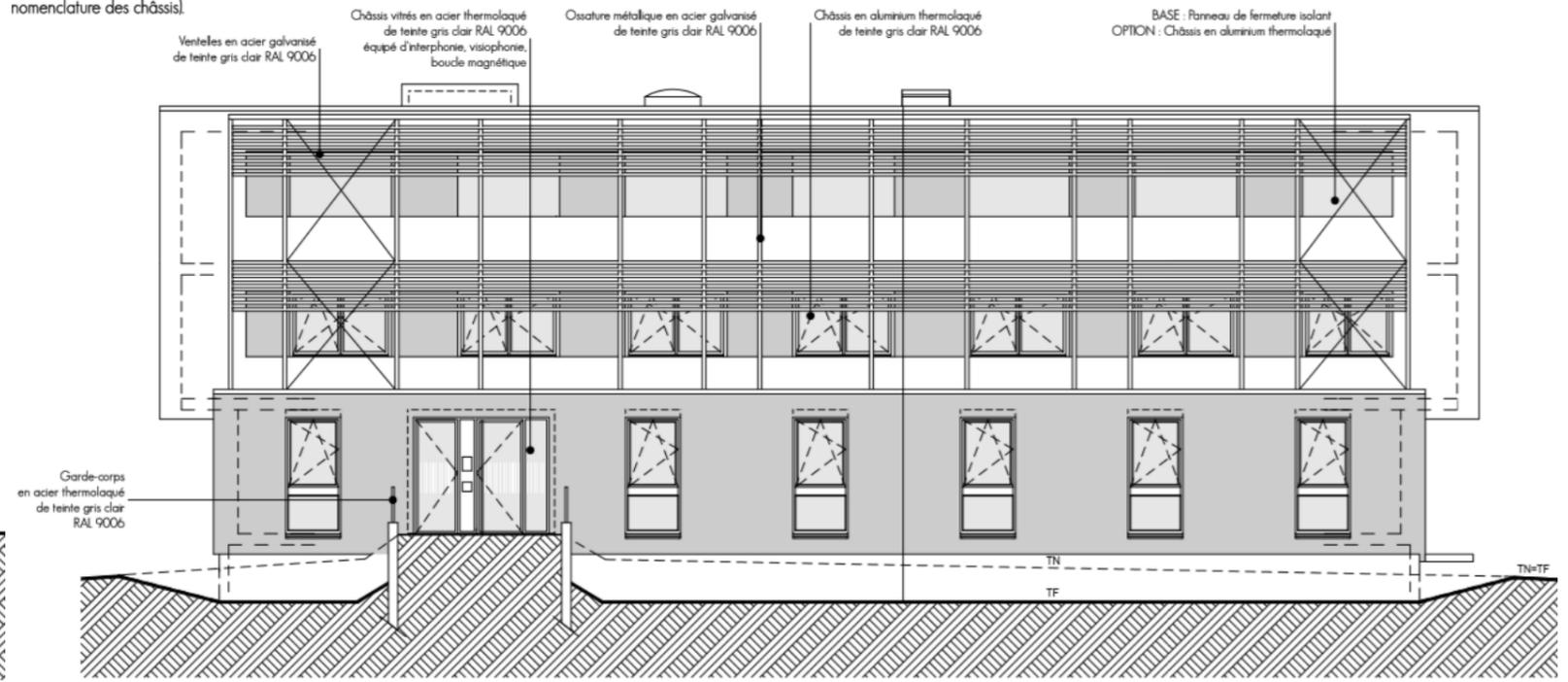
**ÉCHELLE NON DÉFINIE**

# FAÇADES

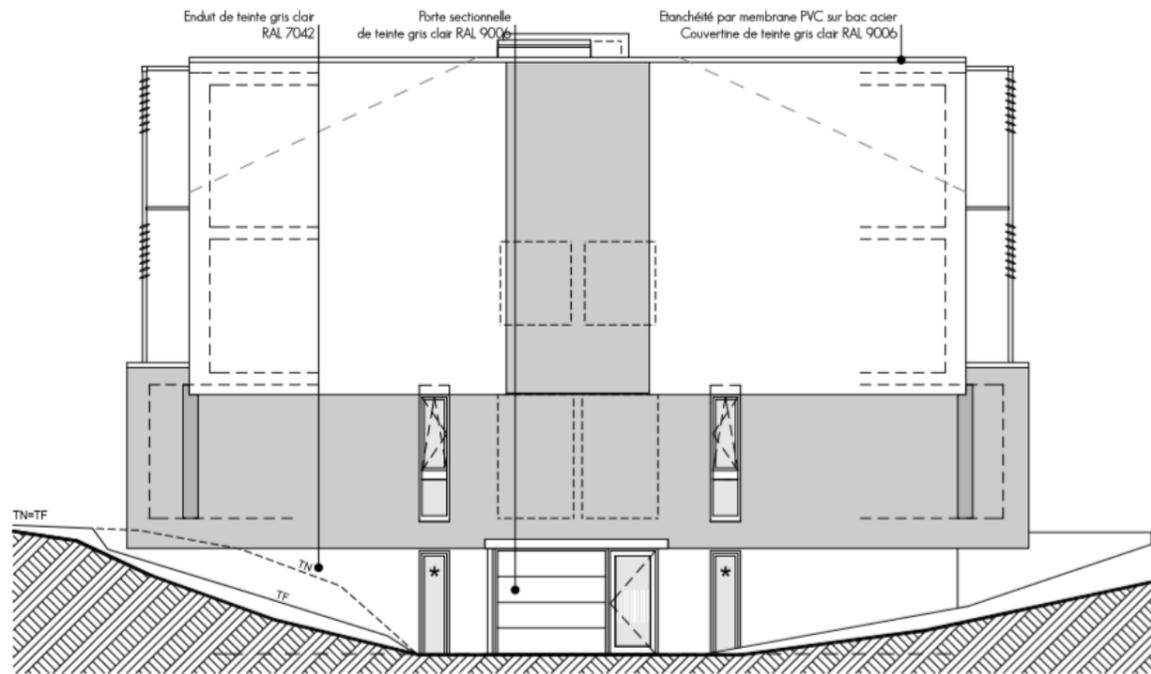


FAÇADE SUD

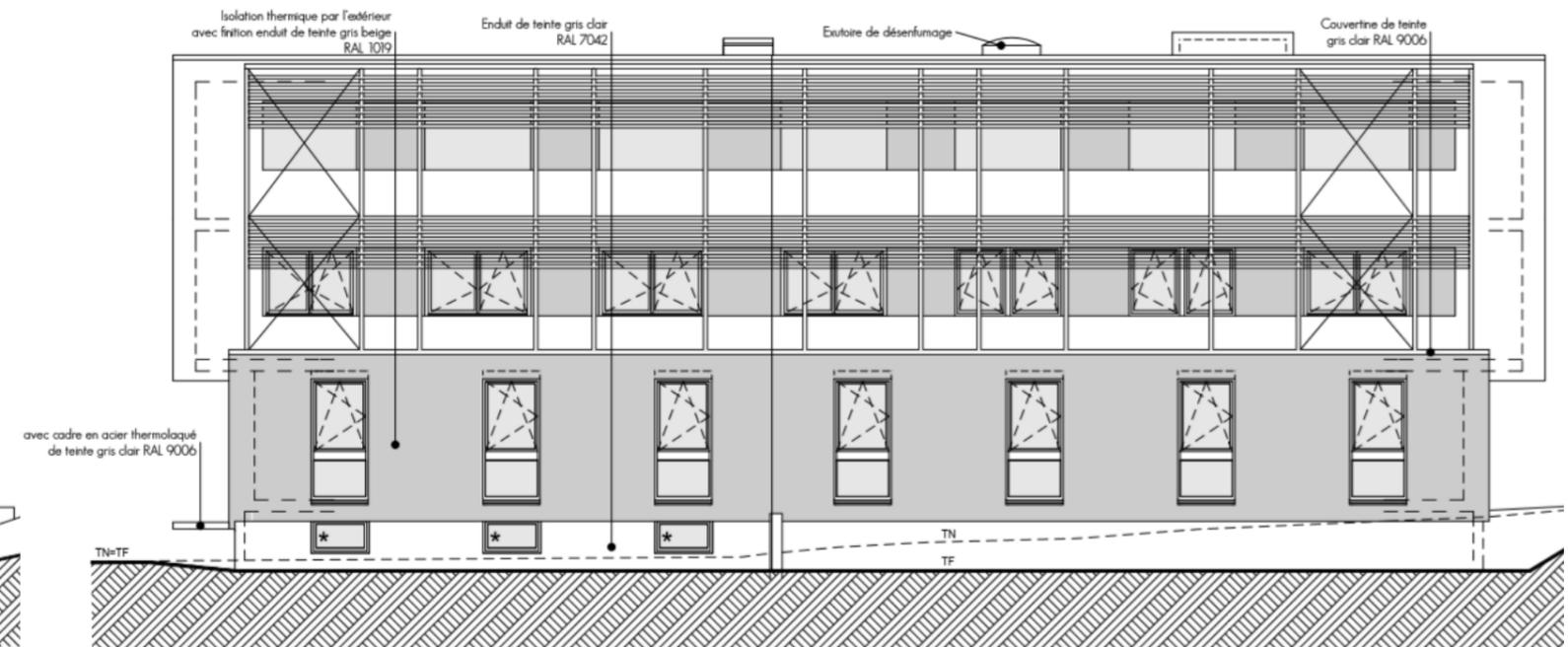
## nomenclature des châssis



FAÇADE EST (ENTRÉE)



