

BREVET DE TECHNICIEN SUPÉRIEUR BÂTIMENT

Épreuve E4 – Étude technique

**Sous - épreuve E41
Dimensionnement et vérification d'ouvrages**

SESSION 2019

Durée : 4 heures

Coefficient : 2

Matériel autorisé : l'usage de tout modèle de calculatrice, avec ou sans mode examen, est autorisé.

« Le document réponse, même vierge, doit être rendu avec la copie. »

Dès que le sujet vous est remis, assurez-vous qu'il est complet. Ce sujet comporte 23 pages numérotées de 1/23 à 23/23.

Projet « Magasin de sport »

Contenu du dossier

Page 2	: Présentation de l'ouvrage
Page 3	: Caractéristiques des matériaux utilisés sur l'ouvrage et charges surfaciques
Pages 4 à 7	: Travail demandé
Page 8	: DT 1 - Plan de masse
Page 9	: DT 2 - Façades
Page 10	: DT 3 - Plan du rez-de-chaussée
Page 11	: DT 4 - Vue en coupe portique file 2
Page 12	: DT 5 - Plan de toiture
Page 13	: DT 6 - Plan du plancher haut du rez-de-chaussée de l'îlot central
Page 14	: DT 7 - Extrait du plan d'implantation
Page 15	: DT 8 - Extrait de la note de calcul des actions de liaisons du portique de la file 2 et plan de ferrailage du massif PR5
Page 16 à 22	: DT 9 à 15 - Extrait du formulaire RDM et Eurocodes
Page 23	: DR - Document Réponse

Barème

ÉTUDE A	Vérification des pannes de la toiture	8,5 points
ÉTUDE B	Vérification du ferrailage des massifs des portiques	4,5 points
ÉTUDE C	Étude de la poutre continue de l'îlot central	4 points
ÉTUDE D	Étude du poteau central de la poutre continue de l'îlot	3 points

Présentation de l'ouvrage

Voir l'ensemble du dossier technique

DT1 à DT5

Description :

L'étude porte sur la construction d'un magasin de sport. Le terrain est constitué d'un bâtiment existant. Une partie de ce bâtiment sera détruite et une partie sera conservée en mitoyenneté du magasin (DT 1).

Le magasin de sport est décomposé en deux parties, une zone dédiée spécifiquement au matériel « RUNNING » et une zone pour l'ensemble des articles de sport. Un îlot central dans cette dernière zone est dédié aux vestiaires, sanitaires, avec un espace de détente du personnel ainsi que des bureaux et un espace de stockage. La partie du bâtiment existant conservée sera utilisée pour le stationnement de vélos. Une zone « ATELIER » sera également aménagée. Le reste de la zone est aménagée pour la vente de petits et gros matériels de sport.

Modes constructifs :

La structure principale du bâtiment est une ossature métallique. La zone de l'îlot central est une ossature en béton armé avec un rez-de-chaussée et un étage.

L'îlot central est composé de poteaux et de poutres en béton armé. Le plancher est une dalle pleine en béton armé.

Le sol du rez-de-chaussée est un dallage.

Les fondations sont des massifs en béton armé reliés par des longrines en béton armé également.

CARACTÉRISTIQUES DES MATÉRIAUX UTILISÉS SUR L'OUVRAGE :

Béton armé

- ✓ Béton C25/30 : $f_{ck} = 25$ MPa
 $f_{ctm} = 2,6$ MPa
- ✓ Armature B500 : $f_{yk} = 500$ MPa
- ✓ Poids volumique du béton armé : $\gamma_{B.A.} = 25$ kN/m³
- ✓ Coefficient partiel de sécurité sur les résistances : $\gamma_c = 1,5$
- ✓ Béton armé à l'intérieur du bâtiment : classe d'exposition XC1
- ✓ Béton armé pour les fondations : classe d'exposition XC2

Acier de la charpente métallique : S235 (classe 1)

- Limite élastique : $f_y = 235$ MPa
- Module d'élasticité longitudinale (module d'Young) : $E = 210\ 000$ MPa
- Coefficient partiel de sécurité sur les résistances, ELU : $\gamma_{M0} = 1$

CHARGES SURFACIQUES :

Charges permanentes

- Poids volumique du béton armé : 25 kN/m³
- Bac acier : 0,11 kN/m²
- Isolant thermique en toiture : 0,09 kN/m²
- Membrane PVC : 0,10 kN/m²
- Dalle suspendue : 0,10 kN/m²

Charges d'exploitation (aire de stockage îlot central) : 7,5 kN/m²

Charge de neige

- Neige sur toiture : 0,45 kN/m²
Altitude $H \leq 1000$ m au-dessus du niveau de la mer

TRAVAIL DEMANDÉ

ÉTUDE A – Vérification des pannes de la toiture

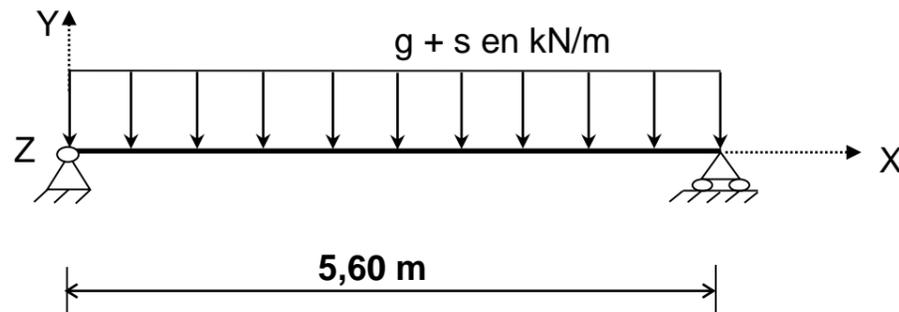
On s'intéresse dans cette partie à la vérification des pannes de toiture qui ont été prédimensionnées en phase d'avant projet. Le bureau d'études a fait le choix de réaliser des pannes isostatiques qui s'appuient sur des portiques à leurs extrémités. Il s'agit ici de valider le choix des profilés métalliques **IPE100** et les modélisations proposées par le bureau d'études.

Documents à consulter : DT4, DT5, DT9, DT10, DT11, DT12, DR

A1 - Étude de la première modélisation du bureau d'études :

Q1. À partir du plan de toiture sur le DT5, le projeteur va choisir la panne la plus sollicitée pour effectuer sa vérification. Quels sont les critères à prendre en compte pour identifier la panne la plus sollicitée ?

Pour la suite de l'étude, la panne représentée sur le DT5 est modélisée ci-dessous :



Q2. Déterminer les charges permanentes notées **g** en kN/m et les charges climatiques de neige notées **s** en kN/m (la pente de la toiture est négligée).

Q3. En considérant une charge $p_{ELS} = 1,50$ kN/m, déterminer la flèche maximale de cette panne.

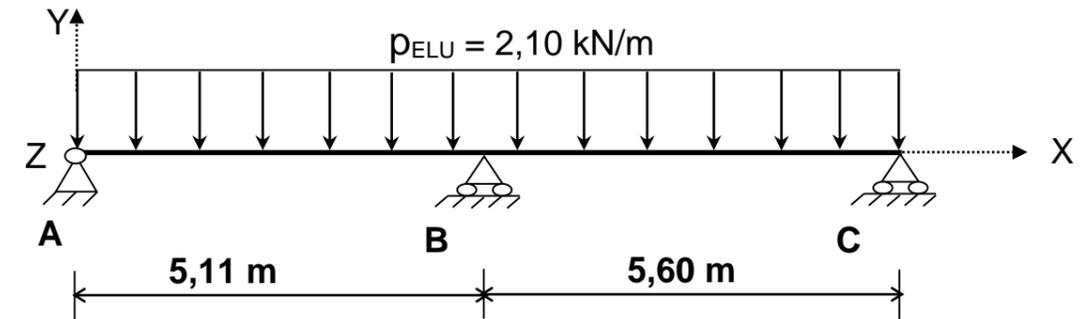
Q4. Déterminer la flèche limite de V_{max} à l'Eurocode 3.

Q5. À partir des résultats aux questions Q3 et Q4, conclure sur la validité de la modélisation du bureau d'études.

Q6. Proposer des solutions que le bureau d'études devra étudier si la vérification de la panne à l'Eurocode 3 n'est pas satisfaite (aucun calcul n'est demandé).

A2 - Étude de la deuxième modélisation du bureau d'études :

Le bureau d'études étudie également la modélisation suivante :



Q7. En utilisant le théorème des 3 moments, vérifier que le moment fléchissant à considérer sur l'appui intermédiaire pour le cas de charge envisagé est $M_B = -7,60$ kN.m

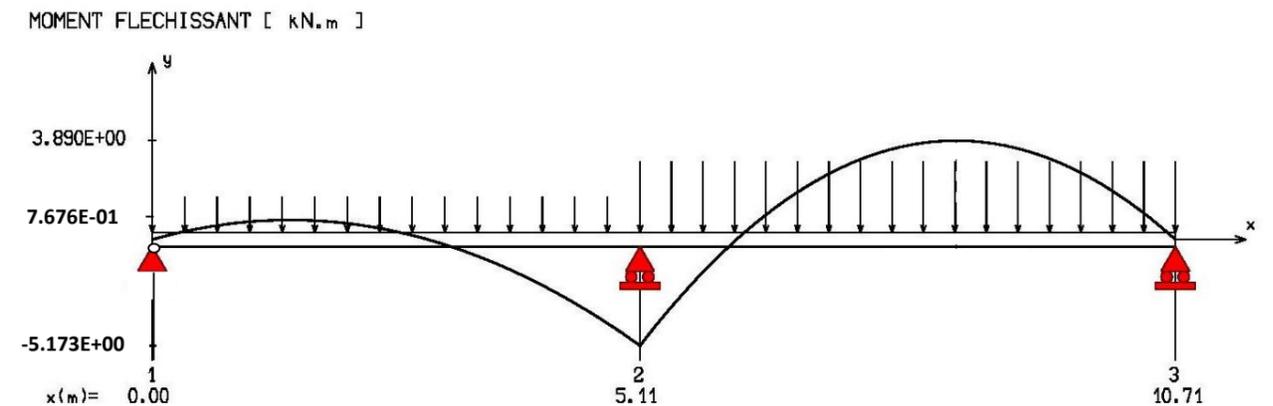
Q8. Sur le DR (page 23), tracer le diagramme de l'effort tranchant et du moment fléchissant. Préciser les valeurs particulières.

