

BREVET DE TECHNICIEN SUPÉRIEUR BÂTIMENT

Épreuve E4 – Étude technique

Sous-épreuve U41
Dimensionnement et vérification d'ouvrages

SESSION 2026

Durée : 4 heures

Coefficient : 2

Matériel autorisé :

L'usage de la calculatrice **avec le mode examen activé**, est autorisé.

L'usage de la calculatrice **sans mémoire**, « type collègue », est autorisé.

« Tous les documents réponses, même vierges, doivent être rendus avec la copie. »

Dès que le sujet vous est remis, assurez-vous qu'il est complet. Ce sujet comporte 18 pages numérotées de 1/18 à 18/18

Projet « Construction d'un bâtiment d'enseignement »

Contenu du dossier

Pages 2 et 3	Présentation de l'ouvrage
Page 4	Caractéristiques des matériaux utilisés sur l'ouvrage Charges surfaciques
Pages 5 à 7	Travail demandé
Page 8	DT1 : Étude A – Extrait plan de coffrage fondation
Page 9	DT2 : Étude B – Extrait du plancher haut RDC
Page 10	DT3 – Zoom sur le plancher courant de la salle banalisée
Page 11	DT4 : Étude C – Extrait du plan de charpente
Page 12	DT5 : Zoom sur la couverture chaude bac acier
Page 13	DT6 : Plan de ferrailage des longrines 67 et 68
Extraits du formulaire	
Page 14	DT7 : Organigramme de calcul des armatures longitudinales en flexion simple – Portées utiles – Vérification du lit inférieur sur appui EC2
Page 15	DT8 : Théorème des 3 moments – Tableau de section d'acier en barres
Page 16	DT9 : Extrait EC3 – Flèches réglementaire
Page 17	DT10 : Tableau des profilés HEA
Page 17	DT11 : Vérification simplifiée des contraintes normales à la flexion simple – EC5 Vérification simplifiée des contraintes de cisaillement – EC5

Document réponse

Page 18	DR1, DR2 et DR3 : Document réponse (à rendre avec la copie)
---------	---

BARÈME

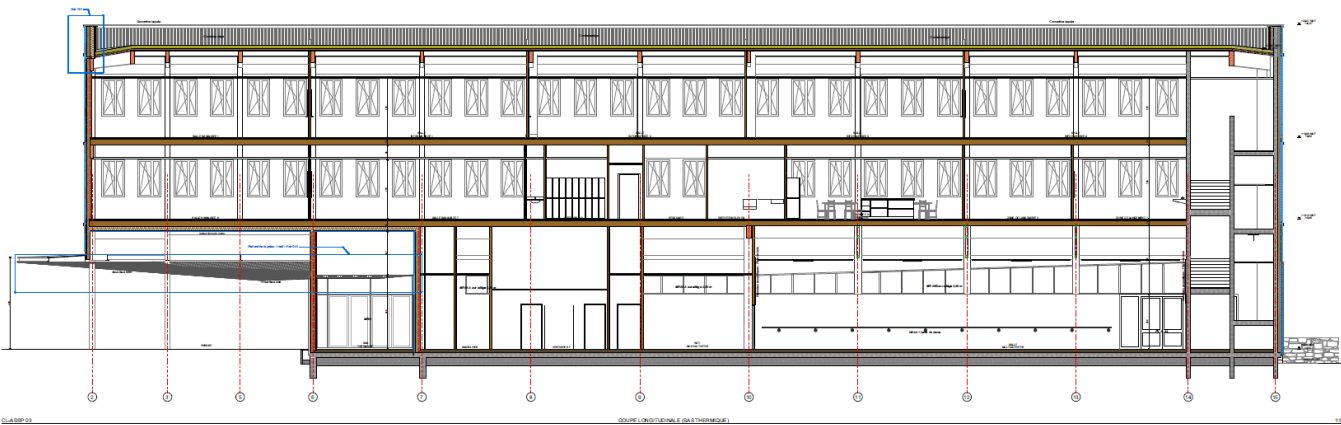
ÉTUDE A	Étude de longrines continues	8 points
ÉTUDE B	Étude d'une poutre acier HEA	5 points
ÉTUDE C	Étude d'une panne de charpente en bois massif C24	7 points

Toutes les études sont indépendantes

Présentation de l'ouvrage

Prendre connaissance de l'ensemble du dossier technique : DT1 à DT11

L'étude porte sur la construction d'un bâtiment d'enseignement général et professionnel d'un lycée situé en Bretagne. Ce bâtiment en R+2 de 2000 m² comprend au RDC une salle multi activités, des locaux techniques et des sanitaires, au R+1 et R+2 sont aménagés des laboratoires techniques, des salles de classe et des sanitaires.



Coupe longitudinale

Modes constructifs du gros-œuvre :

➤ En infrastructure

Les fondations sont de type fondations profondes. Des têtes de pieux sont coulées sur les pieux. (Certaines têtes ont des attentes pour positionner les longrines).

➤ En superstructure

Les élévations extérieures sont constituées ponctuellement de murs en béton armé avec isolation thermique extérieure et d'ossatures poteaux-poutres.

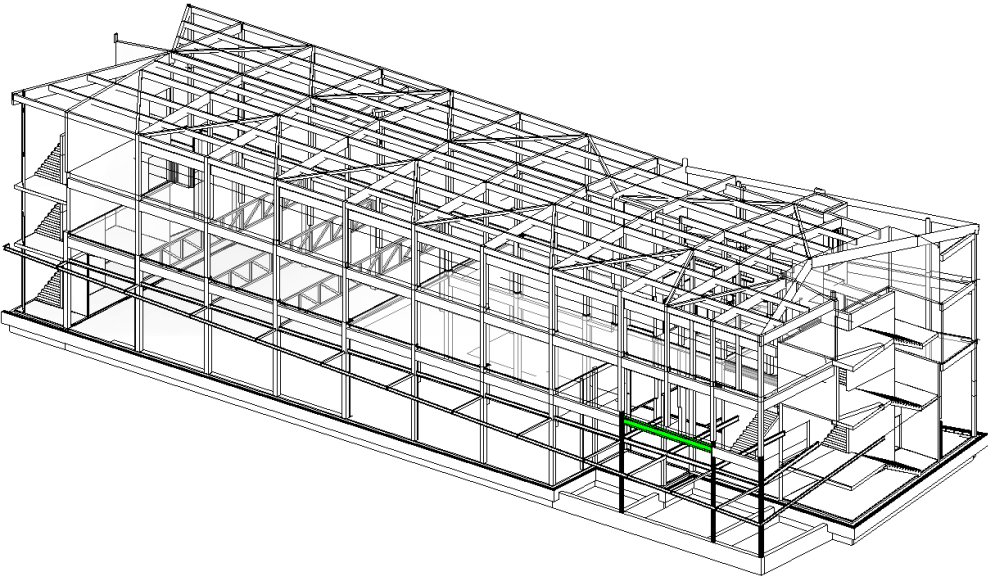
Les élévations intérieures sont en béton armé au droit des cages d'escalier et d'ascenseur, et ponctuellement au droit d'un local technique.

Les planchers intermédiaires sont majoritairement réalisés en bois par le lot charpente.

Le procédé utilisé est le CLT : Cross-Laminated Timber.

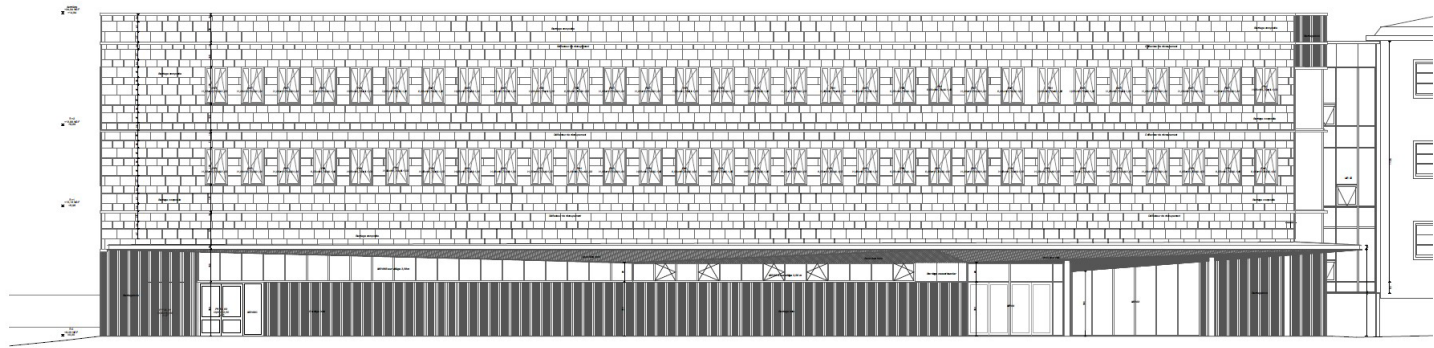
La toiture est réalisée par une charpente en bois massif, support d'un bac acier.

Sur les toitures terrasses ainsi constituées (pente de 3% minimum), sera mise en œuvre une étanchéité et une végétalisation de type sédum, ainsi que des panneaux photovoltaïques.

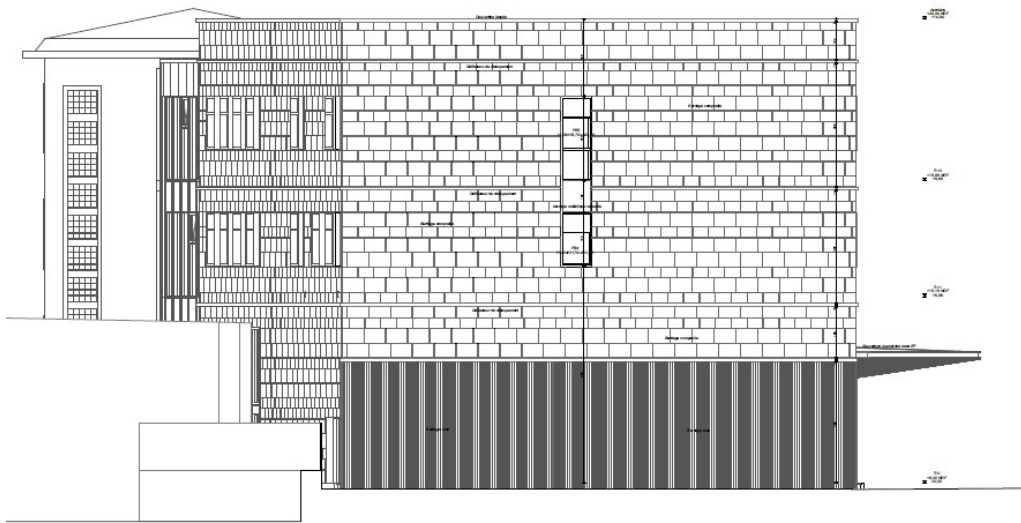


Les textes peu lisibles ne sont pas utiles pour traiter les questions.