FAÇADE NORD

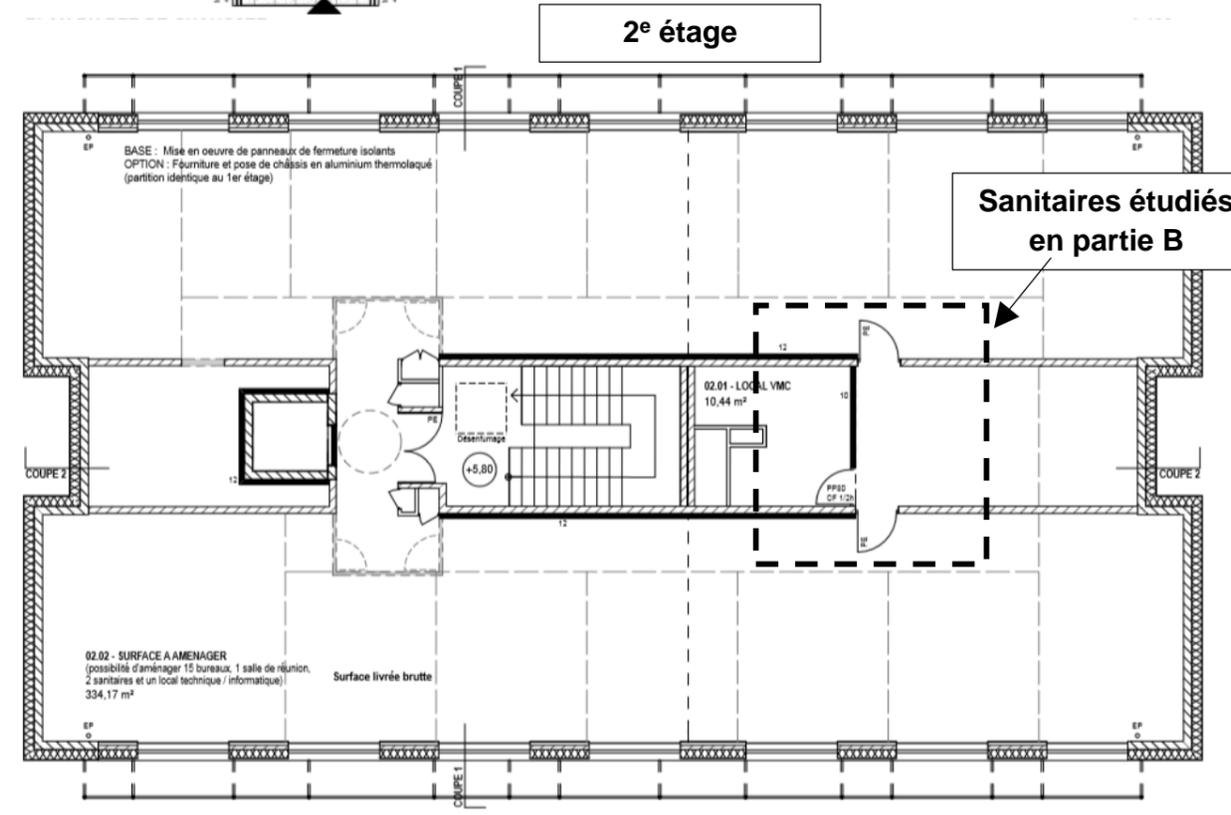
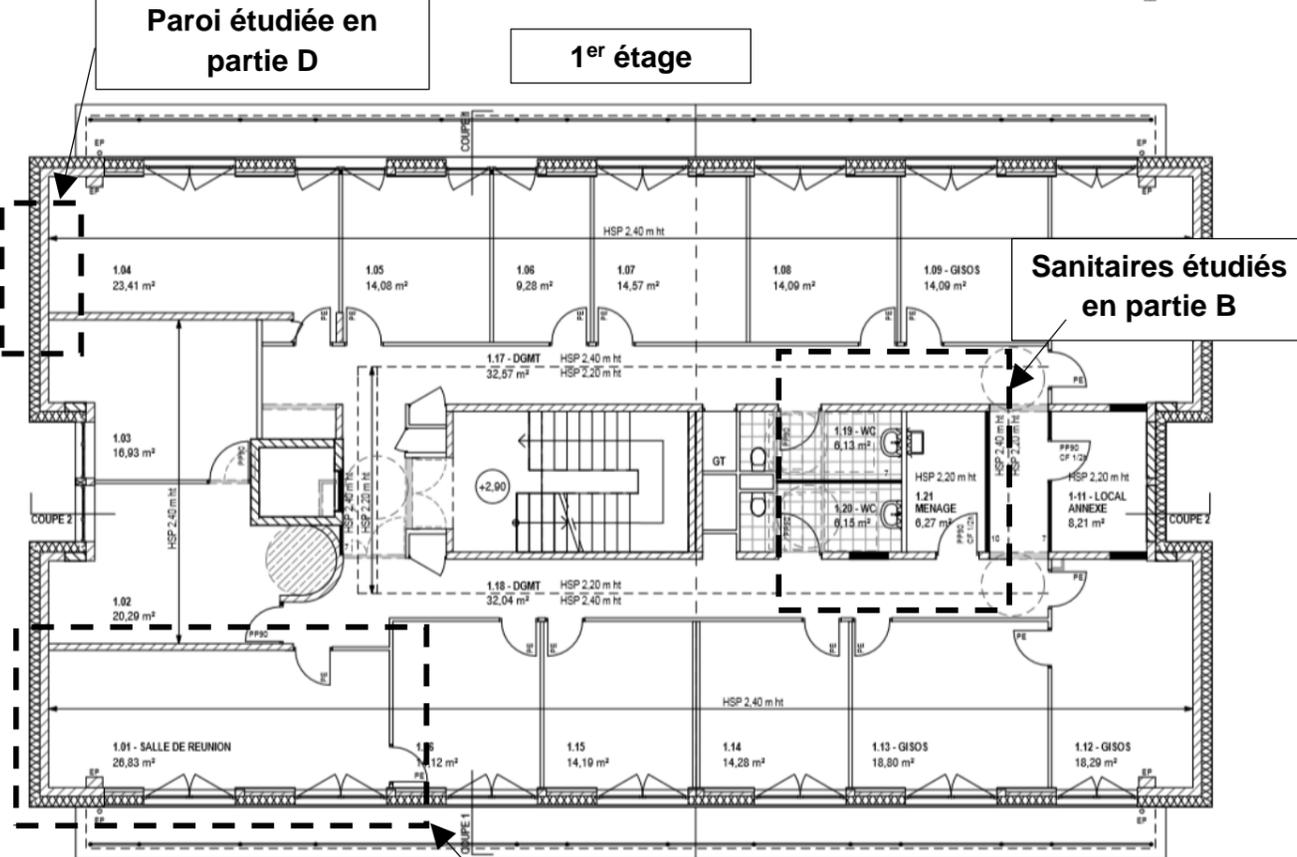
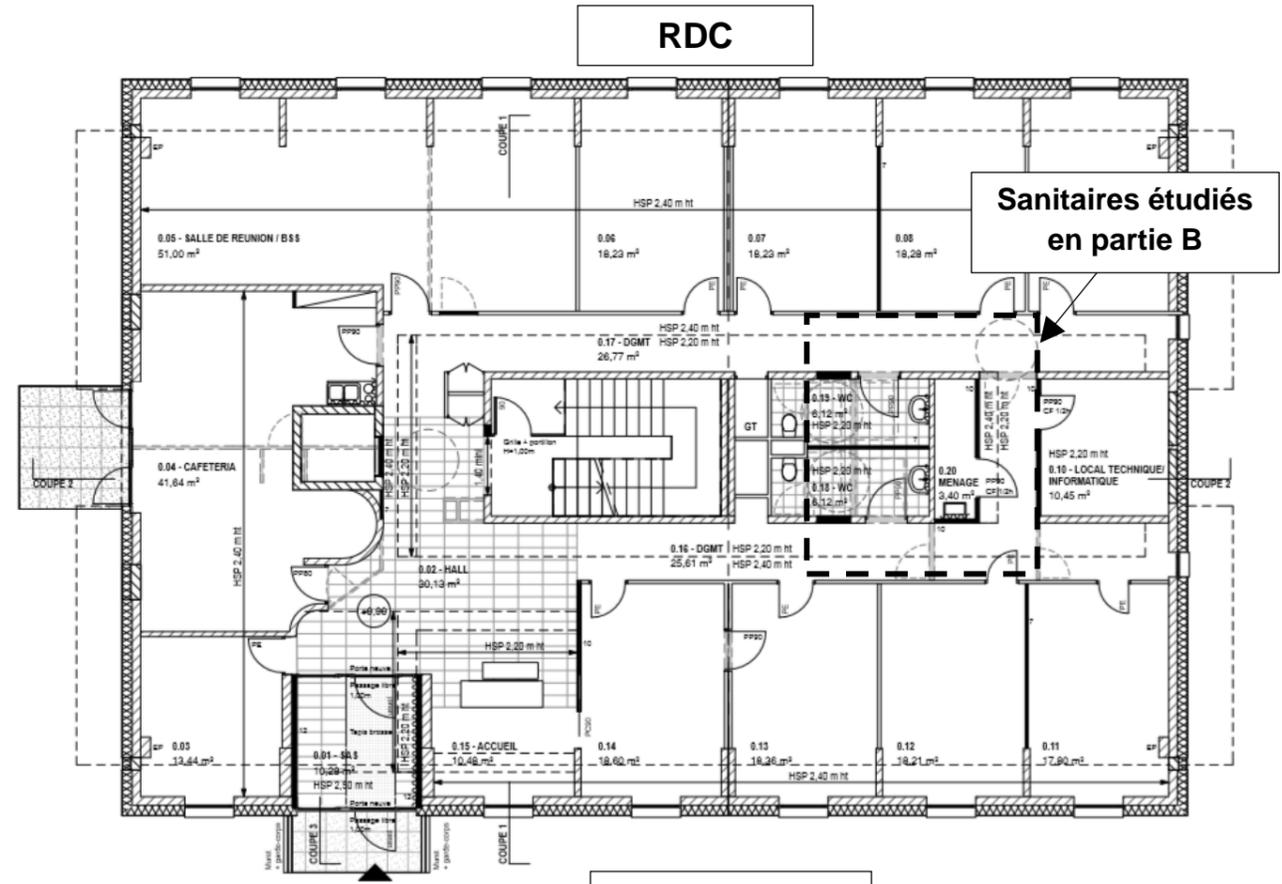
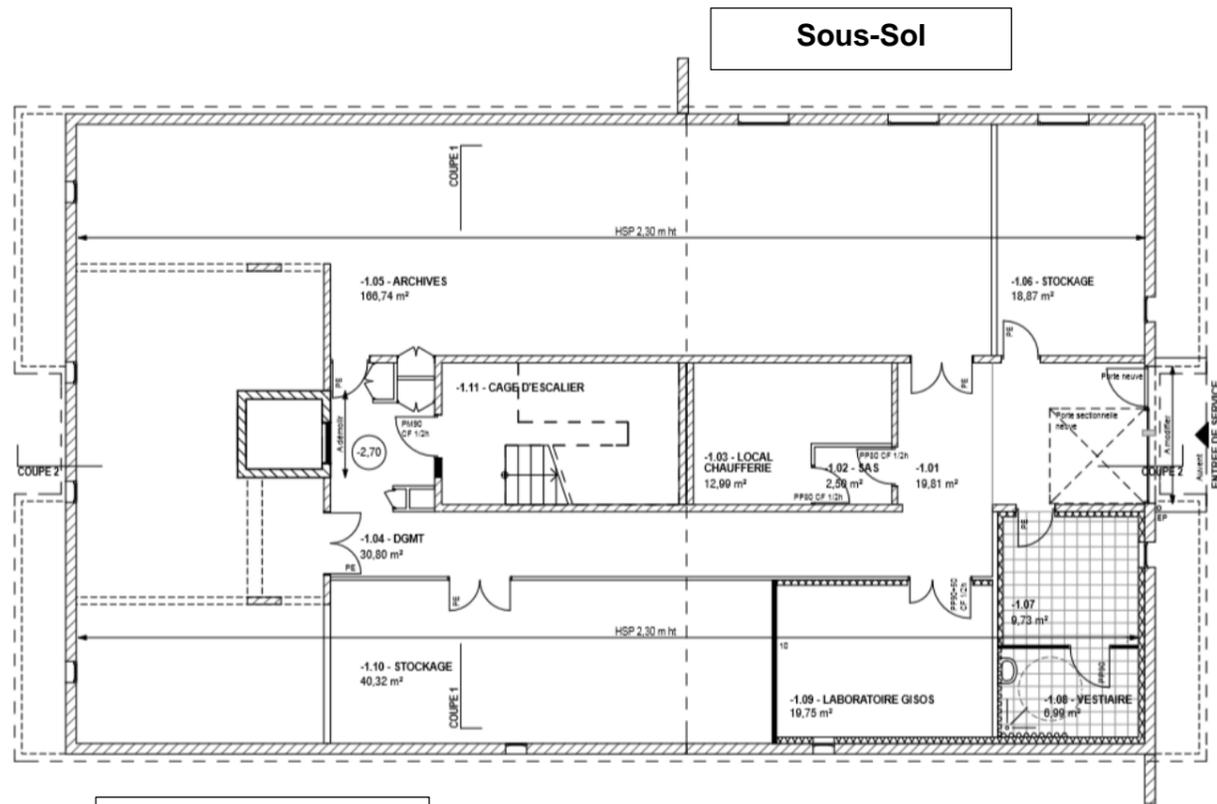