Q9. Vérifier le critère de résistance à l'Eurocode 3 pour le moment de flexion à la section sur l'appui intermédiaire B.

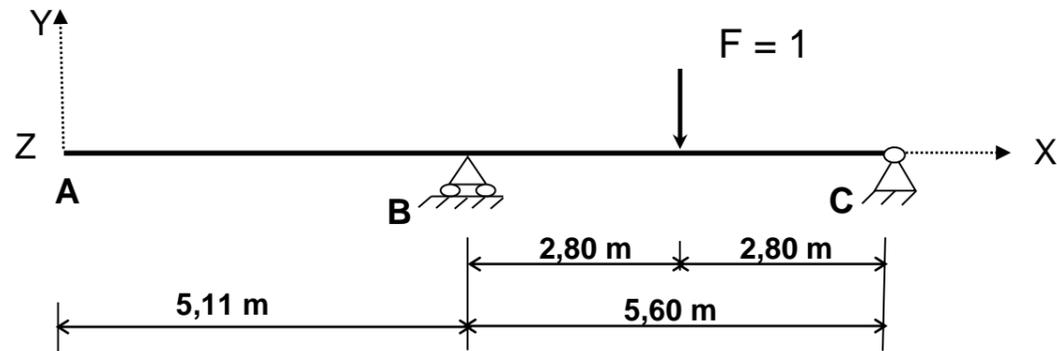
Q10. Vérifier le critère de résistance à l'Eurocode 3 pour l'effort tranchant à la section sur l'appui intermédiaire B. Prendre $V_{ELU} = 8$ kN.

Une simulation informatique a permis d'obtenir la courbe de moment fléchissant à l'ELS ci-dessous, correspondant au cas de charge permettant d'avoir les valeurs maximales en travée BC.

Cas de charge : travée 1-2 : $p_{ELS} = 0,737$ kN/m travée 2-3 : $p_{ELS} = 1,5$ kN/m



Pour le calcul de la déformée, la structure isostatique associée est proposée ci-dessous :



Q11. À partir du diagramme de moment fléchissant obtenu par simulation informatique et de la structure isostatique associée (théorème de Pasternak), vérifier que la flèche maximale dans la travée BC vaut :

$$f_{BC} = \frac{9,07}{EI} \quad (\text{unité m, kN})$$

Q12. Vérifier le critère maximal de flèche à l'Eurocode 3 : $f_{BC} \leq L / 200$.

Q13. Conclure sur le choix de l'IPE 100 fait par le bureau d'études et sur les deux types de modélisations proposées.

ÉTUDE B – Vérification du ferrailage des massifs des portiques.

Le bureau d'études de la charpente métallique a réalisé une note de calcul pour la descente de charges jusqu'aux pieds des poteaux métalliques. Ce document est ensuite transmis au bureau d'études béton armé en charge du ferrailage des massifs de fondations. On souhaite contrôler certains résultats pour vérifier la cohérence de cette note de calcul et vérifier le ferrailage des massifs de fondation.

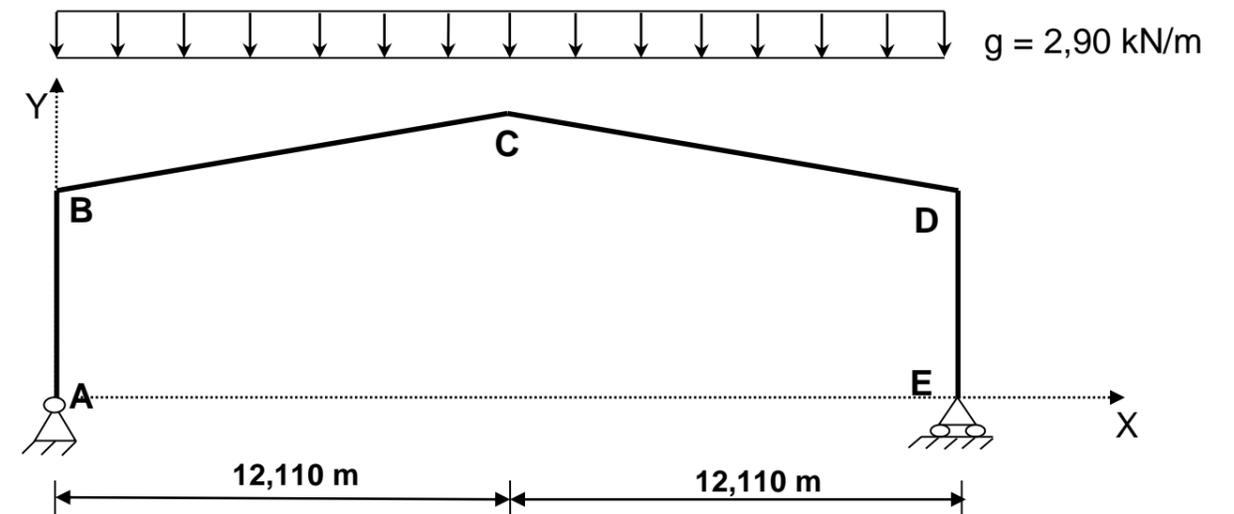
Documents à consulter : DT4, DT5, DT7, DT8, DT11, DT13, DT15

Partie B1 : Vérification de la note de calcul

On s'intéresse au portique de la file 2 qui supporte les pannes de la toiture.

Q14. À partir du DT7 présentant le pré-scellement PR5 de la liaison entre le poteau métallique et le massif de fondation, identifier le type de liaison mécanique. Justifier la réponse.

Pour la suite, la modélisation du portique de la file 2 ci-dessous sera étudiée.



Q15. Déterminer le degré d'hyperstaticité de cette structure. Justifier la réponse.

Q16. Déterminer les valeurs des actions de liaisons en A et E.

Q17. À partir de la note de calcul du bureau d'études, effectuée par logiciel informatique sur le DT8, identifier la valeur des actions de liaisons verticales obtenues, uniquement pour les charges permanentes.

Q18. Conclure sur la cohérence des résultats de la note de calcul.

Partie B2 : Vérification du ferrailage des massifs de fondation

On s'intéresse à présent au ferrailage des massifs en béton armé, en pied de poteaux métalliques. À partir de la note de calcul de la charpente métallique, le bureau d'études béton armé a dimensionné les massifs en béton armé.

Q19. À l'aide de la note de calcul en DT8, déterminer les cas de charge les plus défavorables pour dimensionner les massifs en béton armé.

Q20. À partir du plan de ferrailage du massif sur le DT8, déterminer la section d'armatures mise en place en fibre inférieure.

Q21. À l'aide du DT15, vérifier que le moment réglementaire est $M_{Ed} = 15,5 \text{ kN.m}$

On prendra $N_{Ed} = 95 \text{ kN}$ et $b = 300 \text{ mm}$

Q22. Calculer la section d'armatures longitudinales à mettre en place.

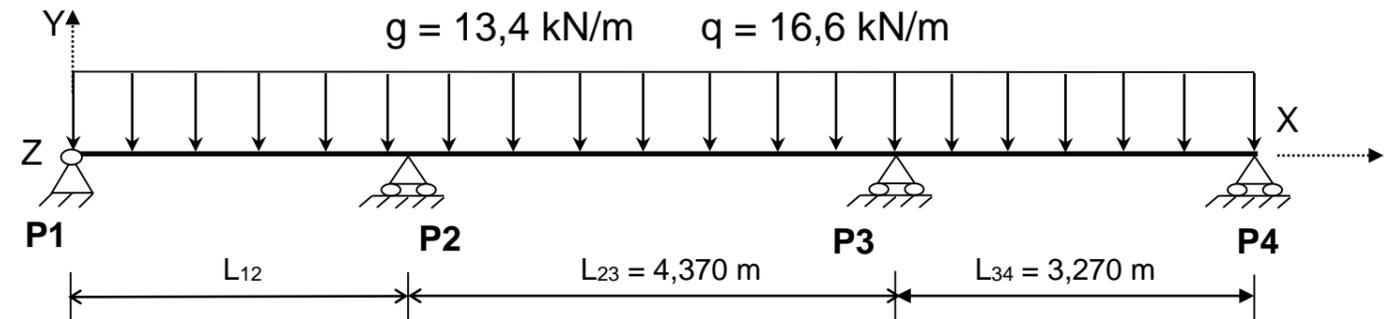
Q23. À partir de vos résultats aux questions Q20 et Q22, conclure sur le ferrailage mis en place en fibre inférieure par le bureau d'études.

ÉTUDE C - Étude de la poutre continue de l'îlot central.

L'étude porte sur la poutre continue à trois travées, repérée sur le DT6. On s'intéresse dans cette partie au dimensionnement d'une partie du ferrailage de cette poutre continue de l'îlot central.

Documents à consulter : DT3, DT6, DT11, DT13, DT14, DT15

La poutre continue est modélisée ci-dessous :



Q24. Déterminer la portée utile de la travée L_{12} . Justifier par le calcul la valeur des charges g et q sur la modélisation.

Q25. Dessiner le cas de charge à l'ELU permettant d'obtenir le moment fléchissant maximal en travée L_{34} .

Q26. Calculer la section d'armatures longitudinales à mettre en place en fibre inférieure sur la travée L_{34} . On prendra pour cela $M_{Ed} = 83 \text{ kN.m}$. Procéder au choix des armatures.

Q27. Déterminer et choisir les armatures d'effort tranchant et le premier espacement au nu de l'appui P3. On prendra pour cela $V_{Ed} = 162 \text{ kN}$. La vérification de la compression des bielles n'est pas demandée.