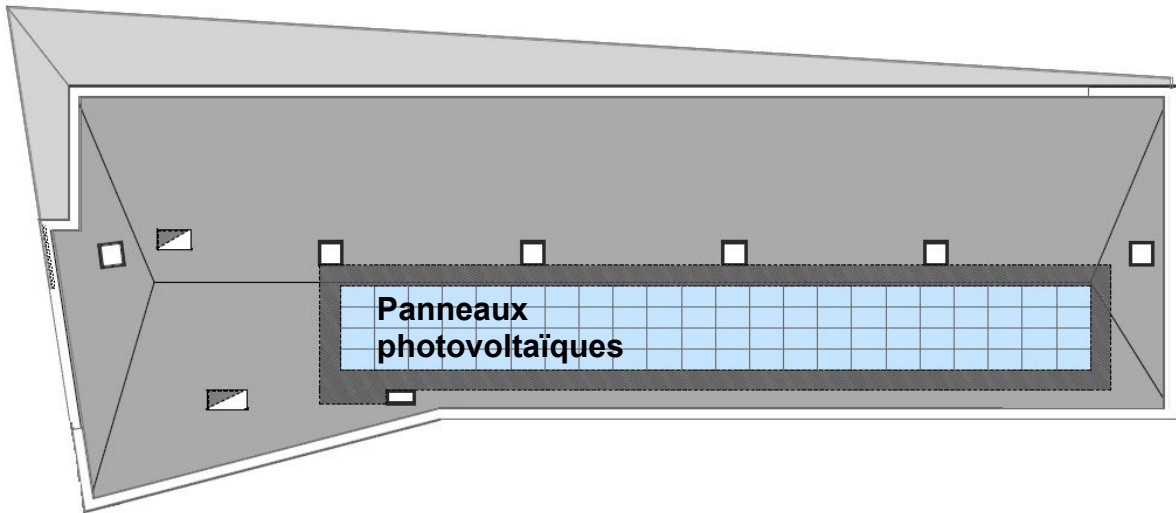
Façade Nord



Façade Est



Plan de toiture



CARACTÉRISTIQUES DES MATÉRIAUX UTILISÉS SUR L'OUVRAGE :

Béton armé

- ✓ Béton C30/37 : f_{ck} = 30 MPa
- ✓ Armature B500B : f_{yk} = 500 MPa
- ✓ Poids volumique du béton armé : $\gamma_{B.A.}$ = 25 kN/m³
- ✓ B.A. pour les longrines : classe d'exposition XA1 (C_{nom} = 45 mm)
- ✓ Caractéristiques mécaniques du béton : $f_{ctm.}$ = 2,9 MPa

Acier pour poutres et charpente métallique intérieure : S275

- ✓ Limite élastique : f_y = 275 MPa
- ✓ Module d'élasticité longitudinale (module d'Young) : E = 2,1.10⁵ MPa
- ✓ Coefficient partiel de sécurité sur les résistances, ELU pour une section de classe 1 ou 2 : γ_{M0} = 1

Bois de charpente en bois massif résineux : C24

- ✓ Poids volumique : γ_{C24} = 4,2 kN/m³
- ✓ Résistance caractéristique vis-à-vis de la flexion : $f_{m,k}$ = 24 MPa
- ✓ Résistance caractéristique vis-à-vis du cisaillement : $f_{v,k}$ = 2,5 MPa
- ✓ Valeur caractéristique moyenne du module d'élasticité axiale : $E_{0,mean}$ = 11000 MPa
- ✓ Coefficient γ_M : γ_M = 1,30
- ✓ Coefficient k_{mod} (action à court terme : neige) : k_{mod} = 0,9
- ✓ Coefficient k_h (poutre de 540 mm de hauteur < 600) : k_h = 1
- ✓ Coefficient k_{def} : k_{def} = 0,9

CHARGES SURFACIQUES

Charges permanentes

Couverture chaude bac acier

- Panneaux photovoltaïques : 0,20 kN/m²
- Etanchéité bicouche bitumineuse : 0,15 kN/m²
- Isolant polyuréthane 140 mm : 0,04 kN/m²
- Laine de roche, épaisseur 60 mm : 0,17 kN/m²
- Pare vapeur : négligé
- Bac acier : 0,31 kN/m²
- Réseaux : 0,11 kN/m²
- Dalle de faux-plafond 60x60 : 0,06 kN/m²

Charge d'exploitation

- Zone de circulation entretien panneaux photovoltaïques : 0,8 kN/m²

Charge de neige

- Altitude < 200 m, pente > 3%, zone A1 : 0,45 kN/m²

TRAVAIL DEMANDÉ

ÉTUDE A – ÉTUDE D’UNE LONGRINE CONTINUE EN BÉTON ARMÉ

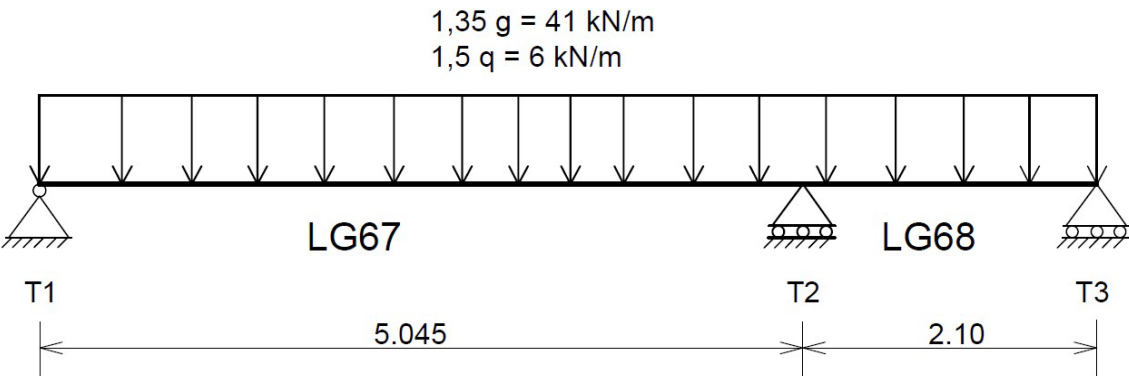
Le bâtiment projeté sera fondé sur des pieux, sur lesquels seront coulés des casques (massifs) destinés à supporter des longrines préfabriquées en béton armé.

L’élévation sur la longrine continue LG67- LG68 de section 30 x 70 cm est réalisée en voile béton armé de 20.

Cette étude porte sur la vérification du ferrailage longitudinal de cette longrine sur l’appui intermédiaire T2 en fonction de l’EUROCODE 2.

Documents à consulter : DT1, DT6, DT7, DT8.

Q1. La modélisation à l’ELU retenue par le bureau d’études est la suivante :



Justifier la portée efficace considérée pour la longrine LG68.

Q2. En appliquant le théorème des 3 moments, **vérifier** que le moment fléchissant à considérer sur l’appui intermédiaire T2 pour le cas de charge envisagé est :

$M_{ed} = - 113,2 \text{ kN}\cdot\text{m}$

L’action de liaison $Y_{T3} = - 4,54 \text{ kN}$

Q3. **Montrer** par le calcul que les actions de liaisons valent :

$Y_{T1} = 96,12 \text{ kN}$; $Y_{T2} = 244,24 \text{ kN}$; et $X_{T1} = 0$

Q4. Sur le **DR1** (page 18), en respectant les échelles définies, **tracer** les diagrammes de l’effort tranchant V_{Ed} et du moment fléchissant M_{Ed} . **Préciser** toutes les valeurs particulières.

Q5. **Calculer** la section d’armatures longitudinales à mettre en place au nu de l’appui intermédiaire. On prendra pour cela $M_{Ed} = - 92 \text{ kN}\cdot\text{m}$.

Q6. **Vérifier** la section proposée par le logiciel de calcul béton armé (voir plan de ferrailage DT6). **Justifier** votre réponse.

Q7. On prendra $V_{Ed}=141 \text{ kN}$ et $M_{Ed} = - 113,2 \text{ kN}\cdot\text{m}$. **Vérifier** l’ancrage du lit inférieur de la longrine LG67 sur l’appui T2.

Q8. **Comparer** et **justifier** vos résultats et ceux définis par le DT6.

Q9. À partir du repère de coupe A-A sur la coupe longitudinale, **proposer** un principe de ferrailage de cette longrine sur la vue en coupe **DR2**. Vous prendrez des HA8 comme aciers de montage.

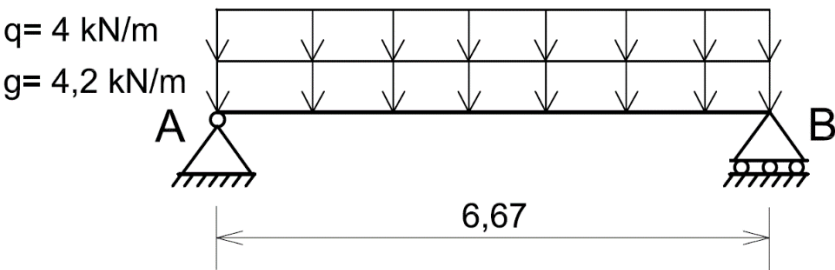
ÉTUDE B – ÉTUDE D’UNE POUTRE ACIER HEA

On s’intéresse dans cette partie à la poutre en acier HEA 400 repérée sur le DT2. Pour éviter une retombée importante dans la zone de circulation, l’architecte a choisi de mettre en place des poutres en acier.

On souhaite vérifier que la poutre reposant sur les deux poteaux mixtes, est suffisamment dimensionnée en fonction de l’EUROCODE 3.

Documents à consulter : DT2, DT3, DT9, DT10.

Q10. La poutre peut être modélisée par le schéma mécanique suivant :



Sans calcul, **expliquer** l’origine des charges réparties g et q indiquées sur ce schéma.

- Q11.** Donner l'expression de la flèche réglementaire de cette poutre supportant un plancher Simple et **calculer** sa valeur.
- Q12.** **Calculer** la flèche réelle et **conclure** sur vos résultats.
- Q13.** Afin de dimensionner cette poutre en acier, **calculer** les charges à l'**ELU**.
- Pour la suite de l'étude les valeurs retenues pour le moment fléchissant maximum et l'effort tranchant maximum seront :
- $M_{Ed} = 64,9 \text{ kN}\cdot\text{m}$
- $V_{Ed} = 38,9 \text{ kN}$
- Vérification du profilé vis-à-vis du moment fléchissant :
- Q14.** **Vérifier** la résistance du profilé HEA 400 suivant l'Eurocode 3, vis-à-vis du moment fléchissant.
- Vérification du profilé vis-à-vis de l'effort tranchant :
- Q15.** **Vérifier** la résistance du profilé HEA 400 suivant l'Eurocode 3, vis-à-vis de l'effort tranchant.
- Q16.** **Conclure** sur le choix de ce profilé.

ÉTUDE C – ÉTUDE D'UNE PANNE EN BOIS MASSIF

La charpente du bâtiment se compose de poutres en bois massif de classe C24 homogène. Sur chaque poutre sont appuyées des pannes.

Les dimensions de la section droite sont : 10,5 cm x 36 cm. Elles supportent la toiture auto protégée et les panneaux photovoltaïques. En sous-face de celles-ci sont repris les réseaux (électricité, ventilation) et le faux plafond.

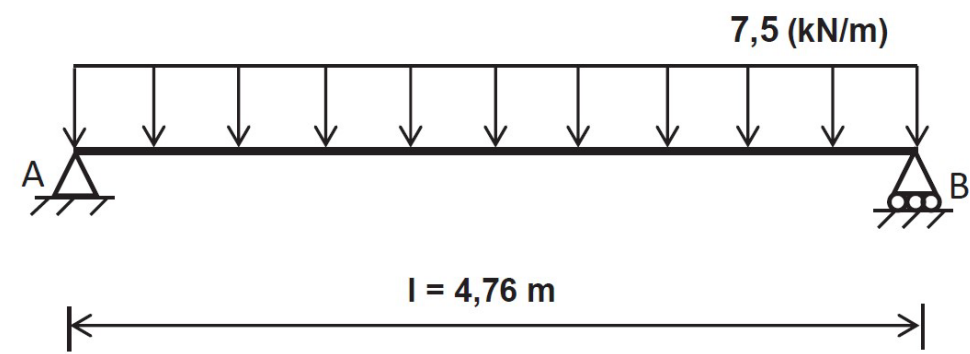
On propose de vérifier la section d'une panne vis-à-vis des contraintes et vis-à-vis des déformations en fonction de l'EUROCODE 5.

Documents à consulter : DT4, DT5, DT11.