FAÇADE OUEST

**Nota :** les informations non lisibles sur les plans ne sont pas utiles au sujet.

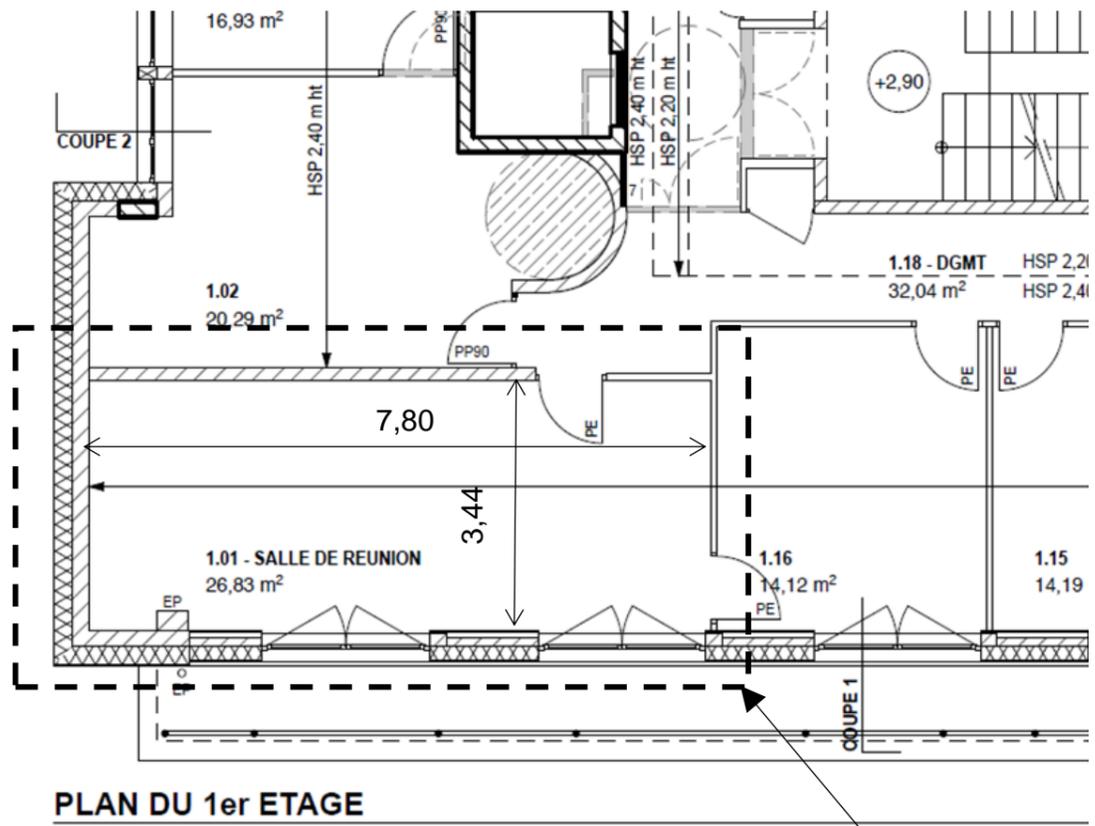
ÉCHELLE NON DÉFINIE

# PLAN DES ÉTAGES



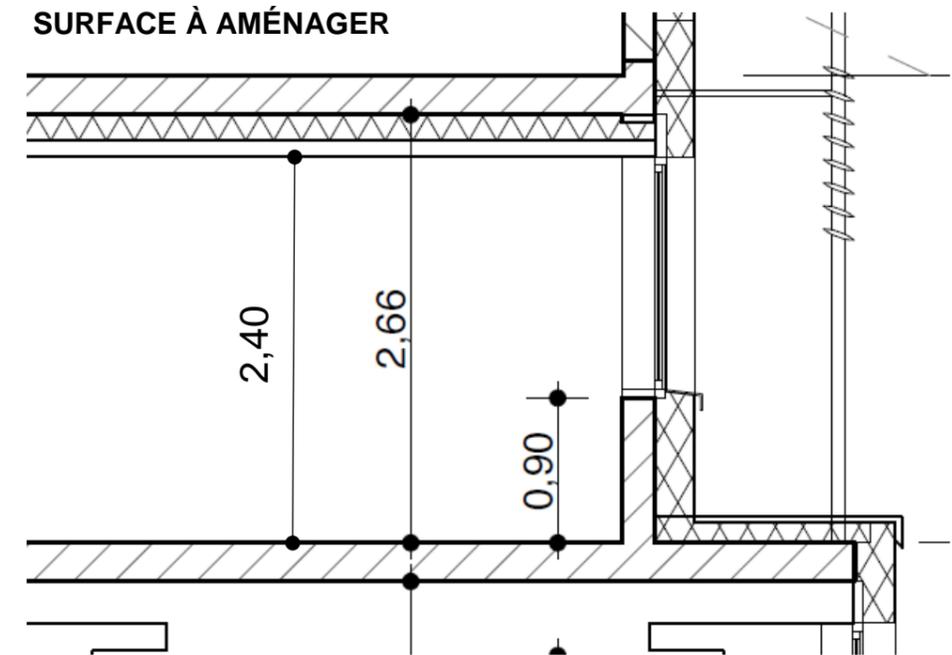
ÉCHELLE NON DÉFINIE

PLANS DE DÉTAILS



Salle de réunion  
étudiée en partie C

Coupe verticale au niveau de la salle de réunion étudiée en partie C



ÉCHELLE NON DÉFINIE

## Partie A - ÉTUDE MÉCANIQUE D'UNE PANNE

Cette étude consiste à faire la vérification de la panne IPE 180 repérée sur le plan de charpente page 5.

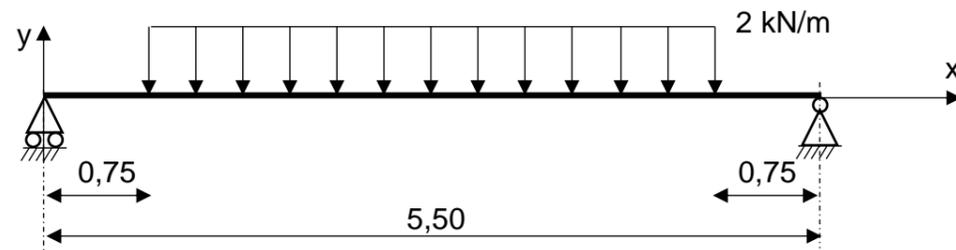
Dans un premier temps, nous évaluerons les charges variables (A1 : entretien et A2 : neige) puis étudierons l'IPE 180 sous l'effet de la charge variable  $q$  la plus grande et les charges permanentes  $g$ .

### A.1. Charge variable d'entretien

L'Eurocode 1 nous indique qu'il faut prendre en compte une charge d'entretien égale à  $0,8 \text{ kN/m}^2$  sur la couverture, sur une surface limitée à  $10 \text{ m}^2$  (correspondant à l'étalement des outils et matériaux nécessaires à la réfection de l'étanchéité par un ouvrier).

**A.1.1.** Quelle serait cette surface de  $10 \text{ m}^2$  à charger pour solliciter le plus la panne étudiée IPE 180 ? Afin de répondre à cette question sur le document réponse 1, coloriez et cotez ces  $10 \text{ m}^2$ .

**A.1.2.** Sous l'action de la seule charge d'entretien non pondérée, le schéma mécanique retenu pour l'étude de la panne IPE 180 est donné ci-dessous.



Tracez sur le document réponse DR1 les courbes de  $V(x)$  et de  $M_f(x)$ , respectivement l'effort tranchant et le moment fléchissant dans l'IPE en précisant les valeurs particulières. En déduire la valeur  $M_e$  du moment fléchissant maximum dû à la charge d'entretien.

### A.2. Charge variable de neige

D'après la localisation du site, l'altitude et la forme de la couverture, la charge de neige surfacique est égale à  $0,52 \text{ kN/m}^2$ , selon l'Eurocode 1 (Actions sur les structures).