Q28. Positionner les aciers choisis sur un croquis de la section verticale.

ÉTUDE D – Étude du poteau central de la poutre continue de l'îlot.

L'étude porte sur le poteau central P3 de la poutre continue à trois travées, repérée sur le DT6. On s'intéresse dans cette partie au dimensionnement des armatures de ce poteau.

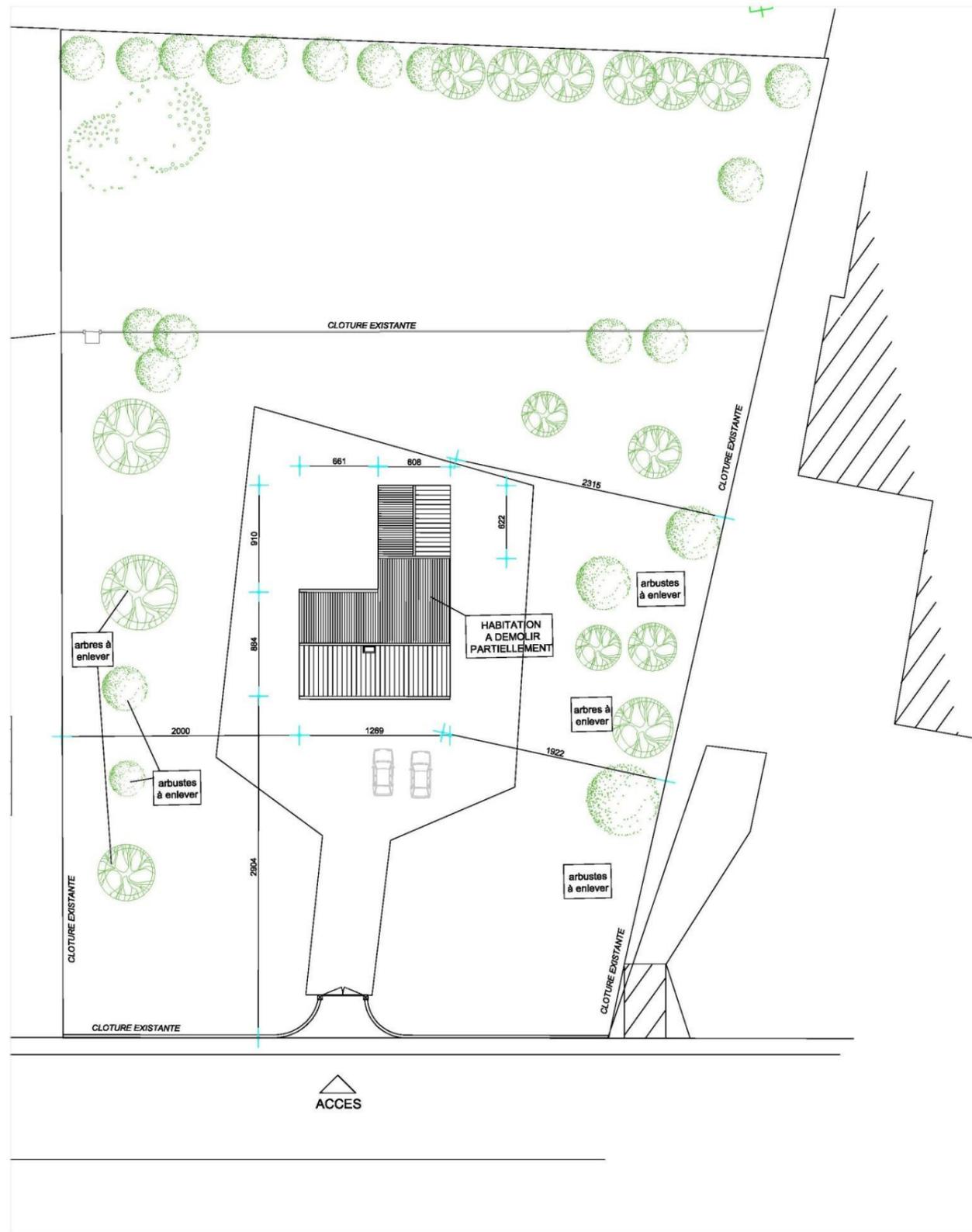
Documents à consulter : DT6, DT14, DT15

On donne l'effort normal à l'ELU repris par le poteau P3 : $N_{Ed} = 223 \text{ kN}$ et, la longueur efficace : $l_0 = 2,750 \text{ m}$.

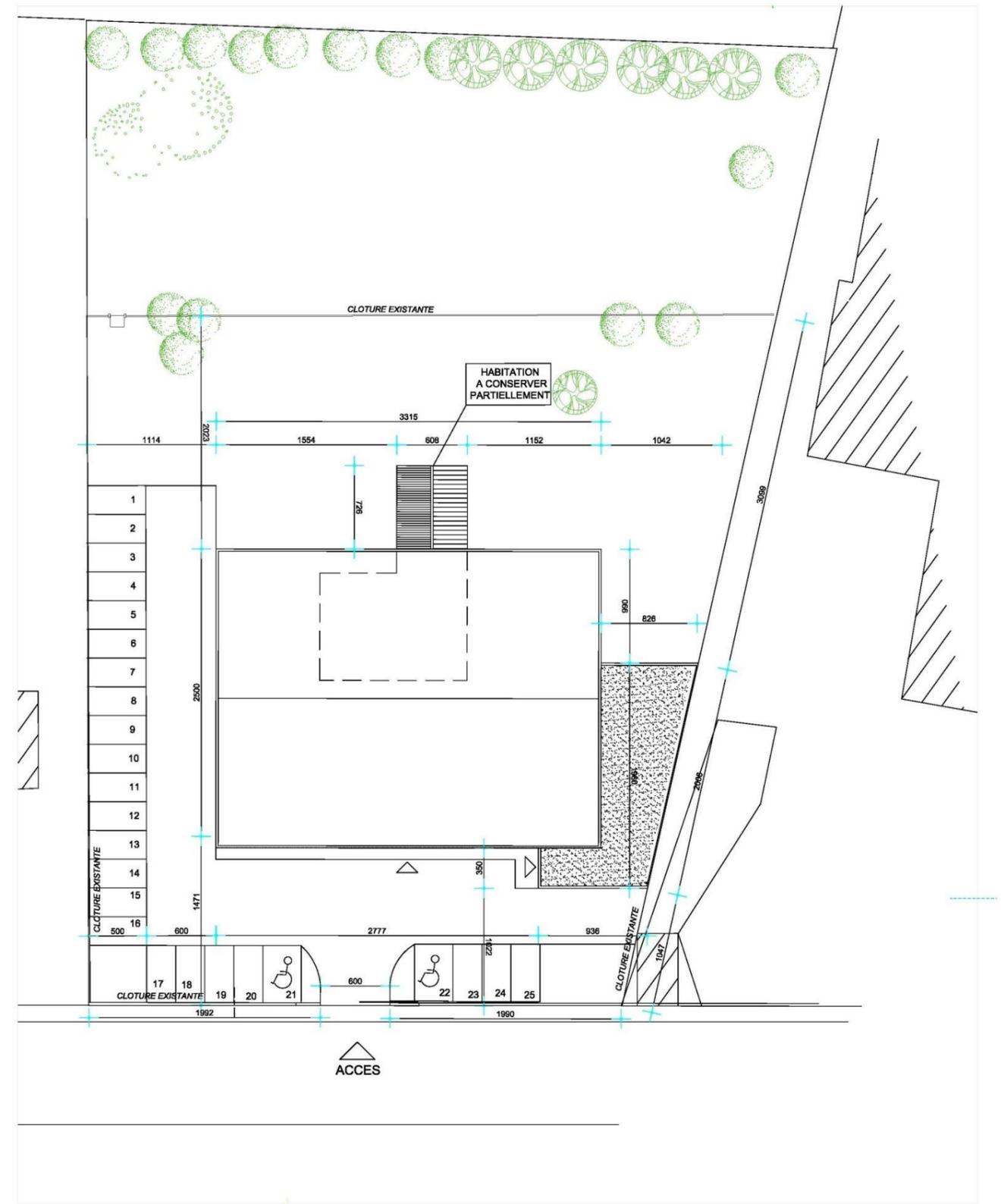
Q29. Calculer la section d'armatures longitudinales du poteau et choisir les aciers.

Q30. Choisir les armatures transversales en partie courante. Calculer l'espacement des cadres en partie courante.

Q31. Faire un croquis d'une section transversale du poteau en représentant toutes les armatures.