Étude d'une panne

- Q17.** À la lecture du plan de charpente, **expliquer** le rôle des éléments repérés « cvt ».
- Q18.** **Repérer** et **coter** sur le **DR3** la largeur de la surface d'influence reprise par la panne à étudier s'appuyant sur les poutres.
- Q19.** Charges permanentes sur une panne.
- Pour cette question on prendra en compte le poids propre de la panne.
- Après avoir fait l'inventaire des charges permanentes reprises par une panne :
- **Calculer** la valeur des charges permanentes **g** (en kN/m) reprise par une panne.
- Q20.** **Calculer** la valeur des charges d'exploitations **q** (en kN/m) reprise par une panne.
- Q21.** **Calculer** la valeur des charges climatiques **s** (en kN/m) due à la charge totale de neige reprise par une panne

Pour la suite de l'étude une simplification du schéma mécanique à l'ELU pour cette panne sera le suivant :



Q22. Calculer les valeurs de l'effort tranchant maximum V_{Ed} et du moment fléchissant maximum M_{Ed} .

Vérification vis-à-vis des contraintes normales de flexion

Q23. Calculer le moment quadratique I_{GZ} (en m^4) de la section rectangulaire de la panne.

Q24. En considérant une valeur I_{GZ} égale à $4 \cdot 10^{-4} m^4$, en déduire la contrainte normale maximale $\sigma_{m,d}$ (en MPa) engendrée par le moment fléchissant M_{Ed} (prendre pour cette question $M_{Ed} = 21 kN \cdot m$).

Q25. Calculer la résistance de calcul à la flexion f_{md} (en MPa) et vérifier que la panne est correctement dimensionnée vis-à-vis des contraintes normales en flexion.

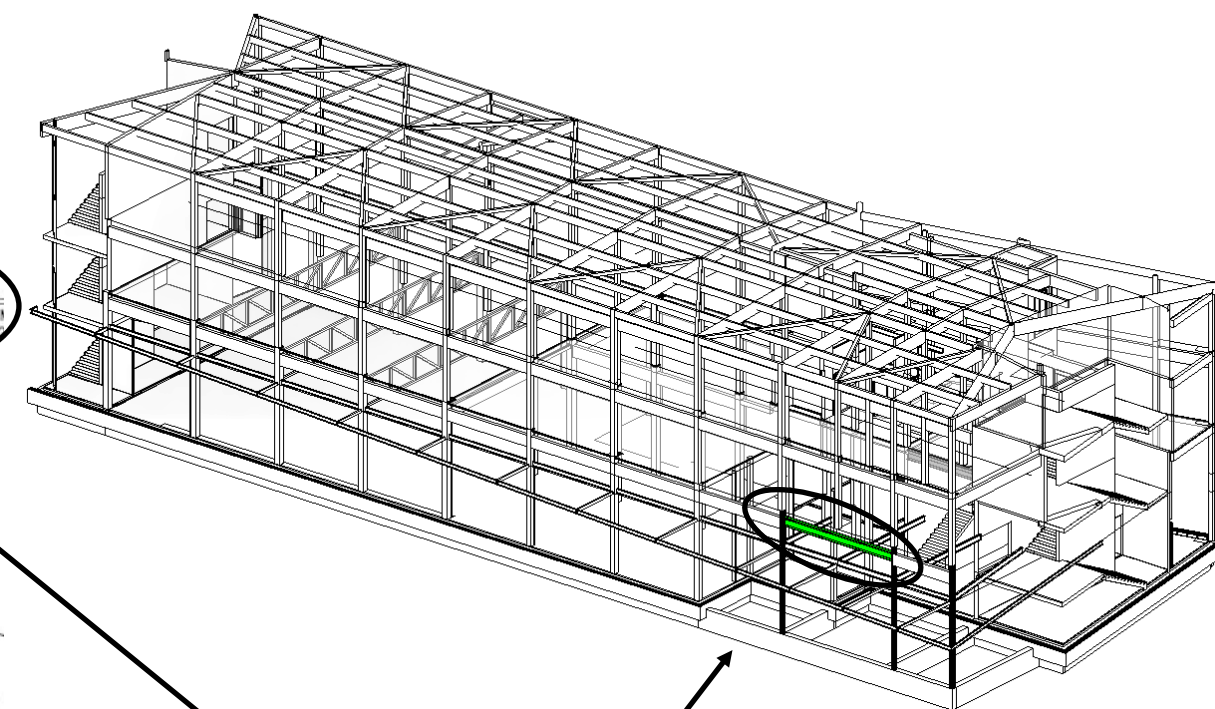
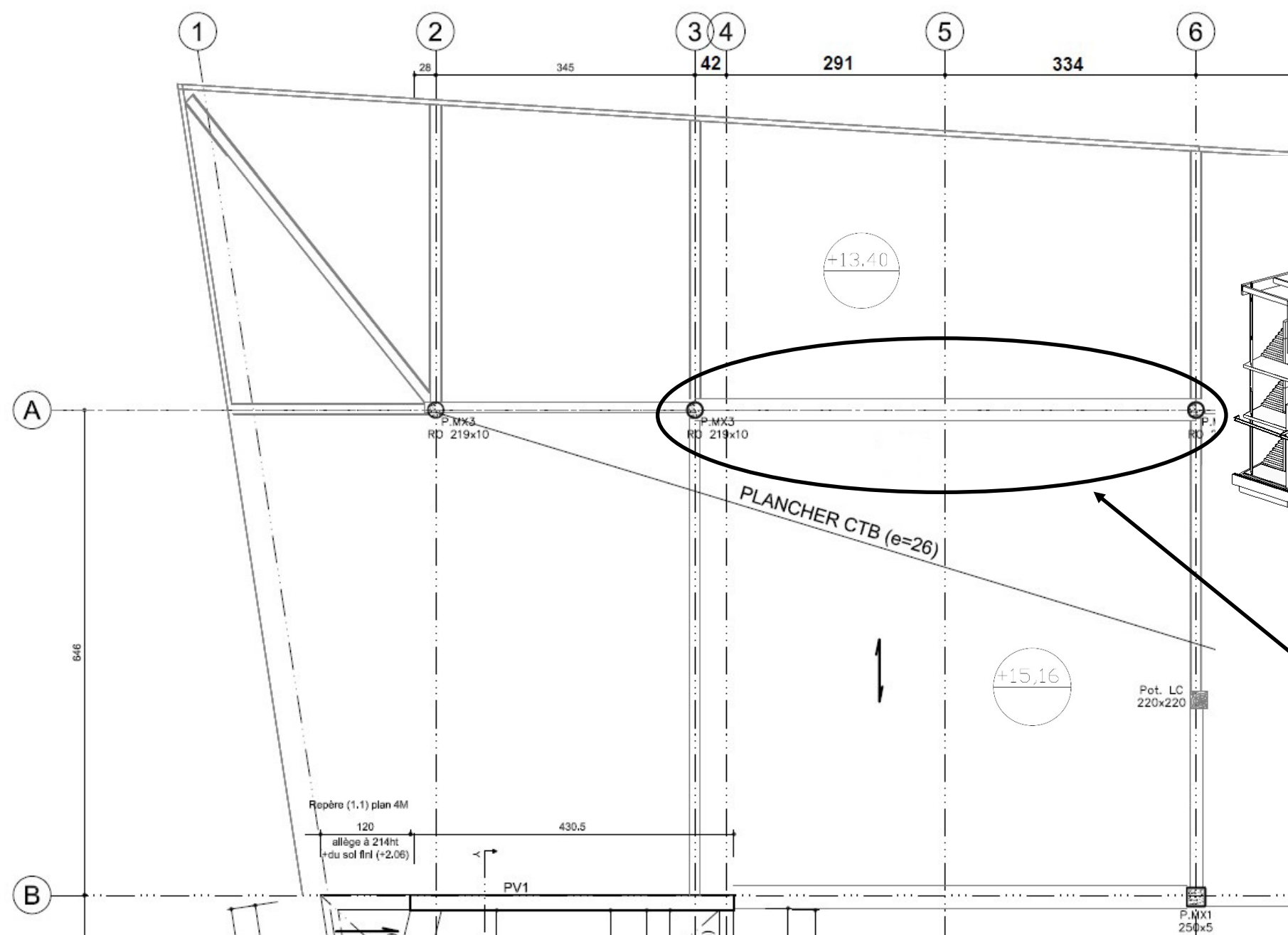
Vérification des contraintes de cisaillement

Q26. Calculer la contrainte de cisaillement maximale τ_d (en MPa) engendrée par l'effort tranchant V_{Ed} (vous prendrez pour cette question $V_{Ed} = 17,8 kN$).

Q27. Calculer la résistance de calcul au cisaillement $f_{v,d}$ (en MPa) et vérifier que la panne est correctement dimensionnée vis-à-vis des contraintes de cisaillement.

Conclusion

Q28. Expliquer quelle vérification supplémentaire pourrait être nécessaire afin de valider la section de la panne.



ÉTUDE B :
Étude d'une poutre acier HEA

REMARQUE : Les cotes sont indiquées en cm.