Dans le cas de la couverture étudiée, il y a lieu de prendre en compte, en plus, une majoration de  $0,2 \text{ kN/m}^2$  de cette charge le long de la noue, sur une largeur de  $2,00$  mètres.

Nota : cette majoration prend en compte la densification de la neige en cas de pluie et un écoulement des eaux rendu difficile par une pente faible de noue. Ici, la pente de la noue le long de l'acrotère est de  $1 \%$ .

**A.2.1.** Sur votre copie, faites le modèle mécanique de la panne IPE 180 sous l'action de la neige seule en indiquant et en expliquant les valeurs des charges linéiques à prendre en compte pour l'étude.

Pour la suite, on retiendra la valeur suivante pour  $M_s$ , moment fléchissant non pondéré maximum sous l'effet de la neige :  $M_s = 5,4 \text{ kN}\cdot\text{m}$ .

### A.2.2. Bilan

D'après ce qui précède, quelle est, de l'entretien ou de la neige, la charge variable  $q$  la plus défavorable à prendre en compte pour l'étude de la panne IPE 180 ?

On note  $M_q$ , le moment fléchissant correspondant à cette charge variable  $q$ .

### A.3. Charge permanente due aux poids propres des éléments

On ne considère ici que les charges permanentes dues aux poids propres des différents éléments constitutifs de la toiture.

**A.3.1.** En vous aidant de l'extrait du catalogue de profilés fourni, donnez la charge linéique non pondérée due au poids propre du profilé IPE 180 exprimée en daN/m.

**A.3.2.** Le profilé IPE supporte le complexe d'étanchéité autoprotégée (bac acier + isolant + étanchéité) ainsi que le faux plafond. La totalité de ces charges surfaciques est prise égale à  $72,5 \text{ daN/m}^2$ .

Calculez la charge permanente linéique (poids propre du profilé + complexe d'étanchéité + faux plafond) non pondérée  $g$ , en  $\text{kN/m}$ , appliquée sur la panne IPE 180.

On retiendra pour la suite  $g = 2 \text{ kN/m}$ .

**A.3.3.** Calculez le moment fléchissant maximum  $M_g$  non pondéré dû à cette charge permanente linéique.

### A.4. Vérification de la panne IPE 180 en flexion à l'ELU

La limite d'élasticité de l'acier employé est  $f_y = 235 \text{ MPa}$  et son module d'élasticité  $E = 210\,000 \text{ MPa}$ .

La combinaison d'actions à considérer est  $1,35 g + 1,5 q$ .

La classe de l'IPE 180 en flexion est la classe 1.

**A.4.1.** Calculez le moment fléchissant maximum  $M_{Ed}$  à prendre en compte dans la justification de la panne à l'ELU en appliquant le principe de superposition.

**A.4.2.** En adoptant la valeur  $M_{Ed} = 20,7 \text{ kN}\cdot\text{m}$ , vérifiez que la panne respecte bien le critère de résistance.

### A.5. Vérification de la panne IPE 180 en déformation à l'ELS

La combinaison d'actions à considérer est  $g + q$ .

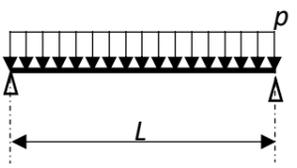
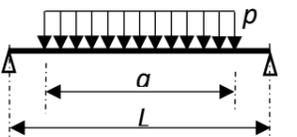
**A.5.1.** Calculez la flèche  $f_g$  de la panne due aux charges permanentes.

**A.5.2.** Calculez la flèche  $f_q$  de la panne due aux charges variables.

**A.5.3.** En déduire la flèche totale de la poutre sous l'action de  $g$  et  $q$  et vérifiez qu'elle reste conforme à la limite imposée par les Eurocodes.

# RESSOURCES POUR L'ÉTUDE MÉCANIQUE

## Formulaire de mécanique

Cas de charges	Réactions aux appuis	Moment maximum	Flèche à L/2
	$\frac{pL}{2}$	$\frac{pL^2}{8}$	$f = \frac{5pL^4}{384EI}$
	$\frac{pa}{2}$	$\frac{pa}{8}(2L - a)$	$f = \frac{pa}{384EI}(8L^3 - 4a^2L + a^3)$

### NF P06-111-2 (juin 2004) : Eurocode 1 - Actions sur les structures - Partie 1-1 : Actions générales - Poids volumiques, poids propres, charges d'exploitation des bâtiments

Les charges d'exploitation que sont les charges d'entretien ne sont pas prises en compte simultanément avec les charges de neige ou les actions du vent.

Charge d'entretien à considérer pour les toitures de catégorie H (toitures inaccessibles sauf pour entretien et réparations) :

Type de la toiture	q <sub>k</sub> (kN/m <sup>2</sup> )
Toiture de pente inférieure à 15 % recevant une étanchéité	0,80
Autres toitures	0

La charge répartie d'entretien q<sub>k</sub> couvre une aire rectangulaire de 10 m<sup>2</sup>, dont la forme et la localisation sont à choisir de la façon la plus défavorable pour la vérification à effectuer (sans toutefois que le rapport entre longueur et largeur dépasse la valeur 2).

### NF EN 1993-1-1 (octobre 2005) : Eurocode 3 - Calcul des structures en acier - Partie 1-1 : Règles générales et règles pour les bâtiments

## 6 États limites ultimes

### 6.2. Résistance des sections transversales

#### 6.2.5. Moment fléchissant

La valeur de calcul M<sub>Ed</sub> du moment fléchissant dans chaque section transversale doit satisfaire :

$$\frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1,0$$

où M<sub>c,Rd</sub>, valeur de calcul de la résistance prend une des valeurs suivantes :

$$M_{c,Rd} = M_{pl,Rd} = \frac{W_{pl} f_y}{\gamma_{M0}} \quad \text{pour les sections transversales de Classe 1 ou 2} \quad \dots (6.13)$$

$$M_{c,Rd} = M_{el,Rd} = \frac{W_{el,min} f_y}{\gamma_{M0}} \quad \text{pour les sections transversales de Classe 3} \quad \dots (6.14)$$

La valeur numérique du coefficient partiels γ<sub>M0</sub> recommandée pour les bâtiments est γ<sub>M0</sub> = 1,00.

### Clause 7.2.1(1) B

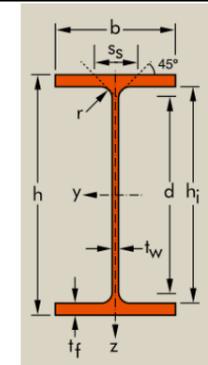
Valeurs limites recommandées pour les flèches verticales (L représente la portée de l'élément considéré)

Conditions	Limites
	w <sub>max</sub>
Toitures en général <sup>a)</sup>	L/200
Toitures supportant fréquemment du personnel autre que le personnel d'entretien	L/200
Planchers en général <sup>b)</sup>	L/200
Planchers et toitures supportant des cloisons en plâtre ou en autres matériaux fragiles ou rigides ou des revêtements fragiles	L/250
Planchers supportant des poteaux (à moins que la flèche ait été incluse dans l'analyse globale de l'état limite ultime) <sup>c)</sup>	L/400
Cas où w <sub>max</sub> peut nuire à l'aspect du bâtiment	L/250

On entend par toitures en général, les toitures non accessibles aux usagers. Ces toitures supportent uniquement le passage des personnes chargées de l'entretien.

## Caractéristiques des profilés en I à ailes parallèles

Désignation	Dimensions					
	G kg/m	h mm	b mm	t <sub>w</sub> mm	t <sub>f</sub> mm	r mm
IPE 120	10,4	120	64	4,4	6,3	7
IPE 180	18,8	180	91	5,3	8,0	9



Désignation Designation Bezeichnung	Valeurs statiques / Section properties / Statische Kennwerte													Classification EN 1993-1-1: 2005					
	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 kg/m	I <sub>y</sub> mm <sup>4</sup> x10 <sup>4</sup>	W <sub>el,y</sub> mm <sup>3</sup> x10 <sup>3</sup>	W <sub>pl,y</sub> ♦ mm <sup>3</sup> x10 <sup>3</sup>	i <sub>y</sub> mm x10	A <sub>z</sub> mm <sup>2</sup> x10 <sup>2</sup>	I <sub>z</sub> mm <sup>4</sup> x10 <sup>4</sup>	W <sub>el,z</sub> mm <sup>3</sup> x10 <sup>3</sup>	W <sub>pl,z</sub> ♦ mm <sup>3</sup> x10 <sup>3</sup>	i <sub>z</sub> mm x10	s <sub>s</sub> mm	I <sub>t</sub> mm <sup>4</sup> x10 <sup>4</sup>	I <sub>w</sub> mm <sup>6</sup> x10 <sup>9</sup>	S235	S355	S460	S235	S355	S460
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	1	1
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

## Partie B - ALIMENTATIONS EN EAU FROIDE ET EAU CHAUDE DE LA ZONE ÉTUDIÉE

On vous propose d'étudier les canalisations d'alimentation en cuivre de la zone repérée sur les plans d'étages, à partir du piquage en faux plafond du sous-sol.

La vitesse de circulation de l'eau dans la colonne montante sera limitée à 1,5 m/s.

### B.1. Schéma des alimentations

Sur le document réponse DR2, représentez respectivement en bleu et en rouge les réseaux d'alimentation en eau froide (EF) et en eau chaude (EC) à créer (hors WC existants).

Vous utiliserez les symboles normalisés dont l'exemple est donné pour l'alimentation des WC sur le même document ainsi que les indications du descriptif sommaire.

Vous commenterez vos choix dans le tableau du DR2 (type de matériau / cheminement en plinthe, cheminement en faux plafond...) pour le RDC et le R+1 (cases vides et cases partiellement remplies du tableau).

### B.2. Dimensionnement du diamètre du tuyau d'alimentation EF de la colonne montante

**B.2.1.** Dimensionner le tuyau d'alimentation EF de la zone étudiée au niveau du piquage en sous-sol sur la canalisation existante.