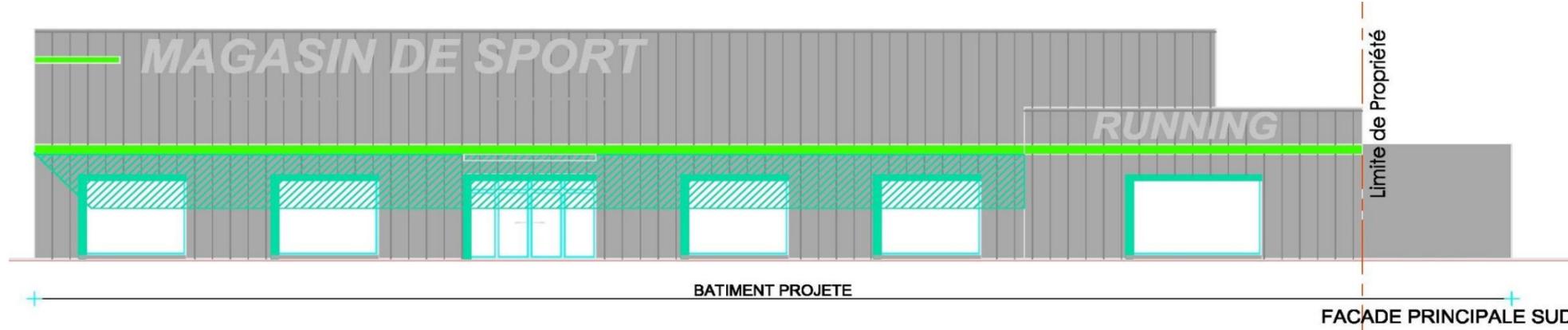
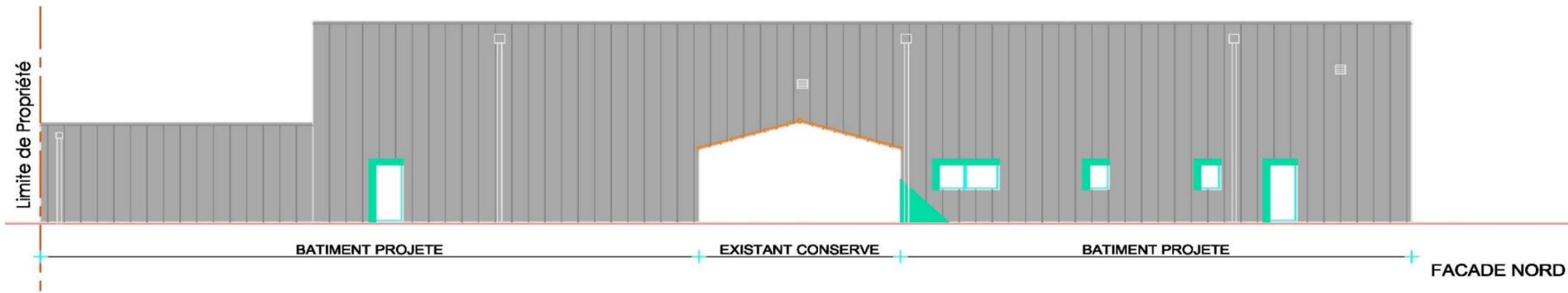
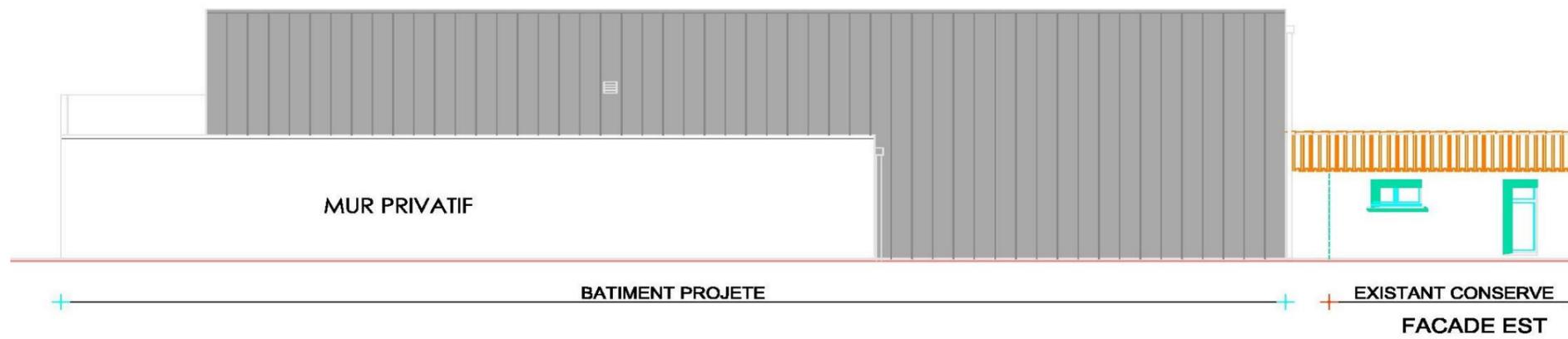
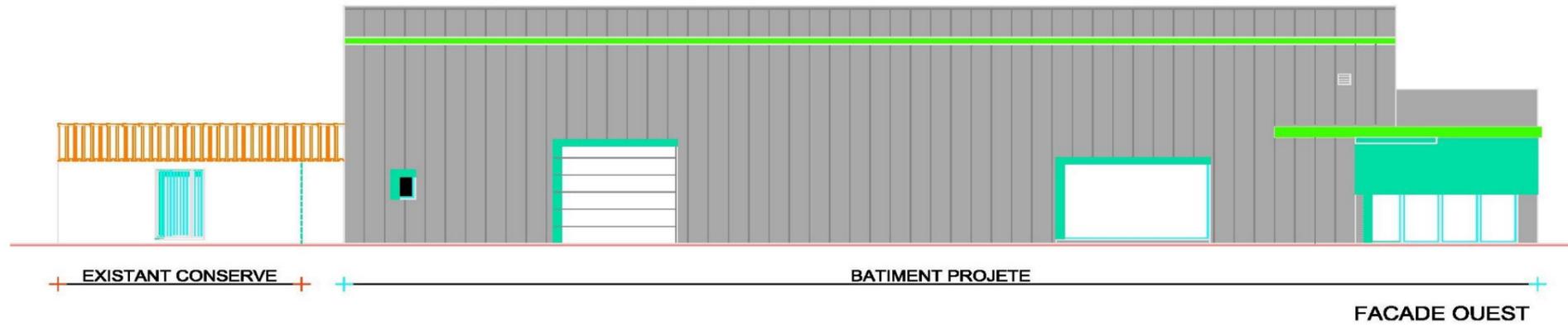
PLAN MASSE EXISTANT