Les textes peu lisibles ne sont pas utiles pour traiter les questions

Extrait du plancher haut Rdc
Échelle non définie

DT2

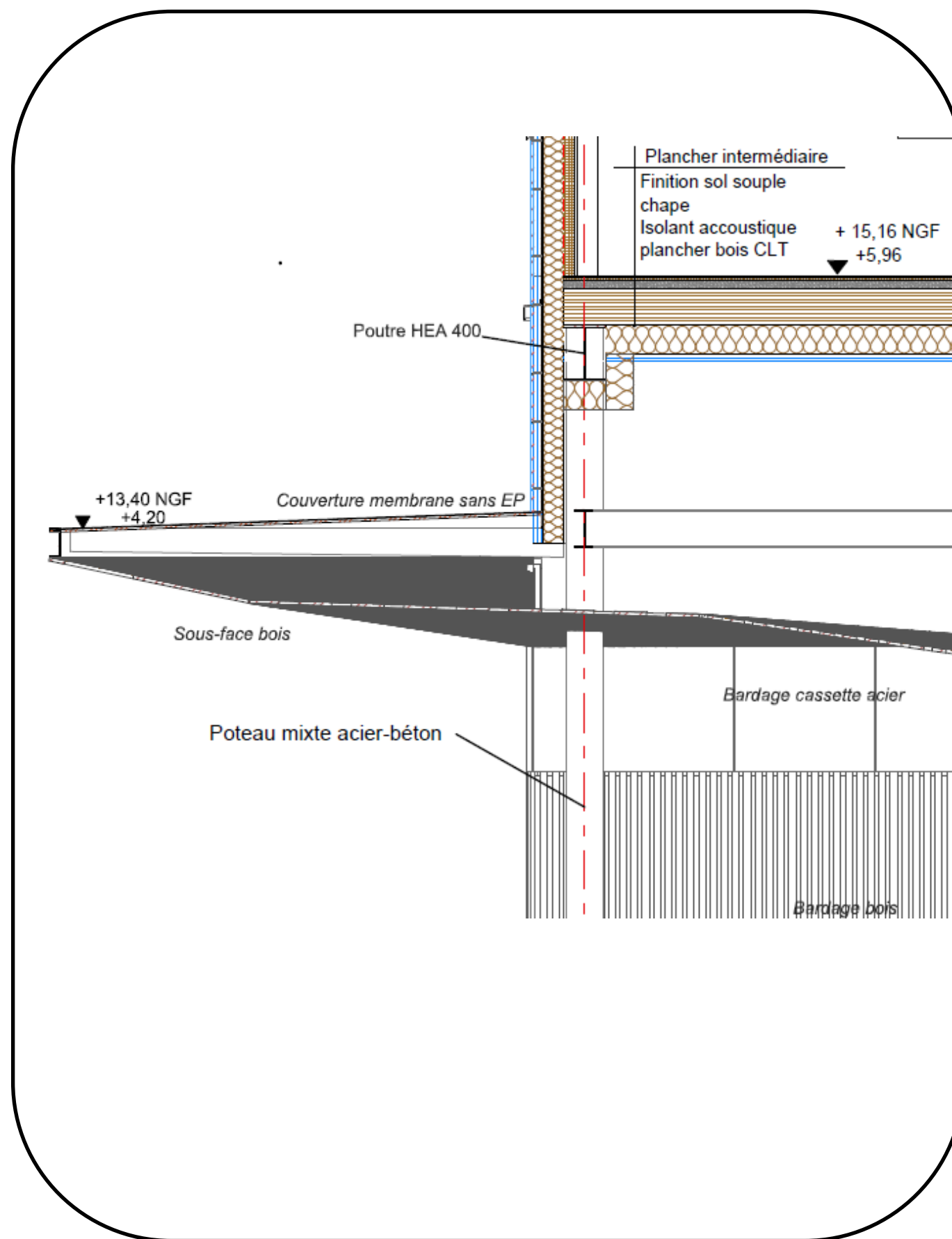
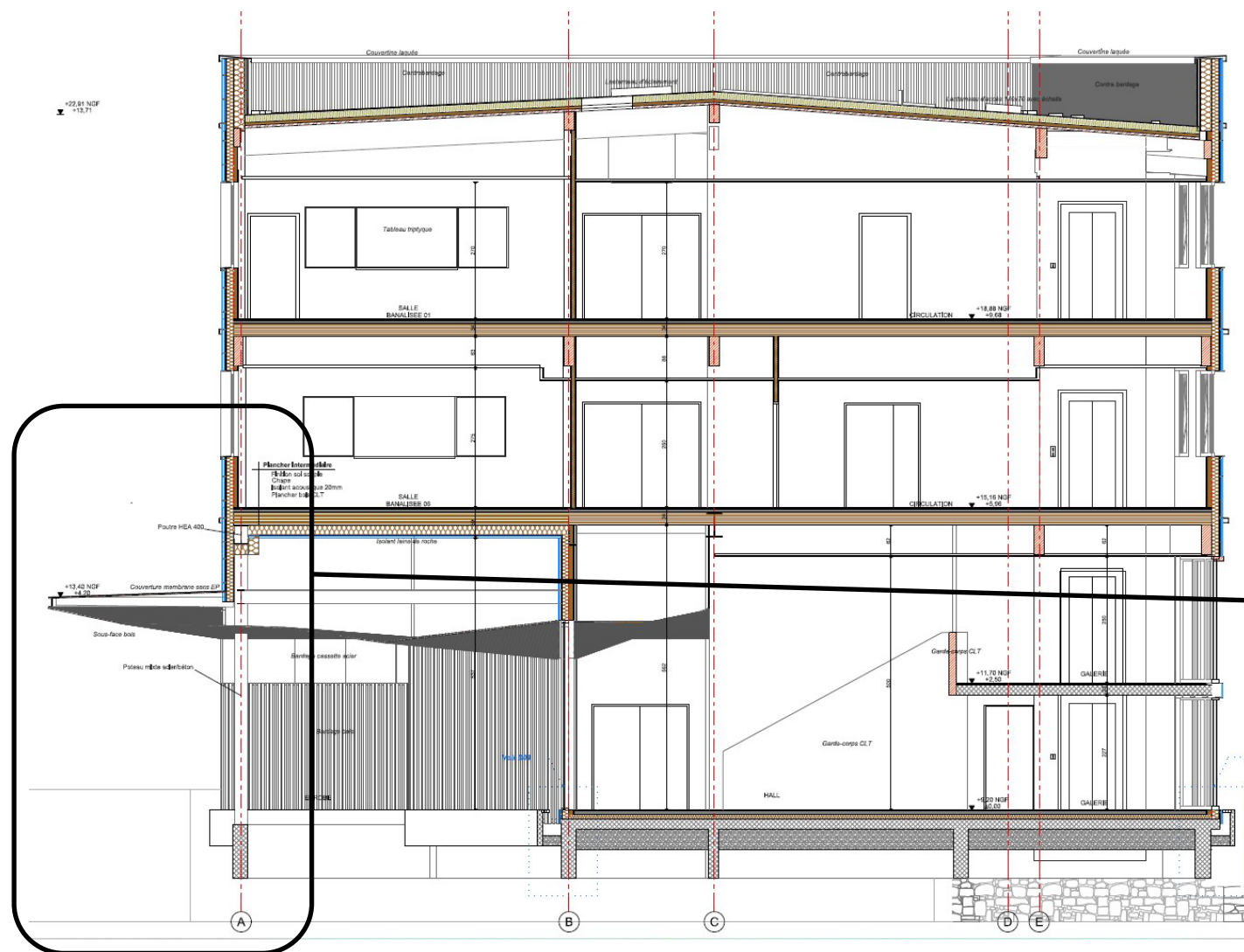
BTS BÂTIMENT