**B.2.2.** Choisir un tuyau dans la gamme proposée.

## RESSOURCES POUR L'ÉTUDE PLOMBERIE

### Gamme de tuyaux en cuivre pour l'alimentation en eau potable

14 diamètres de tuyaux en cuivre sont normalisés AFNOR. Ils sont commercialisés en 3 états :

- **dur (R 290)** : Cu écroui en barres de 4 ou 5 mètres. 14 diamètres certifiés NF : 8-1 / 10-1 / 12-1 / 14-1 / 15-1 / 16-1 / 18-1 / 22-1 / 25-1 / 28-1 / 35-1 / 40-1 / 42-1 / 54-1 ;
- **semi-dur (R 250)** : Cu écroui en barres de 4 ou 5 mètres. 7 diamètres certifiés NF : 10-1 / 12-1 / 14-1 / 15-1 / 16-1 / 18-1 / 22-1 ;
- **recuit (R 220)** : Cu en rouleaux de 25,35 ou 50 mètres. 7 diamètres certifiés NF : 10-1 / 12-1 / 14-1 / 15-1 / 16-1 / 18-1 / 22-1.

Nota : « 14-1 » signifie diamètre extérieur de 14 mm et épaisseur de 1 mm.

**NF DTU 60.11 P1-1 (août 2013) : Travaux de bâtiment - Règles de calcul des installations de plomberie sanitaire et d'eaux pluviales - Partie 1-1 : Réseaux d'alimentation d'eau froide et d'eau chaude sanitaire (Indice de classement : P40-202-1-1)**

#### 3.2.1.1. Généralités

Les diamètres des tuyauteries d'alimentation sont choisis en fonction du débit qu'elles ont à assurer aux différents points d'utilisation, de leur longueur, de la hauteur de distribution et de la pression minimale au sol dont on dispose.

Le tableau ci-contre indique les débits minimaux (en l/s) à prendre en considération pour le calcul des installations d'alimentation ainsi que les diamètres intérieurs minimum (en mm) des canalisations d'alimentation des appareils pris individuellement.

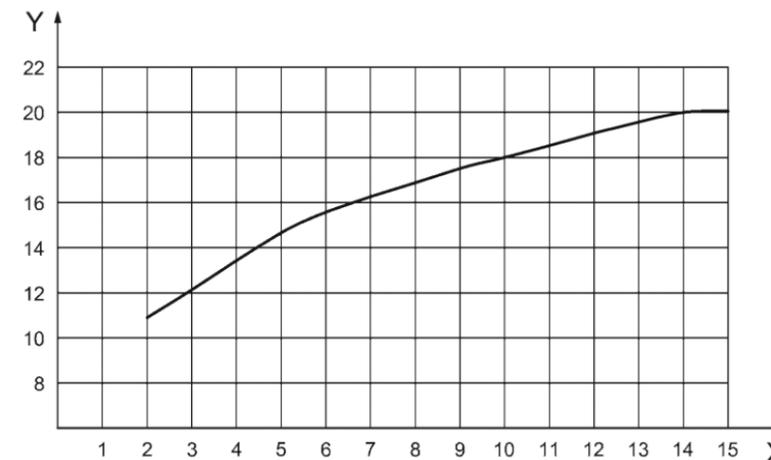
Désignation de l'appareil	Q <sub>min</sub> de calcul en l/s	Diamètres intérieurs minimum des canalisations d'alimentation (mm)
Évier	0,20	12
Lavabo	0,20	10
Bidet	0,20	10
Baignoire	0,33	13
Douche	0,20	12
Poste d'eau robinet ½	0,33	12
Poste d'eau robinet ¾	0,42	13
WC avec réservoir de chasse	0,12	10

#### 3.2.1.2. Installations individuelles

Chaque appareil individuel est affecté d'un coefficient suivant le tableau suivant. La somme des coefficients permet, avec le graphique ci-dessous, de déterminer le diamètre minimal d'alimentation du groupe d'appareils, à partir de deux appareils.

Lorsque le total des coefficients est supérieur à 15, il y a lieu de calculer selon les dispositions du 3.2.1.3. Installations collectives.

Appareils		Coefficients
WC (avec réservoir de chasse), lave mains, urinoir		0,5
Bidet, WC (à usage collectif), machine à laver le linge ou la vaisselle		1
Lavabo		1,5
Douche, poste d'eau		2
Évier		2,5
Baignoire	≤ 150 l de capacité	3
	> 150 l de capacité	3 + 0,1 par tranche de 10 litres supplémentaires



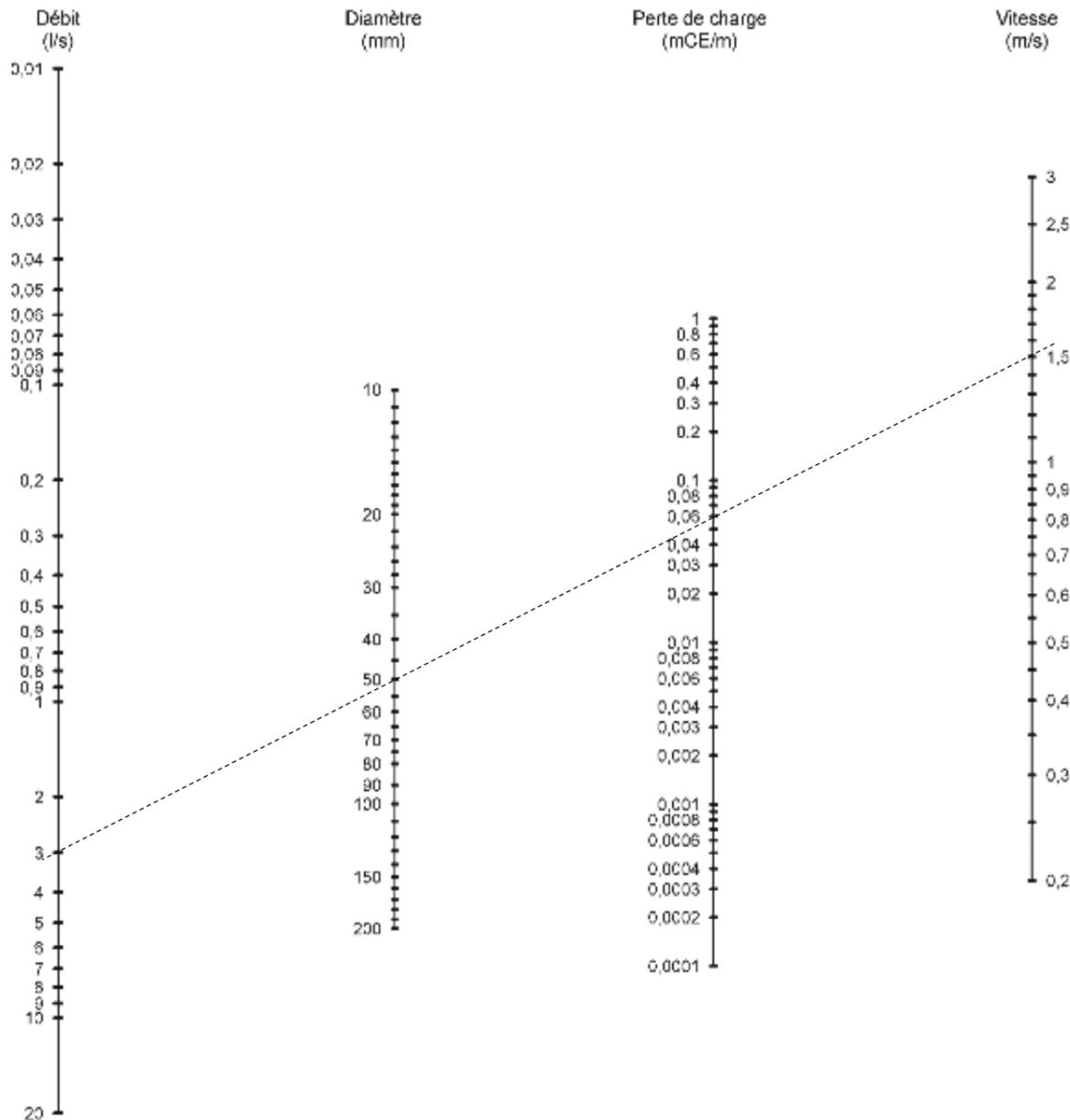
X : coefficient fonction du nombre d'appareils.

Y : diamètre intérieur minimum en mm.

### 3.2.1.3. Installations collectives

Pour toute installation collective ou pour une installation individuelle pour laquelle le total des coefficients définis au 3.2.1.2 est supérieur à 15, il est nécessaire de calculer ces diamètres selon la formule de Colebrook. L'abaque ci-dessous permet de calculer graphiquement ces valeurs.

Dimensionnement des alimentations EF – installations collectives



**Exemple d'utilisation :** Vitesse limitée à 1,5 m/s dans la colonne montante, débit = 3 l/s, on en déduit un diamètre de 50 mm intérieur.

### 3.2.2 Hypothèses de simultanéité pour le calcul des débits d'alimentation des parties collectives

Le débit servant de base au calcul du diamètre d'une canalisation est obtenu en multipliant la somme des débits des appareils (indiqués au tableau de la page 11) par le coefficient de simultanéité  $y$  donné par la formule ci-dessous, en fonction du nombre  $x$  d'appareils.

$$y = \frac{0,8}{\sqrt{(x - 1)}}$$

## Partie C - ÉTUDE ACOUSTIQUE DE LA SALLE DE RÉUNION

Cette étude consiste au choix du faux plafond acoustique de la salle de réunion du 1<sup>er</sup> étage.

On se propose d'étudier la correction acoustique.

Exigence du maître d'ouvrage pour cette salle : niveau « très performant ».

L'enveloppe de la salle de réunion comprend les matériaux suivants :

- sols : revêtement plastique vinylique ;
- murs : doublage en plaques de plâtre peintes ;
- menuiseries extérieures en aluminium thermolaqué de 180 x 155 cm ;
- portes intérieures : portes pleines isoplanes prépeintes de 90 x 204 cm ;
- plafond démontable, dalles de 60 x 60 cm.

### C.1. Temps de réverbération à respecter

À partir des documents donnés en annexe, donnez l'intervalle de valeur du temps de réverbération à respecter pour cette salle de réunion. Complétez le document réponse DR3.

### C.2. Calcul du temps de réverbération

**C.2.1.** En fonction des éléments donnés dans le descriptif, choisissez un modèle de faux plafond parmi ceux proposés dans la documentation technique et reportez les valeurs de ses coefficients  $\alpha_w$  pour les fréquences de 500 Hz, 1000 Hz et 2000 Hz dans le tableau du DR3.