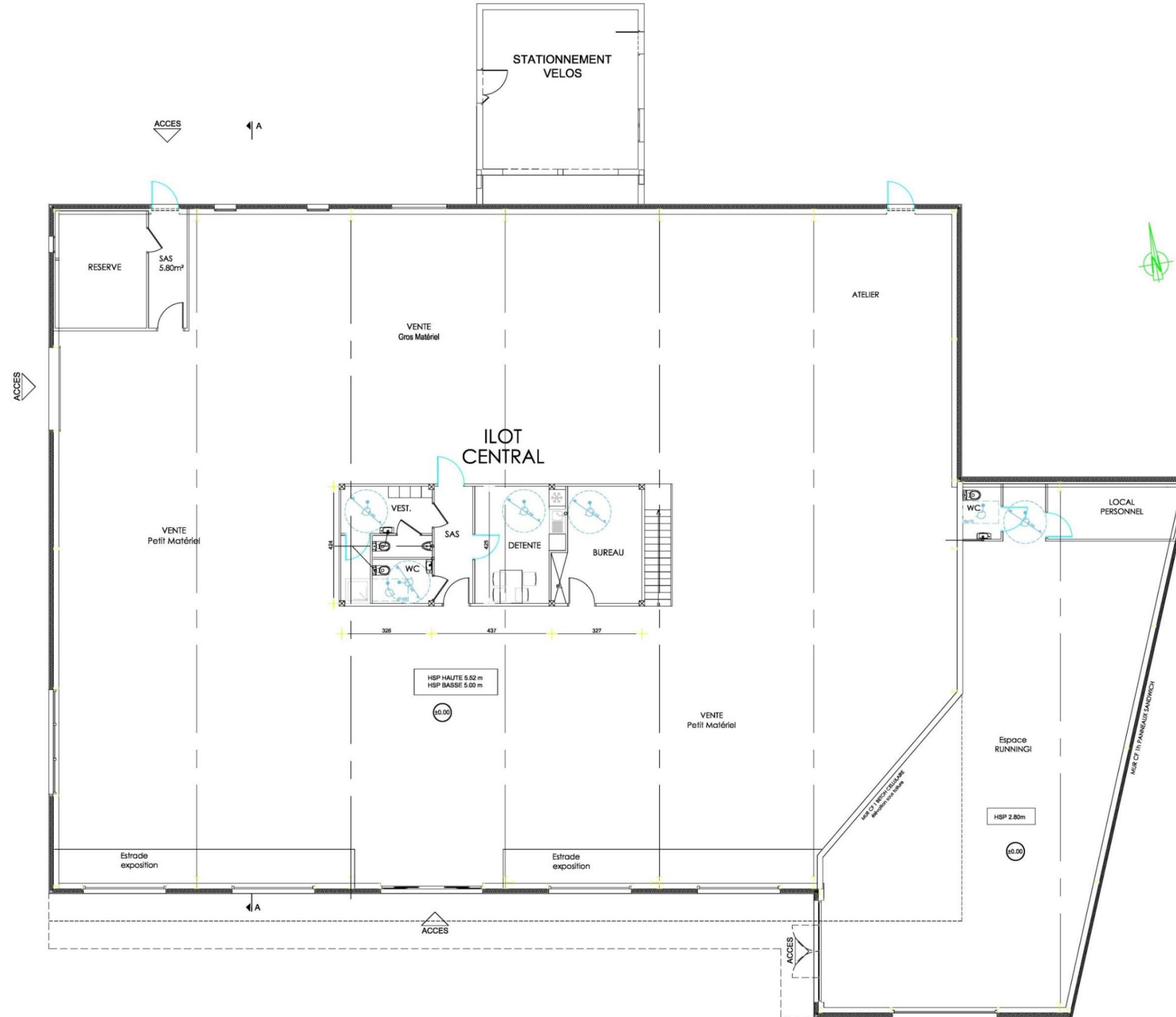
PLAN MASSE PROJET

Échelle non définie

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

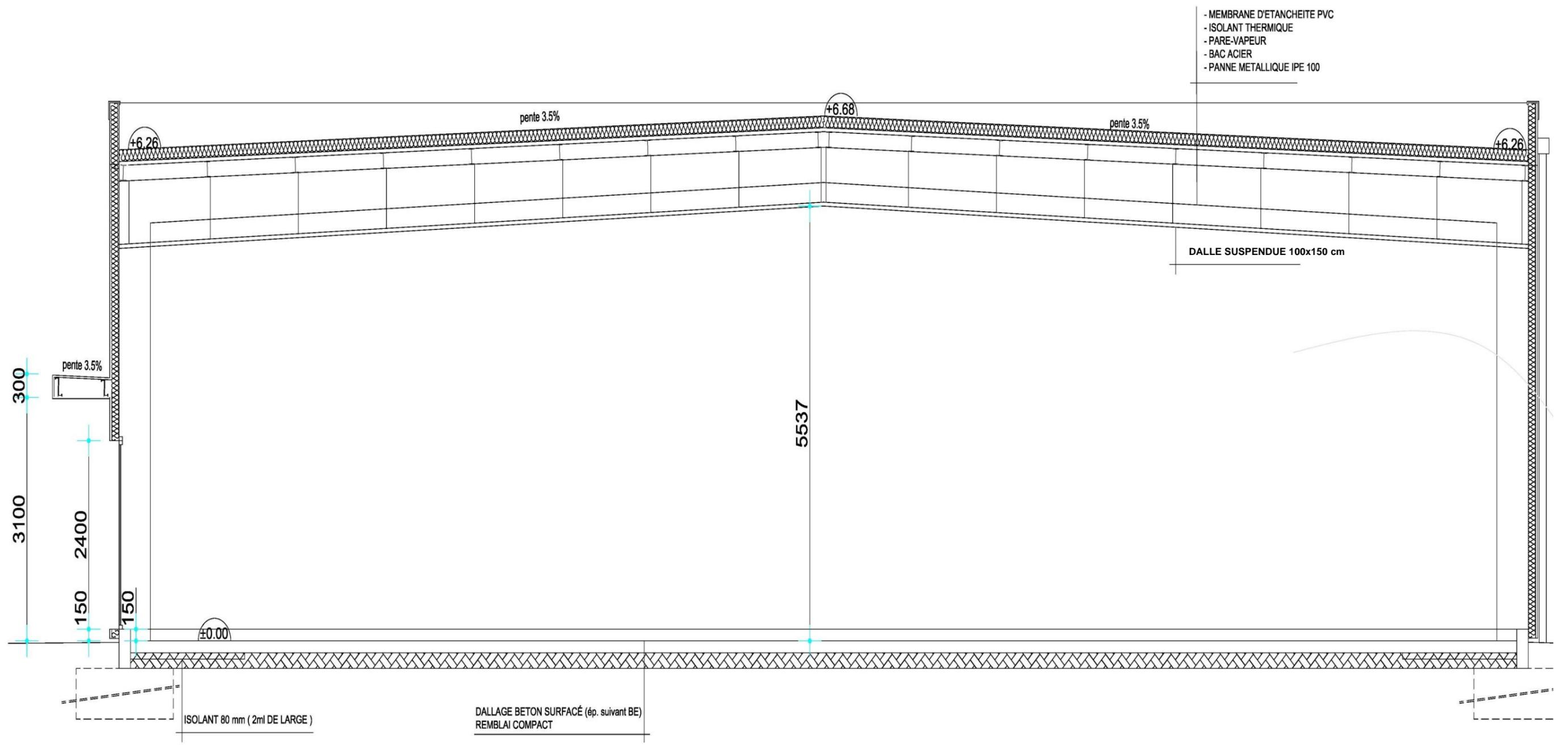


Les textes peu lisibles ne sont pas utiles pour traiter les questions



Échelle non définie

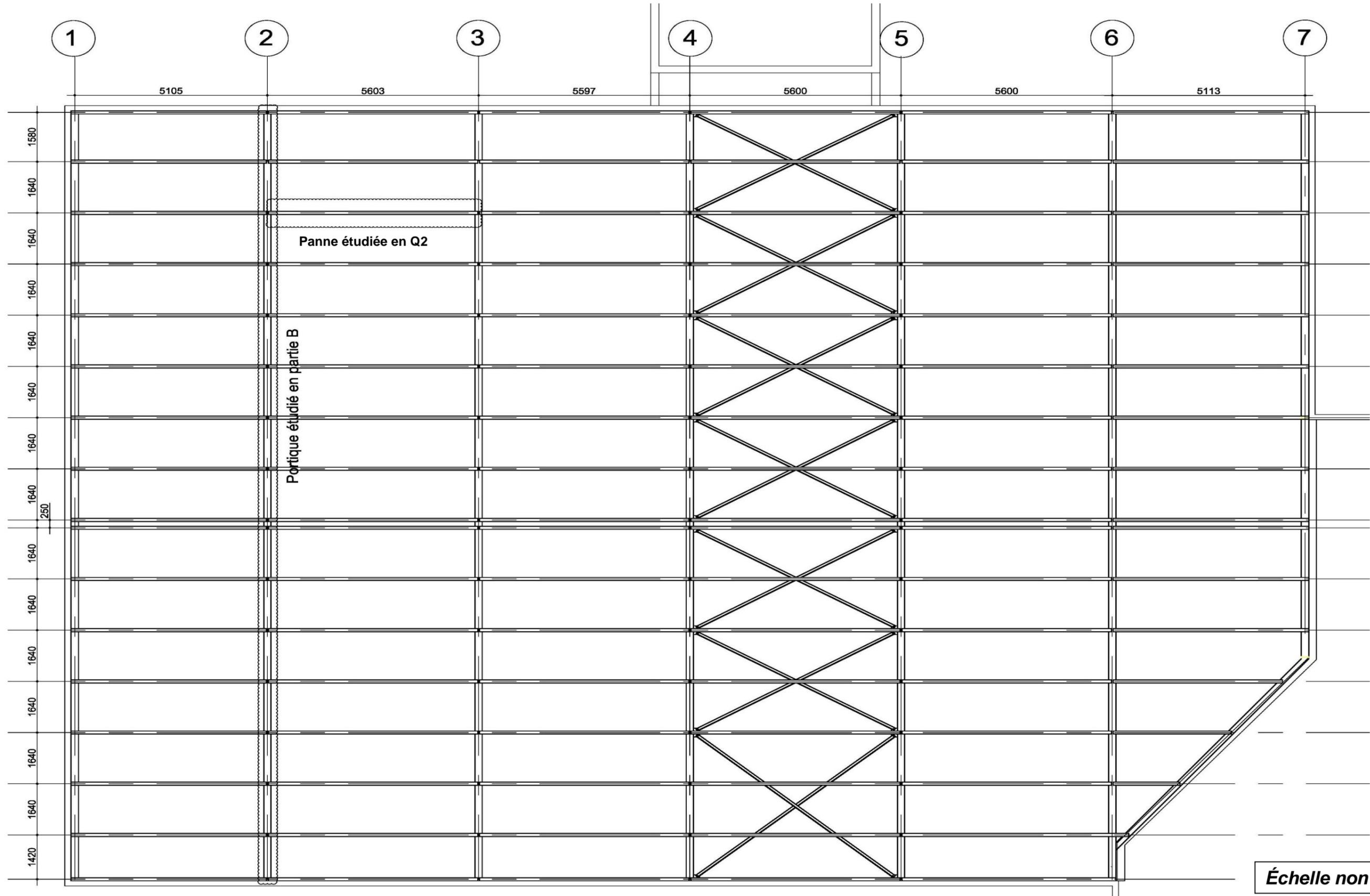
Les textes peu lisibles ne sont pas utiles pour traiter les questions



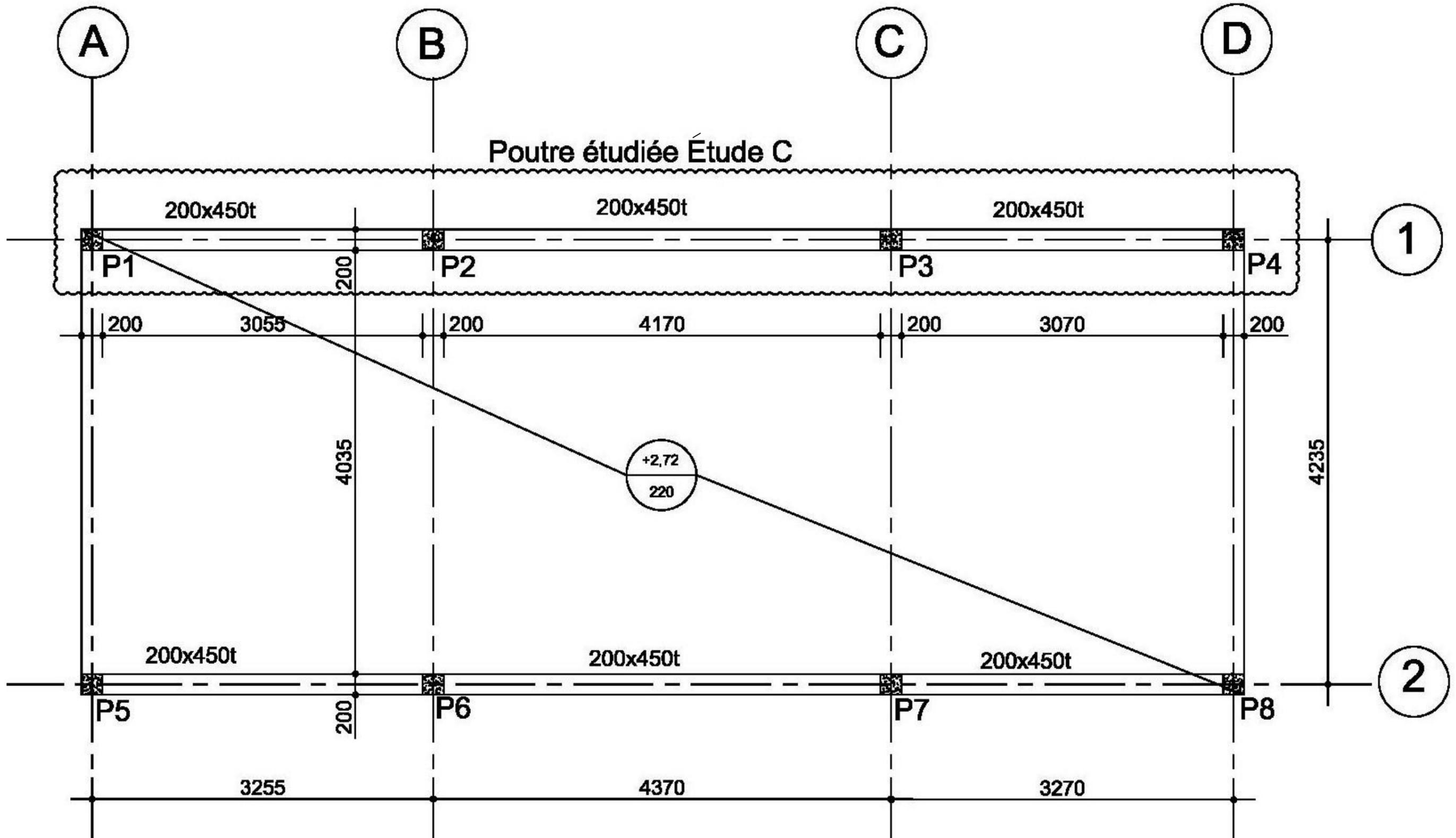
- MEMBRANE D'ETANCHEITE PVC
- ISOLANT THERMIQUE
- PARE-VAPEUR
- BAC ACIER
- PANNE METALLIQUE IPE 100