U41 - Dimensionnement et vérification d'ouvrages

Code : **26BTE4DVO**

SESSION 2026

Page **9** sur **18**



Les textes peu lisibles ne sont pas utiles pour traiter les questions

Coupe de principe plancher intermédiaire de la salle banalisée

DT3

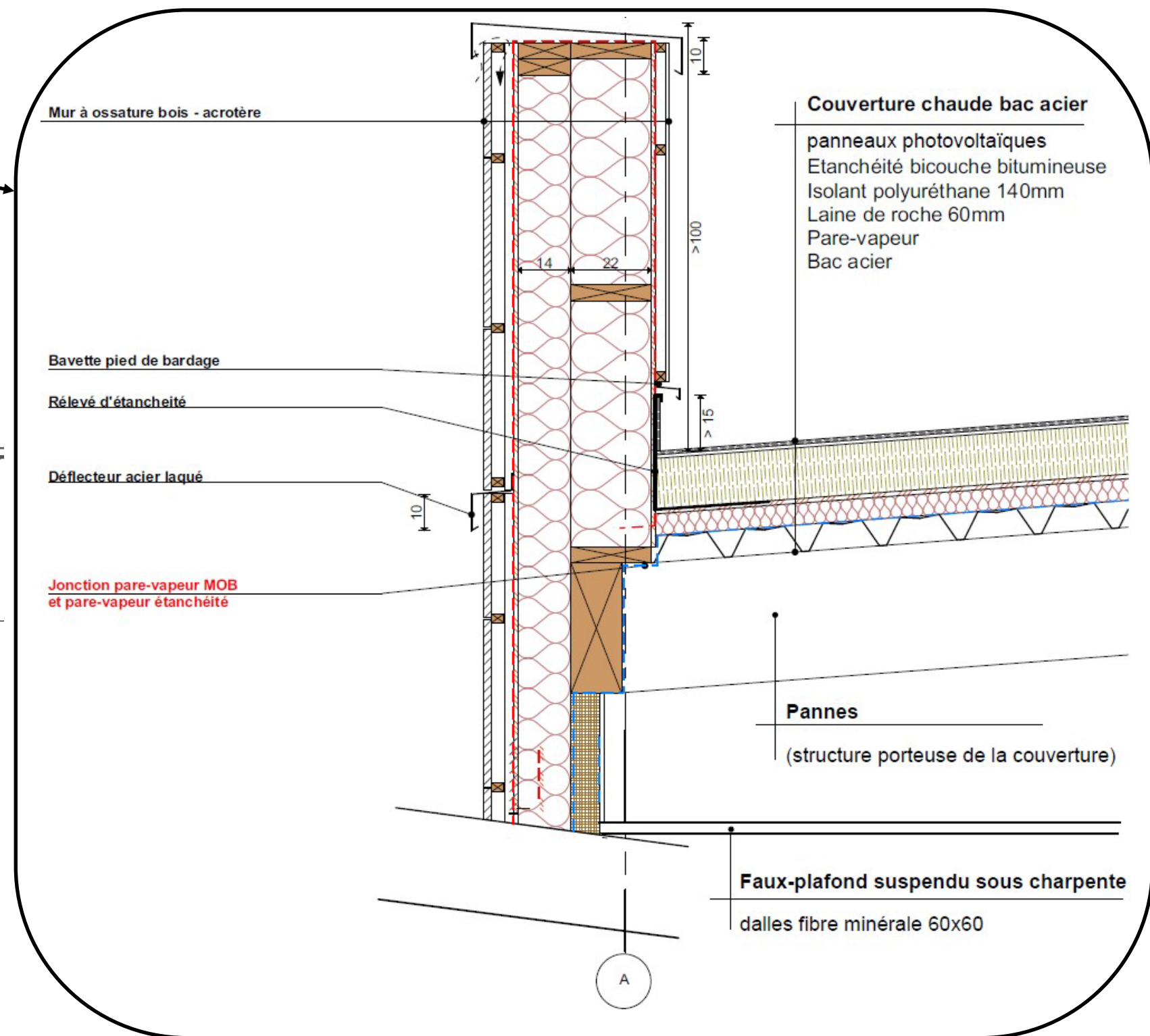
BTS BÂTIMENT

U41 - Dimensionnement et vérification d'ouvrages

Code : 26BTE4DVO

SESSION 2026

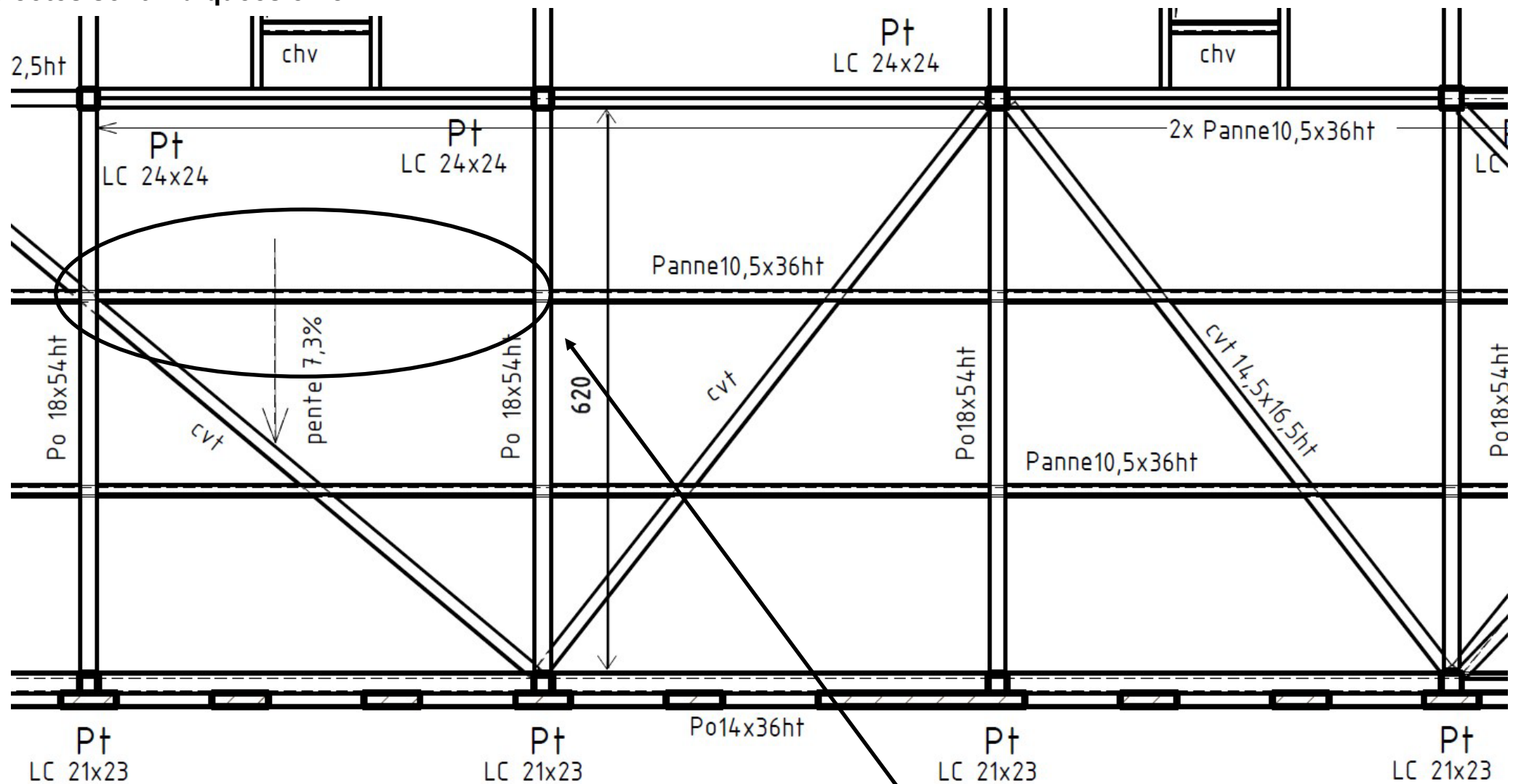
Page 10 sur 18



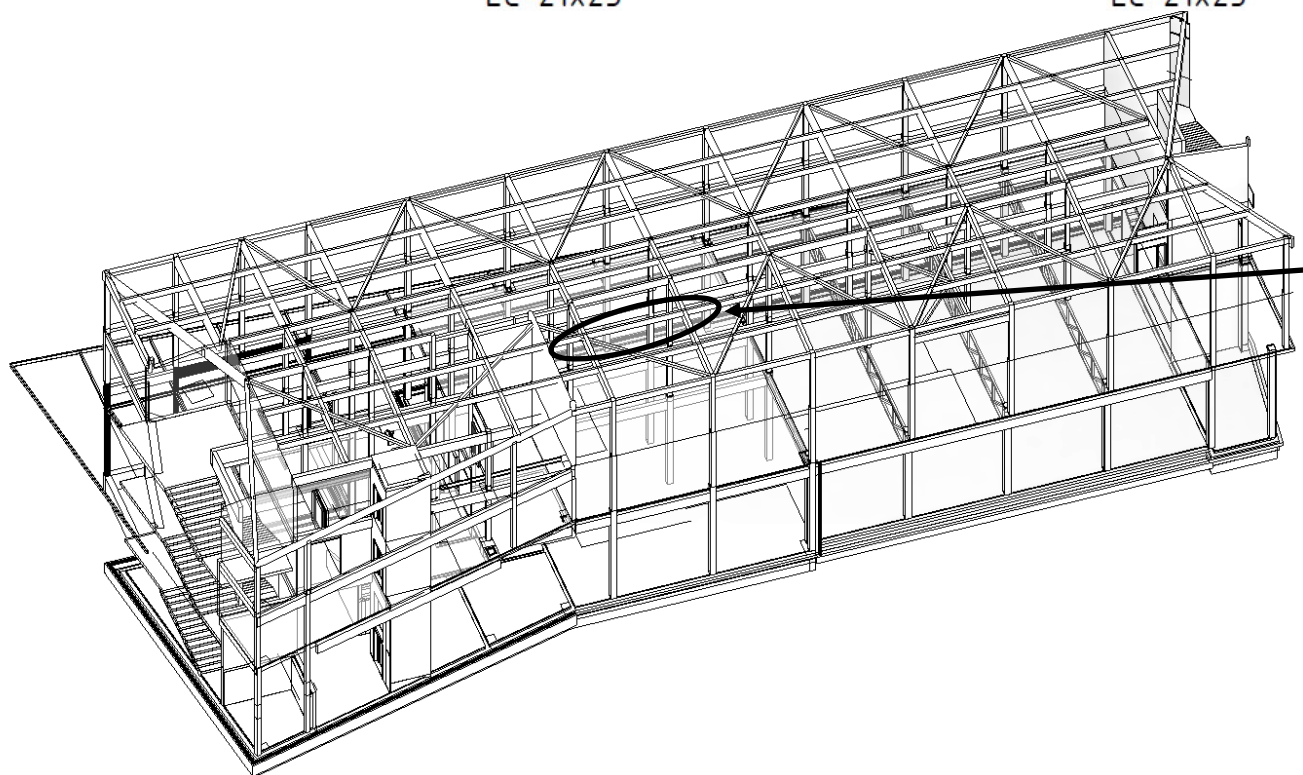
DT4

Page 11 sur 18

REMARQUE : Les cotes sont indiquées en cm.



Chv : chevêtre
Pt : poteau
Po : poutre
LC : Lamellé-collé

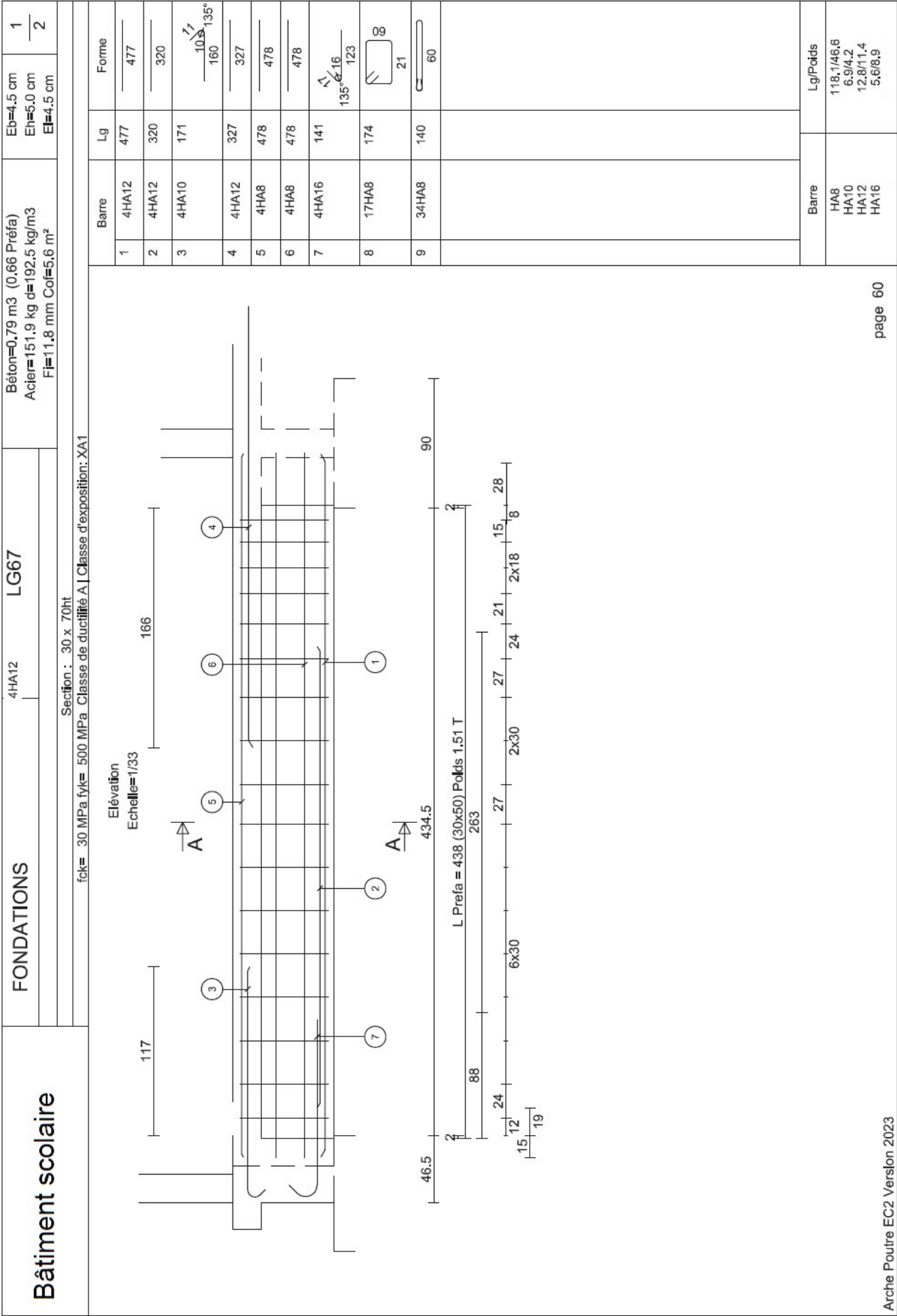


ÉTUDE C :
Étude d'une panne en bois massif

REMARQUE : Les cotes sont indiquées en cm.

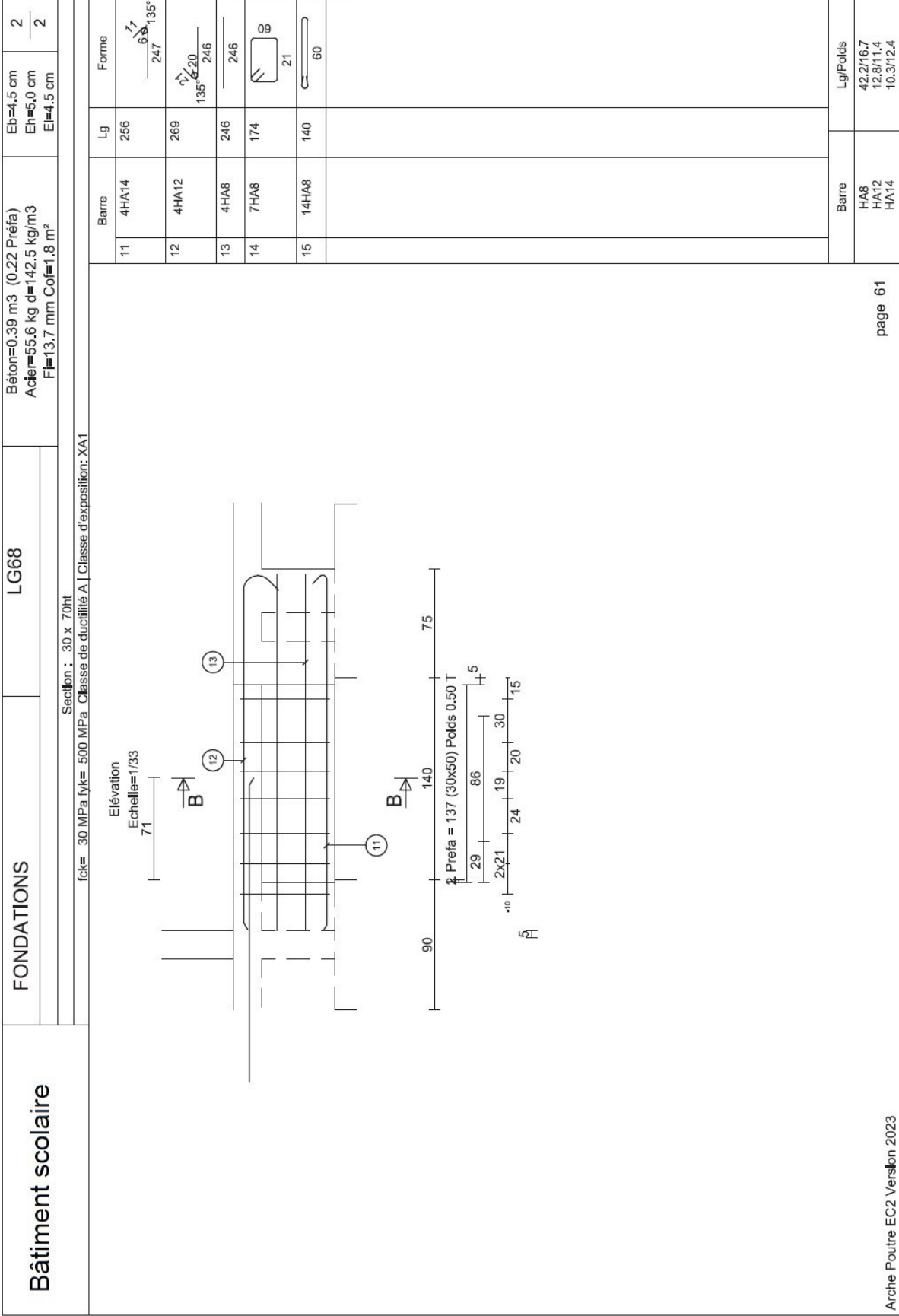
Les textes peu lisibles ne sont pas utiles pour traiter les questions

Extrait du plan de charpente Échelle non définie	DT5
---	------------



Arche Poutre EC2 Version 2023

REMARQUE : Les cotes sont indiquées en cm.