**C.2.2.** En vous aidant des différents éléments et documentations, complétez le tableau du document réponse DR3 et calculez le temps de réverbération moyen de la salle de réunion pour les intervalles centrés sur 500 Hz, 1000 Hz et 2000 Hz.

### C.3. Vérification

En fonction de la valeur trouvée du temps de réverbération, indiquez si le niveau d'exigence attendu est atteint. Complétez le document réponse DR3.

## RESSOURCES POUR L'ÉTUDE ACOUSTIQUE

### Calcul du temps de réverbération :

$$\text{Formule de Sabine : } T_r = 0,16 \cdot \frac{V}{A}$$

avec  $V$  = volume du local ( $m^3$ )  
 $A$  = aire d'absorption des parois du local ( $m^2$ )  
 $A = \sum \alpha_i \cdot S_i$   
 et  $\alpha$  : coefficient d'absorption du matériau de surface  $S$

### Valeurs des coefficients d'absorption $\alpha$ de quelques matériaux :

	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz
Plaque de plâtre peinte	0,03	0,04	0,05
Revêtement PVC	0,03	0,04	0,04
Carrelage	0,02	0,03	0,04
Porte isoplane peinte	0,17	0,09	0,10
Vitrage	0,04	0,02	0,02

## Exigence concernant le temps de réverbération :

### Extrait de la norme NF S 31-080 Acoustique - Bureaux et espaces associés - Niveaux et critères de performances acoustiques par type d'espace

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

L'objectif acoustique est d'offrir aux acteurs de la réunion un confort de parole et d'écoute durant un laps de temps prolongé. Les conversations qui se tiennent dans une salle de réunion concernent avant tout les personnes impliquées. Une salle de réunion doit donc garantir une confidentialité des propos tenus vis-à-vis des autres utilisateurs du bâtiment.

#### 5.5.1 Niveaux de performances

**Niveau « Courant »** : salle de réunion/formation sans spécificité par rapport aux autres locaux de même taille. La salle n'offre pas de confidentialité vis-à-vis des locaux adjacents. Le confort de parole et d'écoute peut varier selon la distance entre le locuteur et l'auditeur et leur position autour de la table. La salle est avant tout appropriée à des réunions de courte durée, à faible exigence de confidentialité.

**Niveau « Performant »** : bien isolée par rapport aux différentes sources possibles (bruits routiers, couloirs, salles adjacentes...), la salle offre un confort de parole et d'audition (pas besoin de forcer la voix). Le bruit des installations est modéré, peu gênant et ne provoque pas de fatigue. De l'extérieur, la parole est audible mais non compréhensible.

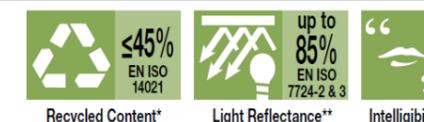
**Niveau « Très Performant »** : les conversations sont incompréhensibles depuis les locaux et espaces adjacents. La salle procure un grand confort de parole. Il n'est pas nécessaire d'élever la voix pour se faire entendre, même pour les positions les plus éloignées. Le bruit des installations est contenu en dessous du seuil de gêne. L'ambiance est feutrée et, de ce fait, propre à une utilisation prolongée de la salle.

#### 5.5.2 Exigences techniques

Descripteur	Niveau « Courant »	Niveau « Performant »	Niveau « Très performant »
Réverbération (volume < 250 m <sup>3</sup> )	0,6 < Tr < 0,8 s	0,6 ≤ Tr < 0,8 s	0,4 < Tr < 0,6 s

## Documentation technique faux plafond

# SAHARA



SAHARA	BOARD	TEGULAR	MICROLOOK	MICROLOOK BE	VECTOR
	 Prelude XL <sup>2</sup> /TLX 24 mm Prelude Sixty <sup>2</sup>	 Prelude XL <sup>2</sup> /TLX 24 mm Prelude Sixty <sup>2</sup>	 Prelude XL <sup>2</sup> /TL 15 mm Interlude XL <sup>2</sup> 15 mm	 Prelude XL <sup>2</sup> /TL 15 mm Silhouette XL <sup>2</sup> 15 mm Interlude XL <sup>2</sup> 15 mm	 Prelude XL <sup>2</sup> 24 mm Prelude Sixty <sup>2</sup>
<b>SAHARA Perforated</b>					
600 x 600 x 15 mm	2516 M	2518 M	2519 M	2524 M	
625 x 625 x 15 mm	2516 D	2518 D	2519 D		
600 x 600 x 19 mm					3322 M
675 x 675 x 15 mm	2520 M	2521 M		2690 M	
600 x 1200 x 15 mm	2517 M	2522 M	2731 M		
625 x 1250 x 15 mm	2517 D				
300 x 1200 x 15 mm			2730 M		
<b>SAHARA Unperforated</b>					
600 x 600 x 15 mm	2610 M	2612 M	2613 M		
625 x 625 x 15 mm	2610 D				

$\alpha_w$	NRC	125	250	500	1000	2000	4000	Hz
• SAHARA (Board, Tegular, MicroLook, MicroLook BE)	<b>0.60</b>	0.55	0.45	0.40	0.55	0.65	0.65	0.60
• SAHARA Vector	<b>0.65</b>	0.65	0.45	0.50	0.60	0.70	0.70	0.55
• SAHARA Unperforated (Board, Tegular, MicroLook)	<b>0.10(L)</b>	0.15	0.30	0.20	0.10	0.10	0.10	0.20

Nota :  
- perforated = perforé;  
- unperforated = non perforé.

## Partie D - ÉTUDE THERMIQUE DE LA FAÇADE

**Cette étude consiste à la détermination la solution d'isolation thermique extérieure du mur de façade au R+1.**

Le choix d'une isolation thermique par l'extérieur a été fait pour la rénovation de ce bâtiment. Il s'agira de déterminer l'épaisseur de l'isolant (panneaux polystyrène expansé KNAUF Therm ITEX) permettant de répondre aux exigences.

L'ancien bardage sera déposé pour être remplacé par une isolation thermique par l'extérieur composée de panneaux de polystyrène haute densité associée à un enduit armé.

Les autres éléments du mur de façade seront conservés.

Exigence pour cette paroi (conformité à la RT 2012),  $U_{\text{paroi}}$  de référence :  $0,128 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$ .

### D.1. Étude thermique (ITE)

**D.1.1.** Afin d'argumenter auprès de la maîtrise d'ouvrage le choix d'un système ITE, listez ses avantages.

**D.1.2.** Faites un schéma (respectant les proportions) du mur extérieur en indiquant les différents éléments le composant ainsi que leurs caractéristiques thermiques.

**D.1.3.** Calculez l'épaisseur d'isolant nécessaire pour satisfaire à l'exigence. Faites un choix dans la gamme proposée.

### D.2. Migration de la vapeur d'eau dans la façade

Dans cette partie, on considérera que l'épaisseur de l'ITE est de 260 mm.

**D.2.1.** Complétez le tableau du document réponse DR4, en donnant les pressions de vapeur à saturation,  $P_{vs}$ , en fonction des températures calculées dans la paroi. Vous arrondirez les températures au °C le plus proche.

Tracez en rouge, sur le document réponse DR4, l'évolution de  $P_{vs}$  dans la paroi.

**D.2.2.** En adoptant les valeurs d'humidité relative  $HR_{\text{int}} = 70 \%$  et  $HR_{\text{ext}} = 75 \%$ , respectivement à l'intérieur et à l'extérieur, complétez le tableau fourni sur le DR4 en calculant les pressions de vapeur manquantes  $P_v$ .

Vous adopterez comme valeur du flux de vapeur d'eau  $\varpi = 6,018 \cdot 10^{-6} [\text{g}/(\text{s}\cdot\text{m}^2)]$ .

Tracez en bleu, également sur le document réponse DR4, l'évolution de  $P_v$ .

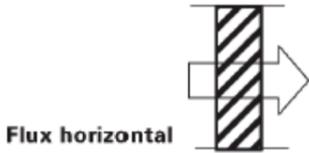
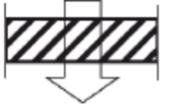
**D.2.3.** Conclure quant aux éventuels risques de condensation dans la paroi.

## RESSOURCES POUR L'ÉTUDE THERMIQUE

### Caractéristiques des matériaux

	Conductivité thermique $\lambda$ (W/(m·K))	Perméabilité à la vapeur d'eau $\pi$ (g/(m·Pa·s))
Plaque de plâtre 13 mm	0,33	$1,874 \cdot 10^{-8}$
Béton	1,75	$1,441 \cdot 10^{-9}$
Enduit	1,15	$2,162 \cdot 10^{-9}$
Isolant PSE	Voir doc. fournisseur	$3,123 \cdot 10^{-9}$
Isolant laine minérale existante	0,04	$1,874 \cdot 10^{-7}$

### Valeurs des résistances thermiques superficielles

Paroi donnant sur : - l'extérieur ; - un passage ouvert ; - un local ouvert (1).	$R_{si}$ $\text{m}^2\cdot\text{K}/\text{W}$	$R_{se}$ $\text{m}^2\cdot\text{K}/\text{W}$	$R_{si} + R_{se}$ $\text{m}^2\cdot\text{K}/\text{W}$
Paroi verticale Inclinaison $\geq 60^\circ$  Flux horizontal	0,13	0,04	0,17
Paroi horizontale Inclinaison $< 60^\circ$  Flux ascendant	0,10	0,04	0,14
	 Flux descendant	0,17	0,04

## Formulaire

Analogie entre les transferts de chaleur et de vapeur d'eau	
Chaleur	Vapeur
Loi de Fourier	Loi de Fick
Température : T [K]	Pression de vapeur : P <sub>v</sub> [Pa]
Densité du flux de chaleur : $\varphi = \lambda \cdot \frac{\Delta T}{e}$ [W/m <sup>2</sup> ]	Densité du flux de vapeur : $\varpi = \pi \cdot \frac{\Delta P_v}{e}$ [g/(s·m <sup>2</sup> )]
Conductivité thermique : $\lambda$ [W/(m.K)]	Coefficient de perméabilité à la vapeur d'eau : $\pi$ [g/(m·Pa·s)]
Résistance thermique : $R_{th} = \frac{e}{\lambda}$ [m <sup>2</sup> ·K/W]	Résistance à la diffusion de la vapeur d'eau : $R_d = \frac{e}{\pi}$ [m <sup>2</sup> ·s·Pa/g]
Résistance thermique d'une paroi multicouche $R_{th} = \sum_1^n \frac{e_j}{\lambda_j}$ et $\varphi = \frac{\Delta T}{R_{th}}$	Résistance à la diffusion de la vapeur d'eau d'une paroi multicouche : $R_d = \sum_1^n \frac{e_j}{\pi_j}$ et $\varpi = \frac{\Delta P_v}{R_d}$
Résistances superficielles R <sub>si</sub> et R <sub>se</sub> [W/(m <sup>2</sup> ·K)]	Coefficient d'échanges surfaciques : néant