Échelle non définie

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

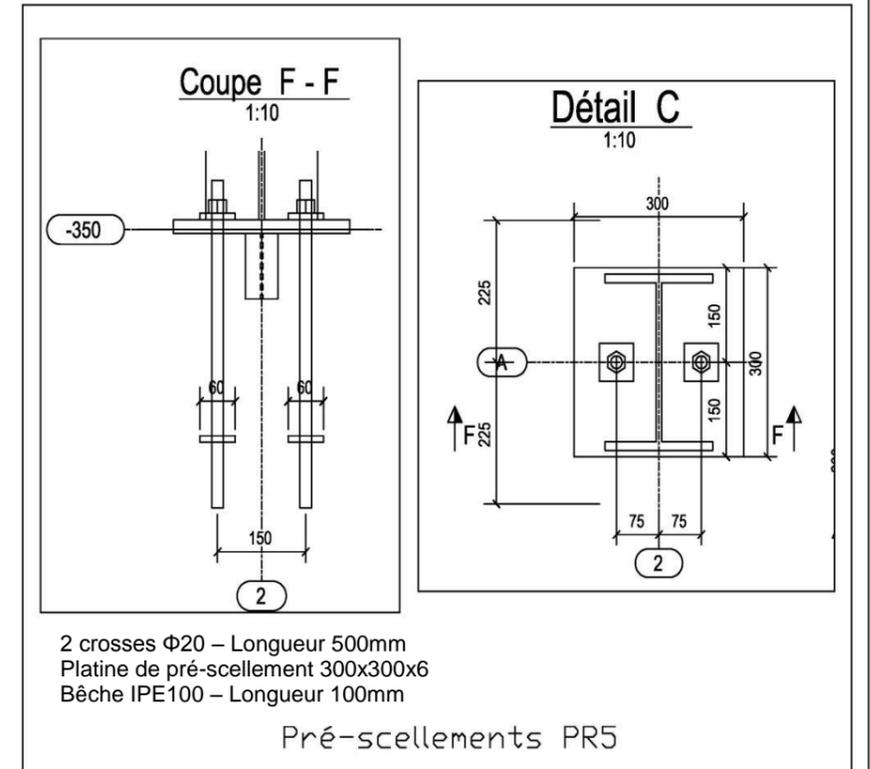
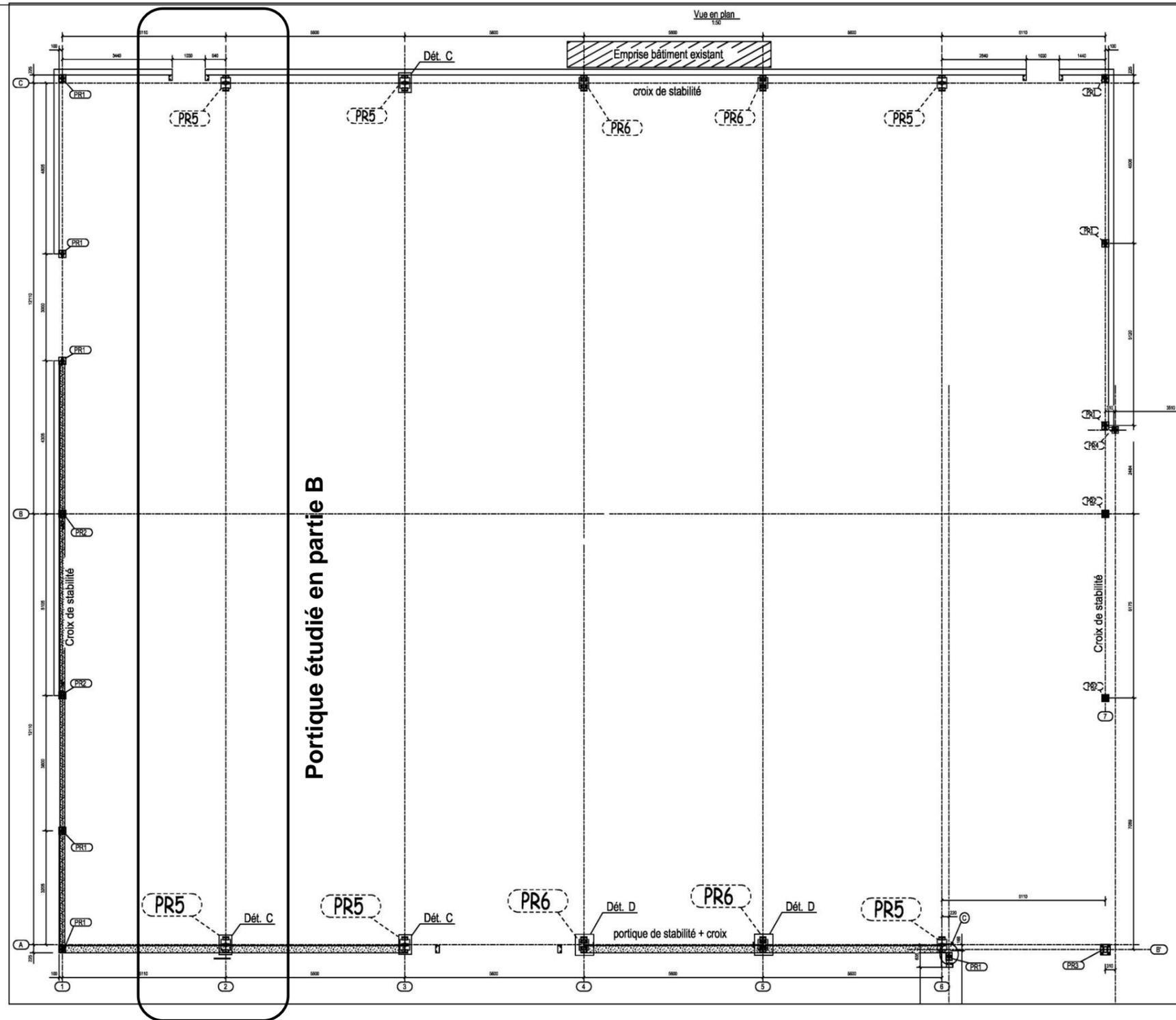


Les textes peu lisibles ne sont pas utiles pour traiter les questions



Échelle non définie

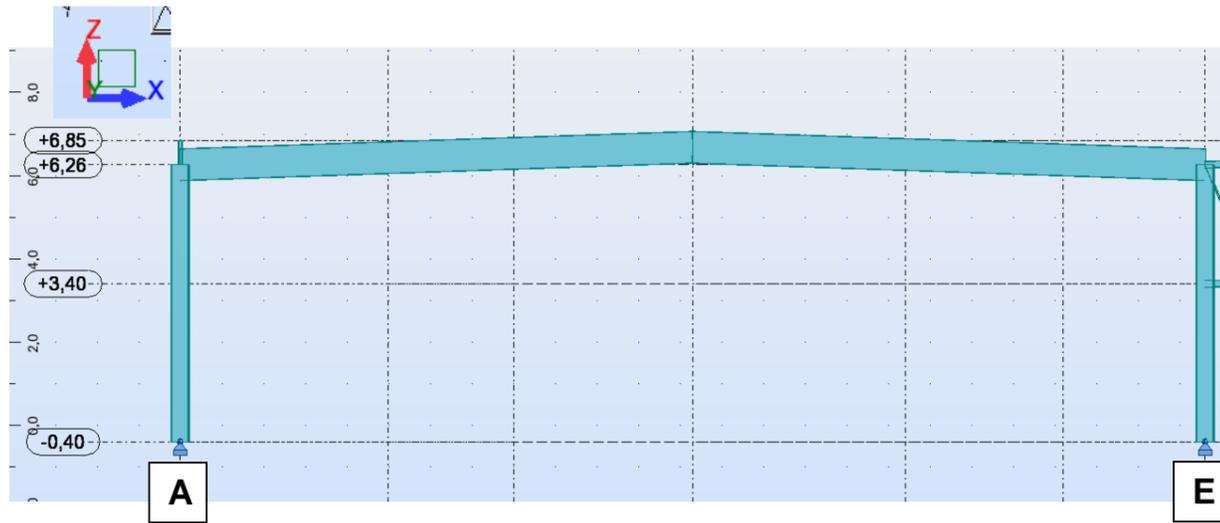
Les textes peu lisibles ne sont pas utiles pour traiter les questions



Échelle non définie

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

Extrait de la note de calcul des actions de liaisons du portique de la file 2



	Portique courant		
	Cas	F _{ZA} (daN)	F _{ZE} (daN)
Charge permanente	<i>poids propre</i>	3500	3500
Neige	<i>neige</i>	2200	2200
Vent	<i>vent dépression</i>	-1810	-1810
	<i>vent surpression</i>	1005	1005

M4 170x170x50ht	Nb:6	Béton=1.44 m ³ Cof=9.4 m ³ Acier=34.7 kg d=24.0 kg/m ³ F _i =9.2 mm	E _{sem} =4.0 cm E _{Fut} =2.5 cm	Barre	Lg	Forme	Lgr/Pointe 26.6/10.5 39.3/24.3
				1	197	10HA10 90° 162 90°	
				2	190	7HA8 90° 162 90°	
				3	197	10HA10 90° 162 90°	
				4	190	7HA8 90° 162 90°	

f_{ck} = 25 MPa, f_{yk} = 500 MPa

Élévation
Echelle=1/33

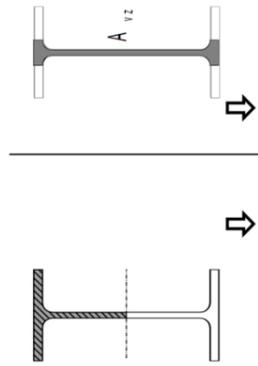
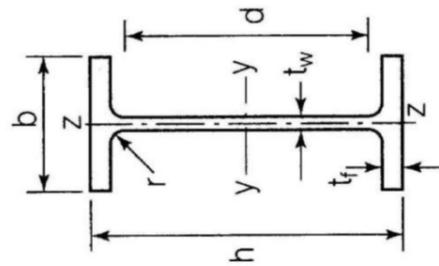
Coupe XX
Echelle=1/33

Cotation en cm

Échelle non définie

Caractéristiques des profilés IPE

Les axes et désignations sont conformes à l'Eurocode 3.