Arche Poutre EC2 Version 2023

Les textes peu lisibles ne sont pas utiles pour traiter les questions

Plan de ferrailage des longrines 67 et 68

DT6

BTS BÂTIMENT

U41 - Dimensionnement et vérification d’ouvrages

Code : 26BTE4DVO

SESSION 2026

Page 13 sur 18

Organigramme de calcul des armatures longitudinales en flexion simple, section rectangulaire – Eurocode 2 (EC2)

Données

Catégorie de durée d'utilisation de projet : 4

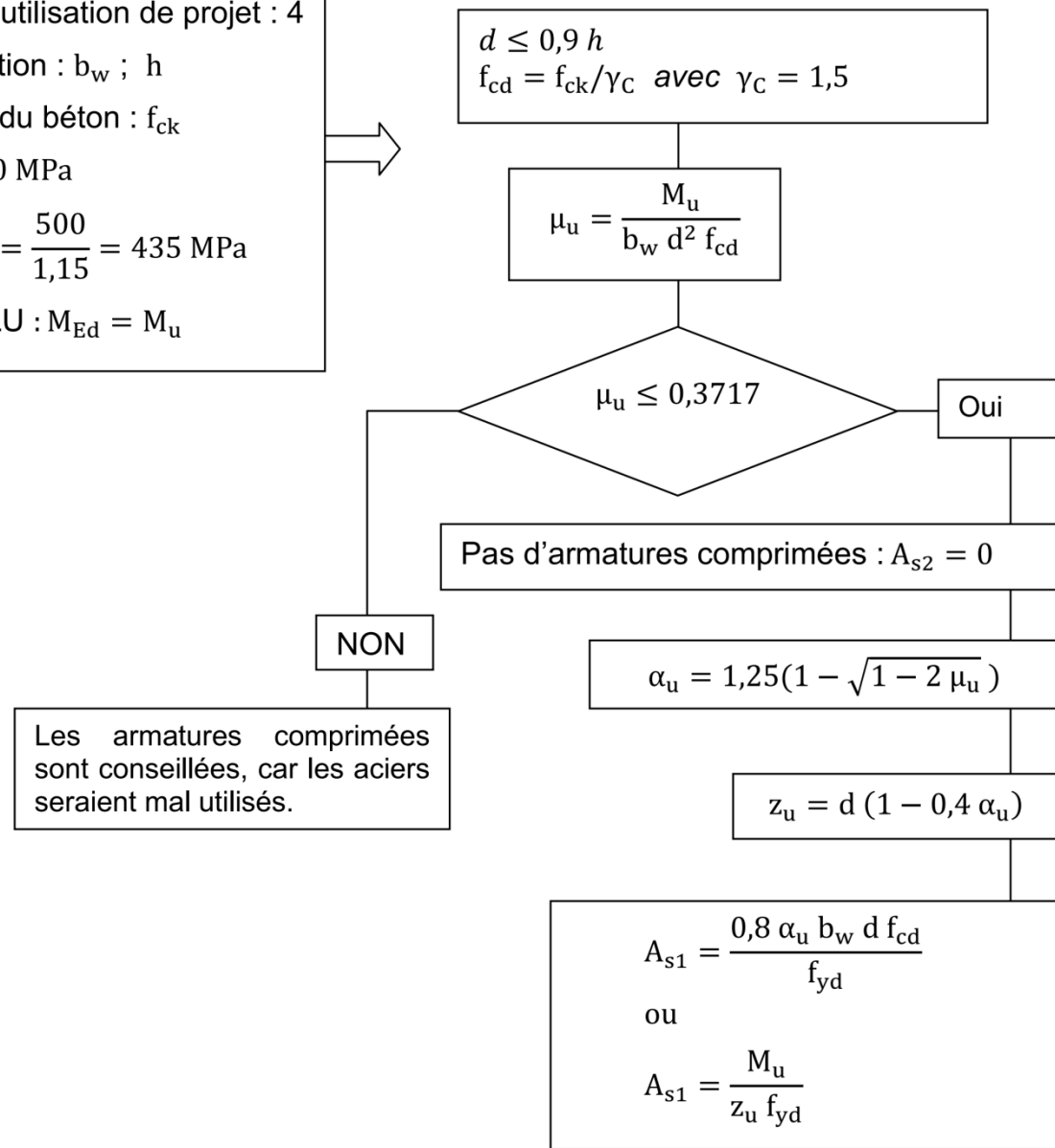
Dimensions de la section : b_w ; h

Classe de résistance du béton : f_{ck}

Acier B500 : $f_{yk} = 500$ MPa

$$f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s} = \frac{500}{1,15} = 435 \text{ MPa}$$

Moment de flexion ELU : $M_{Ed} = M_u$



Sections minimale et maximale d'armatures longitudinales tendues :

$$A_{s1} > A_{s,min} = \max \left[0,26 \frac{f_{ctm}}{f_{yk}} b_t d ; 0,0013 b_t d \right] \text{ condition de non-fragilité}$$

avec $b_t = b_w$

$$A_{s1} < 0,04 A_c \quad \text{avec } A_c \text{ aire de la section droite de béton}$$

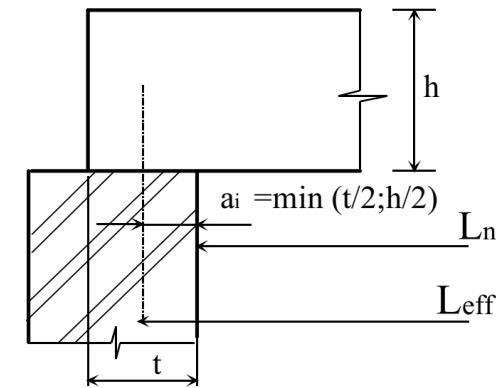
Portées utiles (de calcul) des poutres – Extrait Eurocode 2 (EC2)

La portée utile l_{eff} d'un élément peut être calculée de la manière suivante :

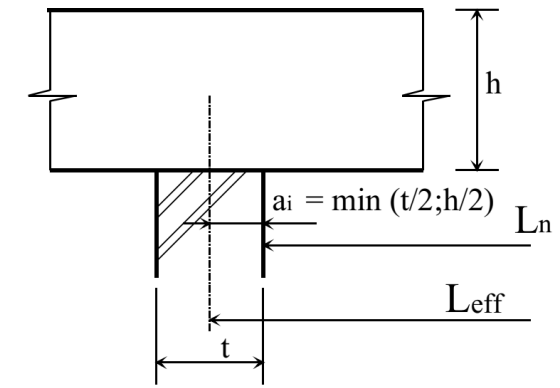
$$l_{eff} = l_n + a_1 + a_2$$

Avec :

- l_n : distance libre entre les nus d'appuis.
- Les valeurs a_1 et a_2 à chaque extrémité de la portée, peuvent être déterminées à partir des valeurs correspondantes a_i de la figure ci-dessous :



(a) Eléments isostatiques



(b) Eléments continus

Vérification du lit inférieur sur appui – Extrait Eurocode 2 (EC2)

L'effort de traction à ancrer sur les appuis de rive et intermédiaires est noté F_{Ed} .

Cet effort F_{Ed} conditionne la section droite du 1^{er} lit d'armatures longitudinales et son ancrage.

$$A_{s,appui} = \frac{F_{Ed}}{f_{yd}} \quad \text{avec } f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s} \quad \text{et } \gamma_s = 1,15$$

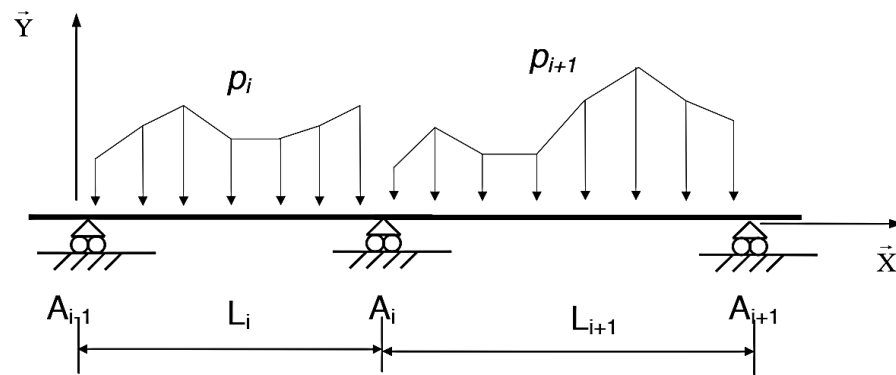
Valeurs de F_{Ed}	Poutres
Appui d'extrémité Pour simplifier nous prenons	$F_{Ed} = V_{Ed} $
Appui intermédiaire Si $F_{Ed} \leq 0$, il faut ancrer les barres de 10ϕ dans l'appui. M_{Ed} est la valeur algébrique du moment sur l'appui intermédiaire.	$ V_{Ed} + \frac{M_{Ed}}{0,9d}$

DT7

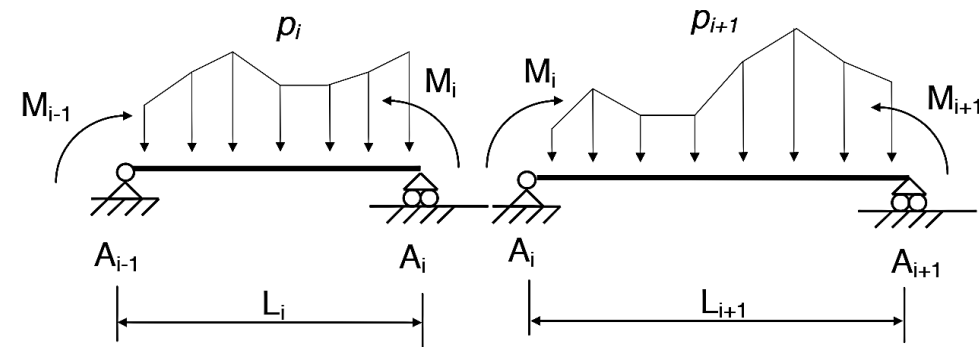
Théorème des trois moments (formule de Clapeyron)

Hypothèses : EI = constante sur l'ensemble de la poutre, en l'absence de dénivellations d'appuis.