## Pression à saturation et quantité de vapeur d'eau par kg d'air sec

Ta (°C)	Ws (g vapeur/kg air sec)	Ps (Pa)	Ta (°C)	Ws (g vapeur/kg air sec)	Ps (Pa)
-10	1,60	260	11	8,16	1312
-9	1,75	284	12	8,72	1402
-8	1,90	309	13	9,32	1497
-7	2,07	337	14	9,96	1598
-6	2,26	368	15	10,6	1704
-5	2,47	401	16	11,4	1817
-4	2,67	437	17	12,1	1937
-3	2,93	476	18	12,9	2063
-2	3,18	517	19	13,8	2197
-1	3,47	563	20	14,7	2337
0	3,77	611	21	15,6	2486
1	4,06	657	22	16,6	2643
2	4,36	705	23	17,7	2809
3	4,68	758	24	18,9	2983
4	5,03	813	25	20,1	3166
5	5,40	872	26	21,3	3360
6	5,79	934	27	22,7	3564
7	6,21	1001	28	24,1	3779
8	6,65	1073	29	25,6	4004
9	7,12	1148	30	27,2	4242
10	7,62	1227	35	36,5	5622

## Extrait documentation technique KNAUF THERM ITEX TH38 SE

Panneaux en polystyrène expansé blanc ignifugé, comportant moins de 2 % de billes bleues réparties régulièrement, conforme à la norme NF EN 13163.

### Présentation du produit :

Knauf Therm ITEX Th38 SE est un panneau en polystyrène expansé blanc ignifugé.



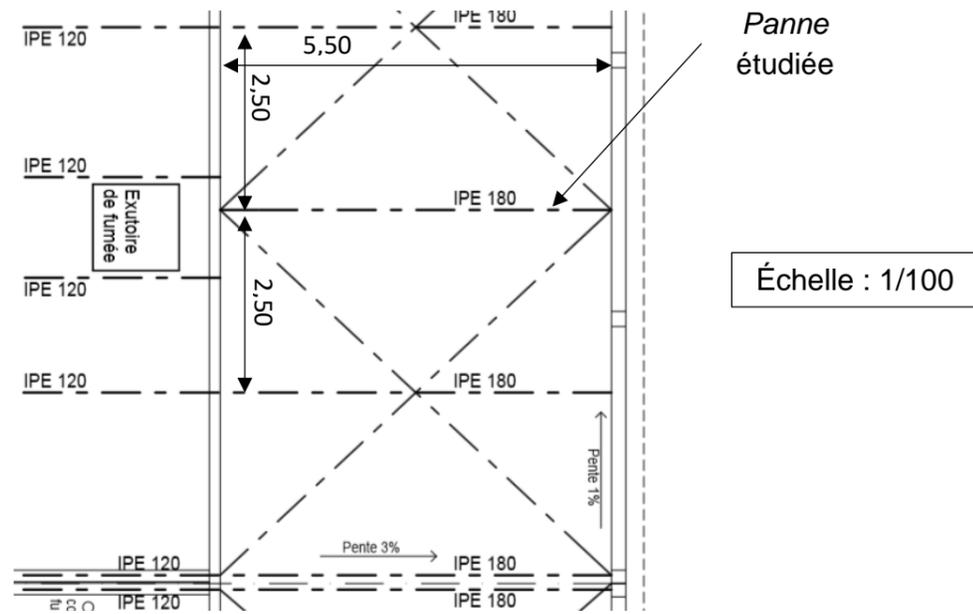
### Isolation thermique par l'extérieur support d'enduits pour :

- les bâtiments d'habitations de 1<sup>re</sup> et 2<sup>e</sup> familles, Établissements Recevant du Public (ERP) de 2<sup>e</sup> groupe (5<sup>e</sup> catégorie), ERP Spéciaux,
- les bâtiments d'habitations de 3<sup>e</sup> et 4<sup>e</sup> familles, ERP du 1<sup>er</sup> groupe (1<sup>re</sup> à 4<sup>e</sup> catégories) à partir de R+2, conformément au « Guide de Préconisations - Protection contre l'incendie des façades béton et maçonnerie revêtues de systèmes d'ITE par enduit sur PSE (ETICS-PSE) »,
- les immeubles de bureaux, bâtiments industriels.

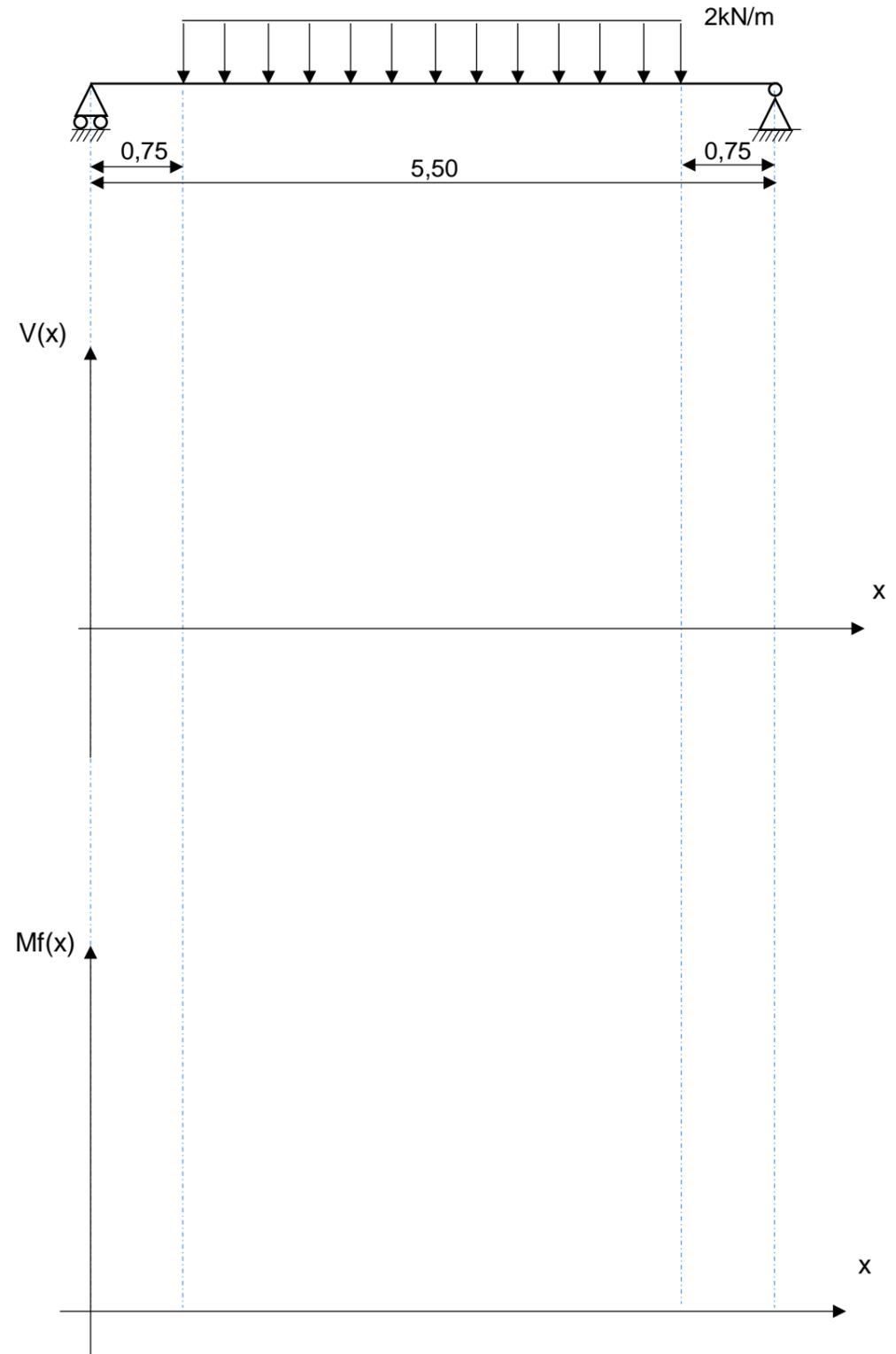
Épaisseur [mm] <sup>(1)</sup>	160	200	220	260	300
Longueur [mm]	1200	1200	1200	1200	1200
Largeur [mm]	600	600	600	600	600
Type de bords	BD	BD	BD	BD	BD
Code article	2813923	2816698	2816701	2816706	2816710
Conditionnement (panneaux / paquet)	3	2	24 <sup>(2)</sup>	20 <sup>(2)</sup>	16 <sup>(2)</sup>
Conductivité thermique [W/(m.K)]	0.038	0.038	0.038	0.038	0.038
Euroclasse	Euroclasse E	Euroclasse E	Euroclasse E	Euroclasse E	Euroclasse E
Matière première certifiée par le LNE avec un niveau d'Euroclasse sur l'épaisseur conventionnelle de 60 mm	Euroclasse D	Euroclasse D	Euroclasse D	Euroclasse D	Euroclasse D
Classement ISOLE	I3S403L3(120)E3				