Profil	h mm	b mm	t _w mm	t _f mm	r m	P kg/m	A cm ²	I _y cm ⁴	W _{el,y} cm ³	Rayon de giration i _y cm	2 × S _y Module plastique W _{pl,y} cm ³	A _{yz} cm ²	I _z cm ⁴	W _{el,z} cm ³	i _z cm	2 × S _z	
																W _{pl,z} cm ³	A _{yz} cm ²
80	80	46	3,8	5,2	5	6,0	7,64	80,1	20,0	3,24	23,2	3,6	8,48	3,69	1,05	5,8	5,1
100	100	55	4,1	5,7	7	8,1	10,3	171,0	34,2	4,07	39,4	5,1	15,91	5,78	1,24	9,1	6,7
120	120	64	4,4	6,3	7	10,4	13,2	317,8	53,0	4,90	60,7	6,3	27,65	8,64	1,45	13,6	8,6
140	140	73	4,7	6,9	7	12,9	16,4	541,2	77,3	5,74	88,3	7,6	44,90	12,30	1,65	19,2	10,6
160	160	82	5,0	7,4	9	15,8	20,1	869,3	108,7	6,58	123,9	9,7	68,28	16,65	1,84	26,1	12,8
180	180	91	5,3	8,0	9	18,8	23,9	1 317,0	146,3	7,42	166,4	11,3	10,81	22,16	2,05	34,6	15,3
200	200	100	5,6	8,5	12	22,4	28,5	1 943,2	194,3	8,26	220,6	14,0	142,31	28,46	2,24	44,6	18
220	220	110	5,9	9,2	12	26,2	33,4	2 771,8	252,0	9,11	285,4	15,9	204,81	37,24	2,48	58,1	21,3
240	240	120	6,2	9,8	15	30,7	39,1	3 891,6	324,3	9,97	366,6	19,1	283,58	47,26	2,69	73,9	14,8
270	270	135	6,6	10,2	15	36,1	45,9	5 789,8	428,9	11,23	484,0	22,1	419,77	62,19	3,02	97,0	29
300	300	150	7,1	10,7	15	42,2	53,8	8 356,1	557,1	12,46	628,4	25,7	603,62	80,48	3,35	125,2	33,7
330	330	160	7,5	11,5	18	49,1	62,6	11 766,9	713,1	13,71	804,3	30,8	788,00	98,50	3,55	153,7	38,7
360	360	170	8,0	12,7	18	57,1	72,7	16 265,6	903,6	14,95	1 019,1	35,1	1 043,20	122,73	3,79	191,1	45,3
400	400	180	8,6	13,5	21	66,3	84,5	23 128,4	1 156,4	16,55	1 307,1	42,7	1 317,58	146,40	3,95	229,0	51,1
450	450	190	9,4	14,6	21	77,6	98,8	33 742,9	1 499,7	18,48	1 701,8	50,8	1 675,35	176,35	4,12	276,4	58,3
500	500	200	10,2	16,0	21	90,7	116	48 198,5	1 927,9	20,43	2 194,1	59,9	2 140,90	214,09	4,30	335,9	67,2
550	550	210	11,1	17,2	24	106	134	67 116,5	2 440,6	22,35	1 390	72,3	2 666,49	253,95	4,45	400,5	76,1
600	600	220	12,0	19,0	24	122	156	92 083,5	3 069,4	24,30	1 760	83,8	3 385,78	307,80	4,66	485,6	87,9

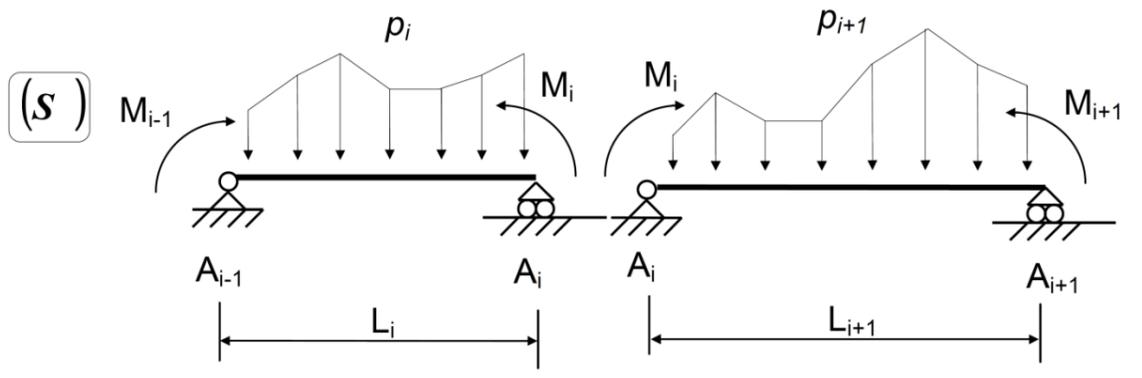
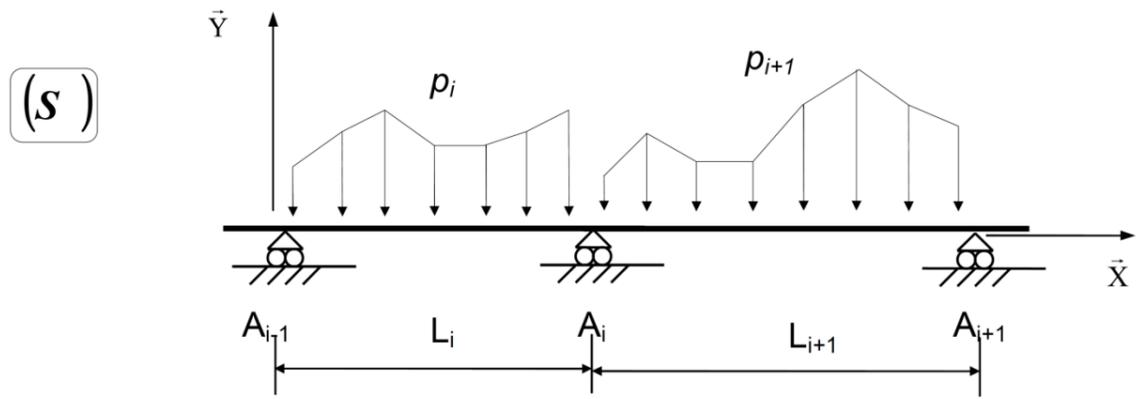
DOCUMENT TECHNIQUE DT 9 – EXTRAIT DE FORMULAIRES RDM ET EUROCODES

ROTATIONS ET FLÈCHES POUR DES POUTRES ISOSTATIQUES COURANTES

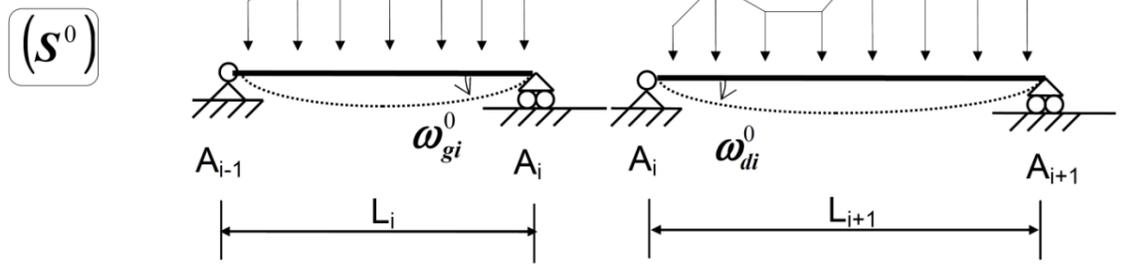
Schéma mécanique	Rotation aux appuis	Flèche
	$\omega_A = -\frac{pL^3}{24EI}$ $\omega_B = \frac{pL^3}{24EI}$	$f_{(L/2)} = \frac{5pL^4}{384EI}$
	$\omega_A = -\frac{Fa}{6EIL}(L-a)(2L-a)$ $\omega_B = \frac{Fa}{6EIL}(L^2-a^2)$	<p>pour $a \leq \frac{L}{2}$</p> $f_{(L/2)} = \frac{Fa}{48EI}(3L^2-4a^2)$
	$\omega_A = \frac{CL}{3EI}$ $\omega_B = -\frac{CL}{6EI}$	$f_{(L/2)} = \frac{CL^2}{16EI}$
	$\omega_B = -\frac{pL^3}{6EI}$	$f_{(L)} = \frac{pL^4}{8EI}$
	$\omega_B = -\frac{FL^2}{2EI}$	$f_{(L)} = \frac{FL^3}{3EI}$

Théorème des 3 moments (formule de Clapeyron) :

Hypothèses : $EI = \text{constante sur l'ensemble de la poutre, en l'absence de dénivellations d'appuis.}$