(S)

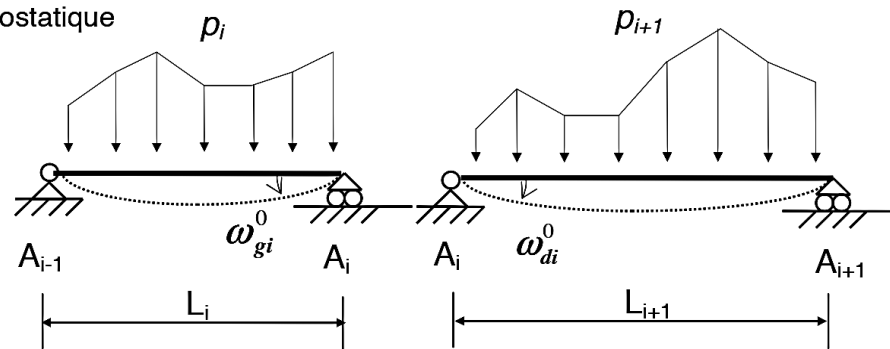


(S)



Système isostatique associé

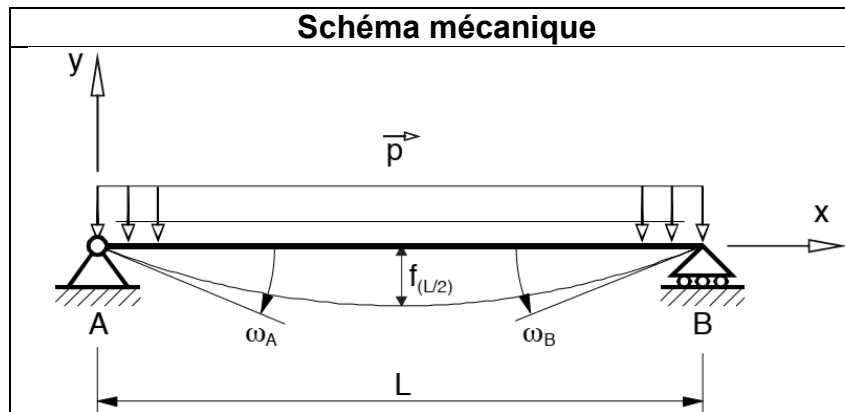
(S⁰)



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

Rotations aux appuis

Schéma mécanique



Rotations aux appuis

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

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

Sections d'aciers en barres

Diamètre	Poids	Périmètre	Section pour N barres en cm ²									
mm	kg/m	cm	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
5	0,154	1,57	0,196	0,393	0,589	0,785	0,982	1,18	1,37	1,57	1,77	1,96
6	0,222	1,88	0,283	0,565	0,848	1,13	1,41	1,70	1,98	2,26	2,54	2,83
8	0,395	2,51	0,503	1,01	1,51	2,01	2,51	3,02	3,52	4,02	4,52	5,03
10	0,617	3,14	0,785	1,57	2,36	3,14	3,93	4,71	5,50	6,28	7,07	7,85
12	0,888	3,77	1,13	2,26	3,39	4,52	5,65	6,79	7,92	9,05	10,18	11,31
14	1,208	4,40	1,54	3,08	4,62	6,16	7,70	9,24	10,78	12,32	13,85	15,39
16	1,578	5,03	2,01	4,02	6,03	8,04	10,05	12,06	14,07	16,08	18,10	20,11
20	2,466	6,28	3,14	6,28	9,42	12,57	15,71	18,85	21,99	25,13	28,27	31,42
25	3,853	7,85	4,91	9,82	14,73	19,63	24,54	29,45	34,36	39,27	44,18	49,09
32	6,313	10,05	8,04	16,08	24,13	32,17	40,21	48,25	56,30	64,34	72,38	80,42
40	9,865	12,57	12,57	25,13	37,70	50,27	62,83	75,40	87,96	100,53	113,10	125,66

DT8

Pour le moment de flexion :

On doit vérifier : $M_{Ed} \leq M_{c,Rd}$

où M_{Ed} : Moment fléchissant (agissant) de calcul sollicitant la section droite à l'ELU.
 $M_{c,Rd}$: Résistance de calcul à la flexion de la section à l'ELU.

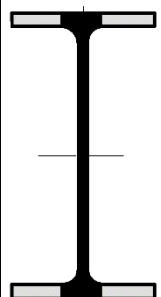
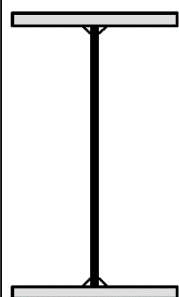
Pour une section de classe 1 ou 2	Pour une section de classe 3
$M_{c,Rd} = M_{pl,Rd}$ (moment résistant plastique)	$M_{c,Rd} = M_{el,Rd}$ (moment résistant élastique)
$M_{pl,Rd} = W_{pl} \times \frac{f_y}{\gamma_{M0}}$	$M_{el,Rd} = W_{el,min} \times \frac{f_y}{\gamma_{M0}}$

Pour l'effort tranchant :

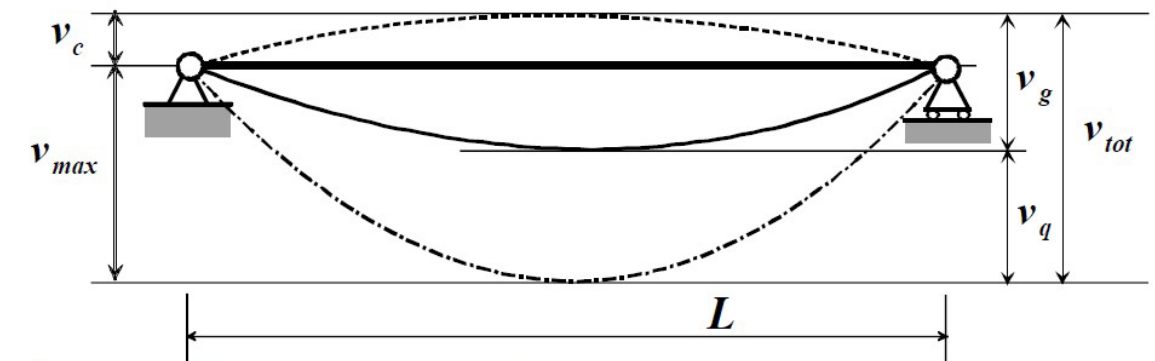
On doit vérifier : $\frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} \leq 1,0$

Calcul plastique : $V_{c,Rd} = V_{pl,Rd} = A_v \frac{1}{\sqrt{3}} \frac{f_y}{\gamma_{M0}} = 0,58 A_v \frac{f_y}{\gamma_{M0}}$

où V_{Ed} : Effort tranchant (agissant) de calcul à l'ELU.
 $V_{pl,Rd}$: Effort tranchant résistant à l'E.L.U. ;
 A_v : Aire de cisaillement donnée dans les catalogues des caractéristiques des profilés.

 Laminés marchands : Les valeurs de l'aire plastifiée (A_v) sont données sur les tableaux de caractéristiques des profilés.	 Profilés reconstitués soudés : Pour les P.R.S., la valeur de A_v est celle de l'âme seule.
---	---

Les valeurs limites sont destinées à être comparées aux valeurs calculées à partir des combinaisons E.L.S. (Etats Limites de Service).

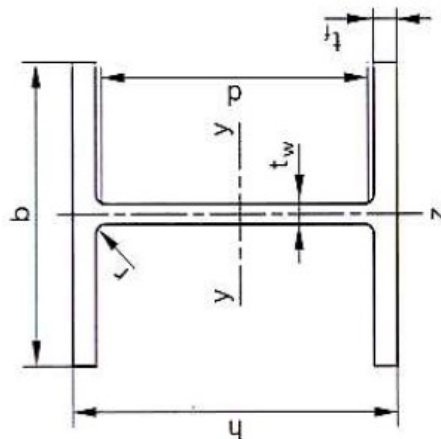


v_c : contreflèche dans l'élément structural non chargé ;
 v_g : flèche sous charges permanentes de la combinaison d'actions correspondante ;
 v_q : flèche sous charges variables de la combinaison d'actions correspondante ;
 v_{tot} : flèche totale $v_{tot} = v_g + v_q$;
 v_{max} : flèche résiduelle compte tenu de la contreflèche éventuelle. $v_{max} = v_g + v_q - v_c = v_{tot} - v_c$.

5.2 - Valeurs limites recommandées de flèches verticales pour les poutres de bâtiments

L : Portée de la poutre. (Pour les poutres en porte à faux, la longueur fictive L à considérer est égale à deux fois la longueur réelle du porte à faux.)

Conditions	Limites	
	v_{max}	v_q
Toitures en général (non accessible aux usagers sauf aux personnes chargées de l'entretien).	$L/200$	$L/250$
Toitures supportant fréquemment du personnel autre que le personnel d'entretien.	$L/200$	$L/300$
Planchers en général.	$L/200$	$L/300$
Planchers et toitures supportant des cloisons en plâtre ou en autres matériaux fragiles ou rigides.	$L/250$	$L/350$
Planchers supportant des poteaux.	$L/400$	$L/500$
Cas où v_{max} peut nuire à l'aspect du bâtiment.	$L/250$	



	Dimensions						Masse par mètre P kg/m	Aire de la section Aire de cm ²	Surface de peinture m ² /m m ² /t	Caractéristiques de calcul										
	h mm	b mm	t _w mm	t _f mm	r mm	d mm				I _y cm ⁴	W _{el,y} cm ³	i _y cm	W _{pl,y} cm ³	A _{yz} cm ²	I _z cm ⁴	W _{el,z} cm ³	i _z cm	W _{pl,z} cm ³	A _{vy} cm ²	
HEA 100	96	100	5.0	8.0	12	56	16.7	21.2	0.561	33.68	349.2	72.8	4.06	83.0	7.6	133.8	26.8	2.51	41.1	16.9
HEA 120	114	120	5.0	8.0	12	74	19.9	25.3	0.677	34.06	606.2	106.3	4.89	119.5	8.5	230.9	38.5	3.02	58.9	20.1
HEA 140	133	140	5.5	8.5	12	92	24.7	31.4	0.794	32.21	1033.1	155.4	5.73	173.5	10.1	389.3	55.6	3.52	84.8	24.8
HEA 160	152	160	6.0	9.0	15	104	33.4	38.8	0.906	29.78	1673.0	220.1	6.57	245.1	13.2	615.5	76.9	3.98	117.6	30.1
HEA 180	171	180	6.0	9.5	15	122	35.5	45.3	1.024	28.83	2510.3	293.6	7.45	324.9	14.5	924.6	102.7	4.52	156.5	35.5
HEA 200	190	200	6.5	10.0	18	134	42.3	53.8	1.136	26.89	3692.2	388.6	8.28	429.5	18.1	1335.6	133.6	4.98	203.8	41.6
HEA 220	210	220	7.0	11.0	18	152	50.5	64.5	1.255	24.85	5409.7	515.2	9.17	568.5	20.7	1954.5	177.7	5.51	270.6	50.2
HEA 240	230	240	7.5	12.0	21	164	60.3	76.8	1.369	22.70	7763.2	675.1	10.05	744.6	25.2	2768.9	230.7	6.00	351.7	59.7
HEA 260	250	260	7.5	12.5	24	177	68.2	86.8	1.484	21.77	10455	836.4	10.97	919.8	28.8	3668.2	282.6	6.50	430.2	67.4
HEA 280	270	280	8.0	13.0	24	196	76.4	97.3	1.603	20.99	13673	1012.8	11.86	1112.2	31.7	4763.0	340.2	7.00	518.1	75.4
HEA 300	290	300	8.5	14.0	27	208	88.3	112.5	1.717	19.43	18263	1259.6	12.74	1383.3	37.3	6310.5	420.7	7.49	641.2	87.0
HEA 320	310	300	9.0	15.5	27	225	96.6	124.4	1.756	17.98	22928	1479.3	13.58	1628.1	41.1	6985.8	465.7	7.49	709.7	96.2
HEA 340	330	300	9.5	16.5	27	243	104.8	133.5	1.795	17.13	27693	1678.4	14.40	1850.5	45.0	7436.3	495.8	7.46	755.9	102.5
HEA 360	350	300	10.0	17.5	27	261	112.1	142.8	1.834	16.36	33090	1890.8	15.22	2088.5	49.0	7886.8	525.8	7.43	802.3	108.7
HEA 400	390	300	11.0	19.0	27	298	124.8	159.0	1.912	15.32	45069	2311.3	16.84	2561.8	57.3	8563.1	570.9	7.34	872.9	118.2
HEA 450	440	300	11.5	21.0	27	344	139.8	178.0	2.011	14.39	63722	2896.4	18.92	3215.9	65.8	9464.2	630.9	7.29	965.1	130.4
HEA 500	490	300	12.0	23.0	27	390	155.1	197.5	2.110	13.60	86975	3550.0	20.98	3948.9	74.7	10365.6	91.0	7.24	1058.5	142.7
HEA 550	540	300	12.5	24.0	27	438	166.2	211.8	2.209	13.29	111932	4145.6	22.99	4321.8	83.7	10817.2	121.1	7.15	1106.9	148.6
HEA 600	590	300	13.0	25.0	27	486	177.8	226.5	2.308	12.98	141208	4786.7	24.97	5350.4	93.2	11269.1	151.3	7.05	1155.7	155.2

DT10

Vérification simplifiée des contraintes normales à la flexion simple – Eurocode 5 (EC5)

Critère de résistance d'une section / contraintes normales : $\frac{\sigma_{m,d}}{f_{m,d}} \leq 1$

$f_{m,d}$: résistance de calcul à la flexion du bois : $f_{m,d} = k_h \times k_{mod} \times \frac{f_{m,k}}{\gamma_M}$;

$\sigma_{m,d}$: contrainte maximale de calcul en flexion (sur les fibres extrêmes) engendrée par le moment de flexion M à l'E.L.U. ;

$f_{m,k}$: résistance caractéristique à la flexion du bois ;

γ_M : coefficient partiel de propriété du matériau pour le bois à l'E.L.U. ;

k_{mod} : coefficient modificatif pour classes de service et classes de durée de charges ;

k_h : coefficient modificatif tenant compte de la hauteur de la poutre.