# DOCUMENT RÉPONSE DR1

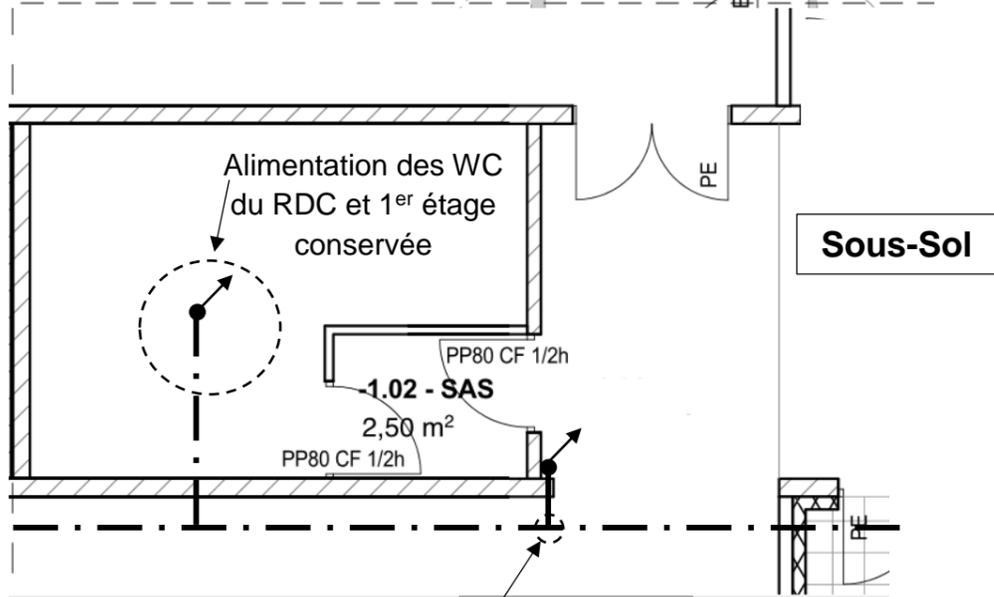
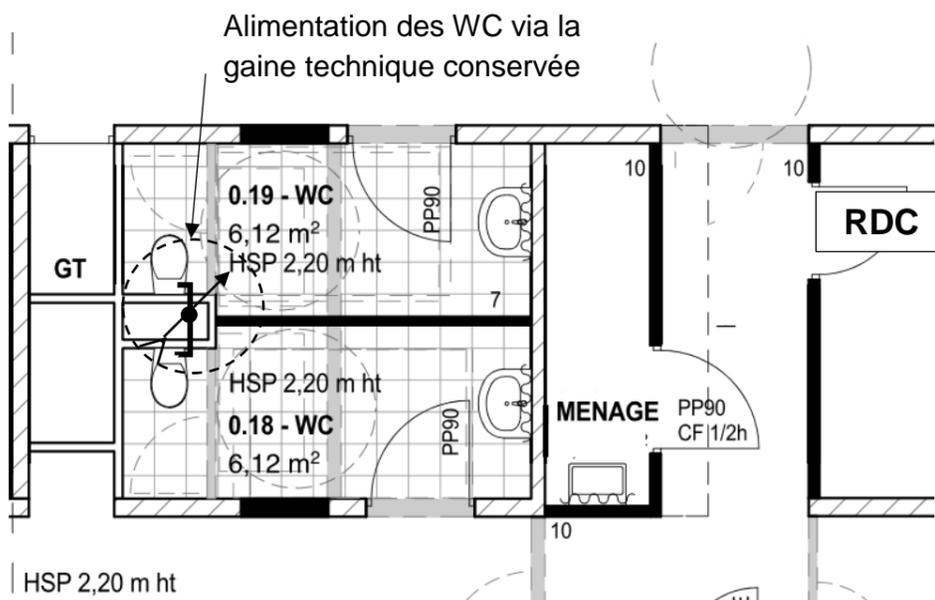
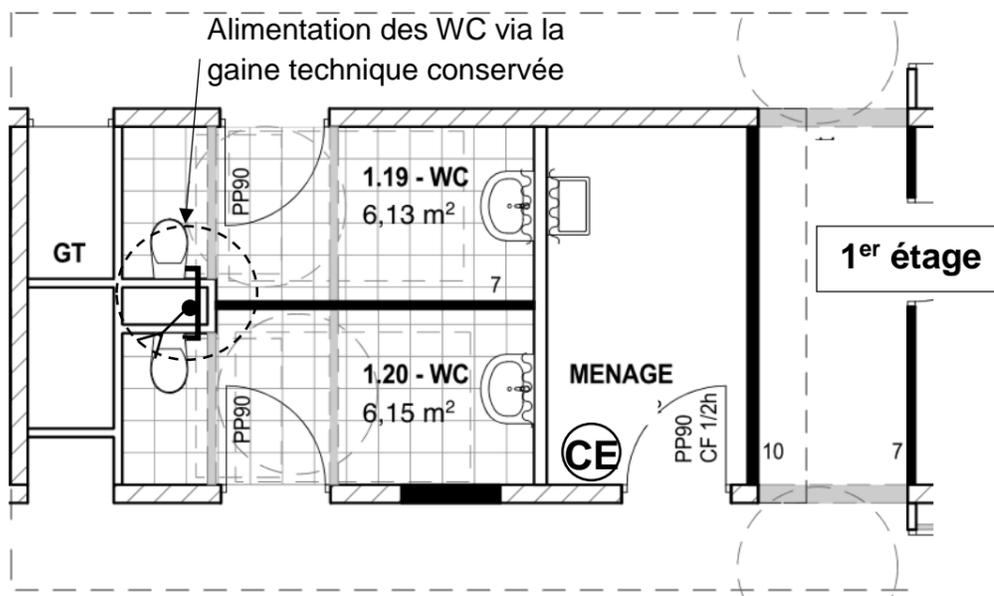
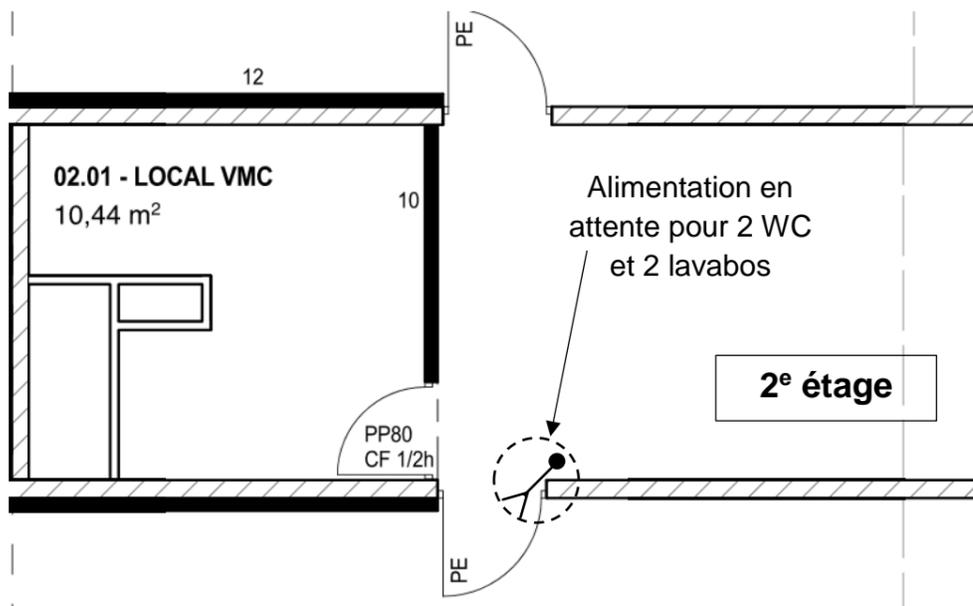
**Question A.1.1.** Coloriez et cotez les 10 m<sup>2</sup> de la zone sur laquelle la charge d'entretien s'applique de façon la plus défavorable pour la panne étudiée.



**Question A.1.2.** Tracez les diagrammes de  $V(x)$  et de  $M_f(x)$  sous l'action de la charge d'entretien.



# DOCUMENT RÉPONSE DR2



**Piquage à créer pour alimentation EF des étages**

EAU FROIDE	EAU CHAUDE
<b>2<sup>e</sup> étage</b>	
Prévoir une colonne montante eau froide pour l'alimentation ultérieure de 2 WC et 2 lavabos	Un chauffe-eau (CE) sera installé ultérieurement pour l'eau chaude de 2 lavabos.
<b>1<sup>er</sup> étage</b>	
<b>Réponse :</b>	Le chauffe-eau, alimenté en eau froide, permet la distribution en eau chaude des sanitaires de la zone en eau chaude au R+1 et au RDC.  <b>Réponse :</b>
<b>RDC</b>	
<b>Réponse :</b>	Prévoir alimentation en eau chaude à partir du chauffe-eau du 1 <sup>er</sup> étage.  <b>Réponse :</b>
<b>Sous-sol</b>	
Réseau d'alimentation eau froide existant en faux plafond du Sous-sol.  Créer le piquage pour alimentation de la zone : lavabos et déversoirs (locaux ménage) du RDC et 1 <sup>er</sup> étage et attente au second pour 2 WC avec réservoir de chasse et 2 lavabos.  L'alimentation existante des WC du RDC et du 1 <sup>er</sup> étage est conservée.	Pas de besoin en Eau Chaude dans cette zone.

# DOCUMENT RÉPONSE DR3

**Question C.1. Temps de réverbération à respecter.**

**Question C.2. Calcul du temps de réverbération.**

**C.2.1. Justification du choix de faux plafond.**

**C.2.2.** En vous aidant des différents éléments et documentations, complétez le tableau du document réponse DR3 et calculez le temps de réverbération moyen de la salle de réunion pour les intervalles centrés sur 500 Hz, 1000 Hz et 2000 Hz.

Paroi	Matériaux	Surface	500 Hz		1000 Hz		2000 Hz	
			$\alpha$	$\alpha.S$	$\alpha$	$\alpha.S$	$\alpha$	$\alpha.S$
Aire d'absorption équivalente (m <sup>2</sup> )								
Volume de la salle de réunion (m <sup>3</sup> )								
T <sub>r</sub> par bande d'octaves								

Calcul du temps de réverbération moyen :

$$\frac{T_{r500} + T_{r1000} + T_{r2000}}{3} =$$

**Question C.3. Vérification.**

# DOCUMENT RÉPONSE DR4

## Question D.2.1. Pression de vapeur à saturation

Température ...	Valeurs de T en °C	P <sub>vs</sub> en Pa	P <sub>v</sub> en Pa
à l'intérieur	20,0		
superficielle intérieure	19,6		
entre plâtre et laine minérale	19,4		1632
entre laine minérale et béton	15,4		
entre béton et PSE	15,1		
entre PSE et enduit	- 6,8		295
superficielle extérieure	- 6,9		
extérieure	- 7,0		

## Question D.2.1. et D.2.2. Tracé de P<sub>v</sub> et P<sub>vs</sub>