Vérification simplifiée des contraintes de cisaillement – Eurocode 5 (EC5)

Rappel : pour une section rectangulaire, la contrainte de cisaillement maximum vaut : $\tau_d = \frac{3 \times V_{Ed}}{2 \times b \times h}$.

Critère de résistance d'une section au cisaillement : $\frac{\tau_d}{f_{v,d}} \leq 1$.

$f_{v,d}$: résistance de calcul au cisaillement du bois : $f_{v,d} = k_{mod} \times \frac{f_{v,k}}{\gamma_M}$;

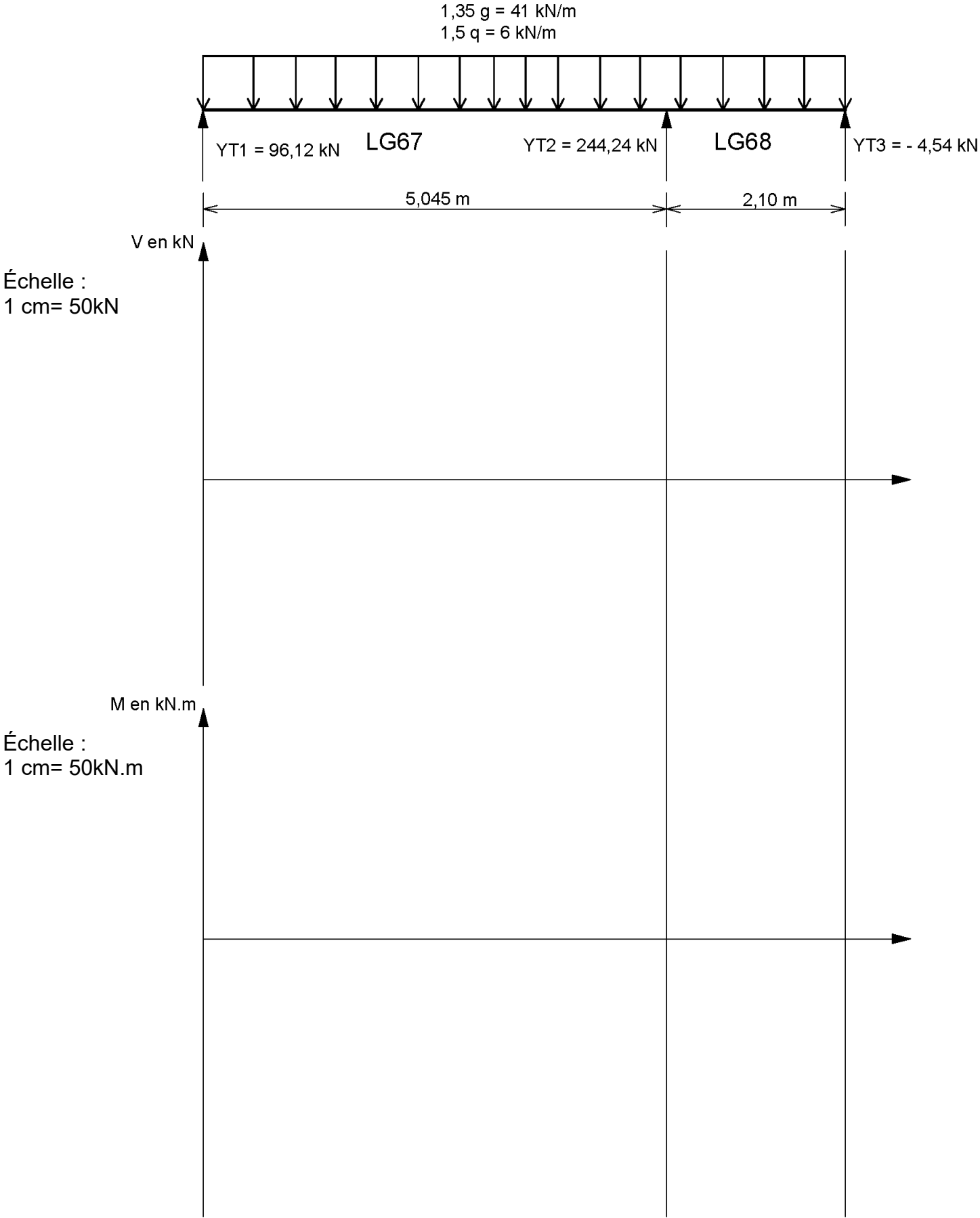
τ_d : contrainte maximale de calcul de cisaillement engendrée par l'effort tranchant V à l'E.L.U. ;

γ_M : coefficient partiel de propriété du matériau pour le bois à l'E.L.U. ;

k_{mod} : coefficient modificatif pour classes de service (pour tenir compte de l'humidité du matériau) et classes de durée de chargement ;

DT11

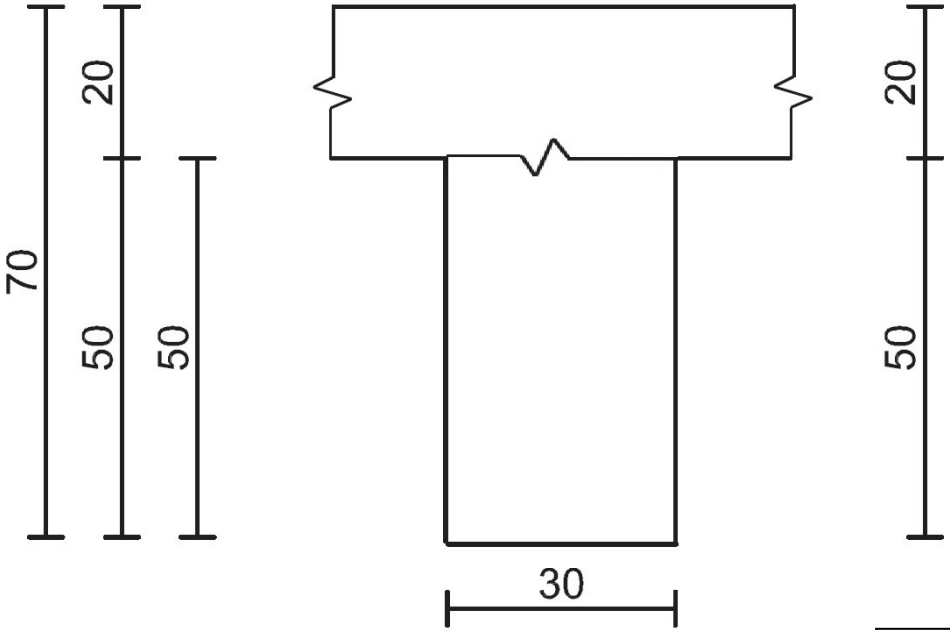
Question 4



DR1

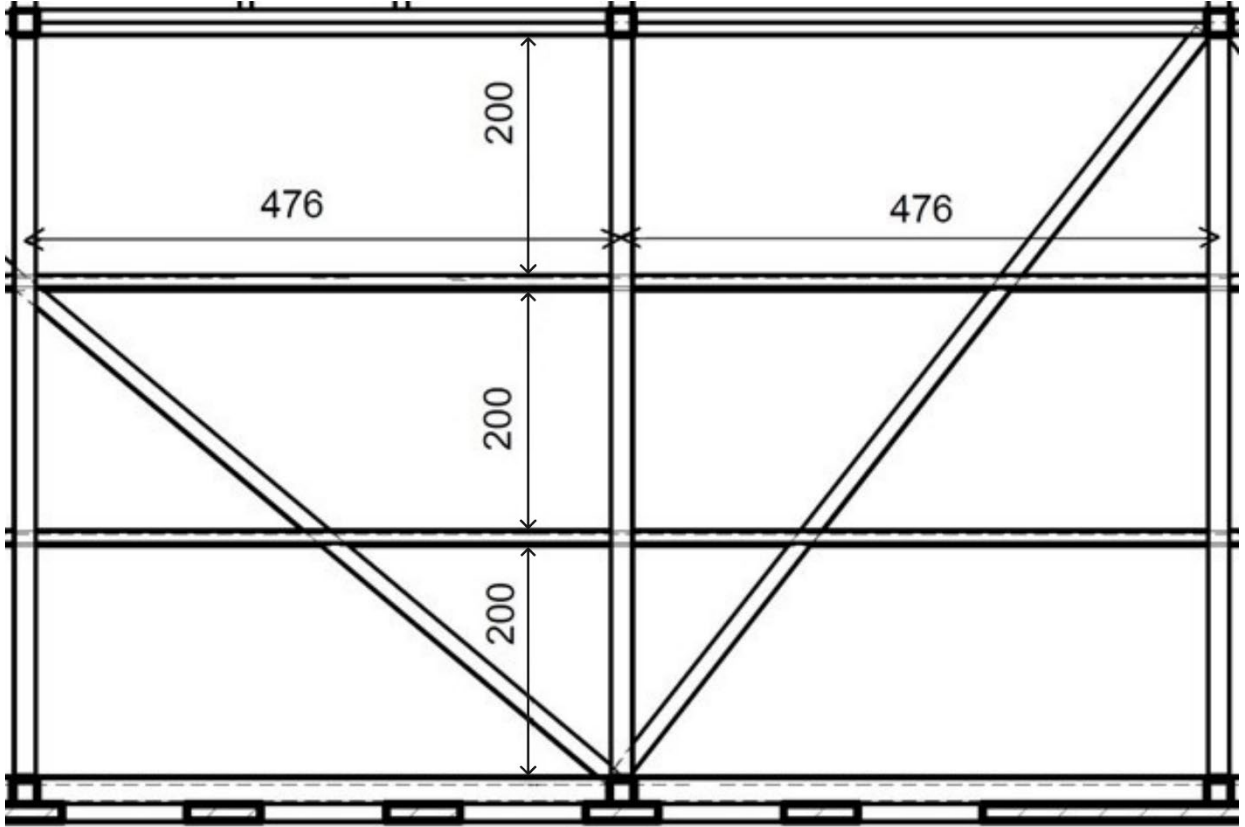
Document à restituer obligatoirement avec la copie

Question 9
Coupe A-A



DR2

Question 18



DR3

Modèle CCYC : ©DNE
NOM DE FAMILLE :

(en majuscules)

PRENOM :

(en majuscules)

N° candidat :

N° d'inscription :



Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

Né(e) le :

(Les numéros figurent sur la convocation, si besoin demander à un surveillant.)