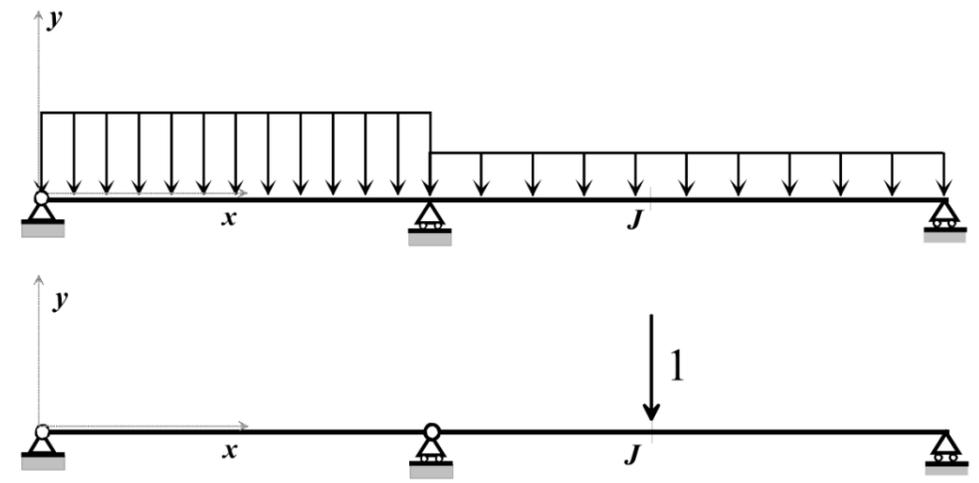
Système isostatique associé



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

Théorème de Pasternak

Pour déterminer le déplacement en un point J d'une structure hyperstatique suivant une direction donnée, on applique en ce point J dans une de ses structures associées isostatiques (structure virtuelle) suivant la direction souhaitée une charge unité.



$$\Delta_j = \int_{structure} \frac{M(x) \times \bar{M}_j^0(x)}{EI} dx$$

$M(x)$: représente le moment fléchissant dans la structure réelle.

\bar{M}_j^0 : représente le moment fléchissant dans la structure isostatique associée soumise à un facteur sollicitant unité (= 1) appliqué au point J .

Dans le cas de structures composées de poutres et de barres bi-articulées :

$$\Delta_j = \int_{structure} \frac{M \times \bar{M}_j^0}{EI} dx + \sum_{poutres\ bi-articulées} \frac{N \times \bar{N}_j^0}{EA} L$$

COMBINAISONS FONDAMENTALES :

États limites ultimes, pour les situations de projet durables et transitoires.

Lorsque la précontrainte est absente {6.10} se réduit à :

$$\sum_j \gamma_{G,j} G_{k,j} + \gamma_{Q,1} Q_{k,1} + \sum_{i>1} \gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i} \quad \{6.10\} \quad \text{le symbole « + » signifie « doit être combiné à »}$$

avec :

- $G_{k,j}$: valeur caractéristique de l'action permanente j ;
- $\gamma_{G,j}$: coefficient de sécurité partiel de l'action permanente j ;
- $Q_{k,1}$: valeur caractéristique de l'action variable dite dominante ;
- $Q_{k,i}$: valeurs caractéristiques des autres actions variables dites d'accompagnement (avec $i \geq 2$) ;
- $\gamma_{Q,1}$: coefficient de sécurité partiel affecté à l'action dominante ;
- $\gamma_{Q,i}$: coefficient de sécurité partiel affecté à chaque type d'action d'accompagnement ;
- $\psi_{0,i}$: coefficients traduisant le fait qu'il soit très improbable que plusieurs actions variables atteignent toutes ensemble et au même moment leurs valeurs caractéristiques.

Approche 2 : Application de valeurs de calcul provenant du Tableau A1.2 (B) aux actions géotechniques ainsi qu'aux autres actions appliquées à la structure ou en provenance de celle-ci.

Équation {A1.2B} pour toutes les actions.

STR/GEO	6.10 tableau A1.2 (B)(F)	Pour le dimensionnement des éléments structuraux non soumis à des actions géotechniques (EN 1990 A1.3.1 (4)). $\{A1.2B\} \quad 1,35G_{k,sup} + 1,00G_{k,inf} + 1,50Q_{k,1} + 1,50 \sum_{i>1} \psi_{0,i} Q_{k,i}$ Les valeurs caractéristiques de toutes les actions permanentes d'une même origine sont multipliées par $\gamma_{G,sup} = 1,35$ si l'effet total résultant de ces actions est défavorable, et $\gamma_{G,inf} = 1,00$ si cet effet est favorable. Par exemple, toutes les actions provenant du poids propre de la structure peuvent être considérées comme émanant d'une même origine ; cela s'applique également si différents matériaux sont concernés.
---------	--------------------------------	--

Tableau A1.1 (F): Valeurs des coefficients ψ pour les bâtiments

Valeur caractéristique : ψ_0 ; valeur fréquente : ψ_1 ; valeur quasi-permanente : ψ_2

Action	ψ_0	ψ_1	ψ_2
Charges d'exploitation des bâtiments, catégorie (voir EN 1991-1.1)			
- Catégorie A : habitation, zones résidentielles	0,7	0,5	0,3
- Catégorie B : bureaux	0,7	0,5	0,3
- Catégorie C : lieux de réunion	0,7	0,7	0,6
- Catégorie D : commerces	0,7	0,7	0,6
- Catégorie E : stockage	1,0	0,9	0,8
- Catégorie F : zone de trafic, véhicules de poids ≤ 30 kN	0,7	0,7	0,6
- Catégorie G : zone de trafic, véhicules de poids compris entre 30 et 160 kN	0,7	0,5	0,3
- Catégorie H : toits	0	0	0
Charges dues à la neige sur les bâtiments (voir EN 1991-1-3) :			
- pour lieux situés à une altitude $H > 1000$ m au-dessus du niveau de la mer et pour Saint-pierre et Miquelon	0,70	0,50	0,20
- pour lieux situés à une altitude $H \leq 1000$ m au-dessus du niveau de la mer	0,50	0,20	0
Charges dues au vent sur les bâtiments (voir EN 1991-1-4)	0,6	0,2	0
Température (hors incendie) dans les bâtiments (voir EN 1991-1-5)	0,6	0,5	0

Tableau des intégrales de MOHR : $\int_0^L m_i(x) \times m_j(x) \times dx$

$m_i(x)$		$LM_i M_j$	$LM_i M_j$	$LM_i M_j$	$LM_j (M_i + M'_i)$	$LM_i M_j$				
$m_j(x)$		$\frac{1}{2} LM_i M_j$	$\frac{1}{2} LM_i M_j$	$\frac{1}{2} LM_i M_j$	$\frac{1}{6} LM_j (2M_i + M'_i)$	$\frac{1}{6} LM_i M_j$				
	$LM_i M_j$	$LM_i M_j$	$LM_i M_j$	$LM_j (M_i + M'_i)$	$\frac{1}{6} LM_i M_j$	$\frac{1}{6} LM_i M_j$	$\frac{1}{6} LM_i M_j$	$\frac{1}{6} LM_i M_j$	$\frac{1}{6} LM_i M_j$	$\frac{1}{6} LM_i M_j$
	$\frac{1}{2} LM_i M_j$	$\frac{1}{2} LM_i M_j$	$\frac{1}{2} LM_i M_j$	$\frac{1}{6} LM_j (2M_i + M'_i)$	$\frac{1}{6} LM_i M_j$	$\frac{1}{6} LM_i M_j$	$\frac{1}{6} LM_i M_j$	$\frac{1}{6} LM_i M_j$	$\frac{1}{6} LM_i M_j$	$\frac{1}{6} LM_i M_j$
	$LM_i M_j$	$LM_i M_j$	$LM_i M_j$	$LM_j (M_i + M'_i)$	$\frac{1}{6} LM_i M_j$	$\frac{1}{6} LM_i M_j$	$\frac{1}{6} LM_i M_j$	$\frac{1}{6} LM_i M_j$	$\frac{1}{6} LM_i M_j$	$\frac{1}{6} LM_i M_j$
	$LM_i M_j$	$LM_i M_j$	$LM_i M_j$	$LM_j (M_i + M'_i)$	$\frac{1}{6} LM_i M_j$	$\frac{1}{6} LM_i M_j$	$\frac{1}{6} LM_i M_j$	$\frac{1}{6} LM_i M_j$	$\frac{1}{6} LM_i M_j$	$\frac{1}{6} LM_i M_j$
	$LM_i M_j$	$LM_i M_j$	$LM_i M_j$	$LM_j (M_i + M'_i)$	$\frac{1}{6} LM_i M_j$	$\frac{1}{6} LM_i M_j$	$\frac{1}{6} LM_i M_j$	$\frac{1}{6} LM_i M_j$	$\frac{1}{6} LM_i M_j$	$\frac{1}{6} LM_i M_j$
	$LM_i M_j$	$LM_i M_j$	$LM_i M_j$	$LM_j (M_i + M'_i)$	$\frac{1}{6} LM_i M_j$	$\frac{1}{6} LM_i M_j$	$\frac{1}{6} LM_i M_j$	$\frac{1}{6} LM_i M_j$	$\frac{1}{6} LM_i M_j$	$\frac{1}{6} LM_i M_j$
	$LM_i M_j$	$LM_i M_j$	$LM_i M_j$	$LM_j (M_i + M'_i)$	$\frac{1}{6} LM_i M_j$	$\frac{1}{6} LM_i M_j$	$\frac{1}{6} LM_i M_j$	$\frac{1}{6} LM_i M_j$	$\frac{1}{6} LM_i M_j$	$\frac{1}{6} LM_i M_j$

Dans le tableau, M_i, M_j, M'_i, M'_j , sont les extremums des fonctions $m_i(x)$ et $m_j(x)$. Ils sont à prendre en valeurs algébriques.

Flexion simple : Moment fléchissant et effort tranchant (M et V) vérification simplifiée

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

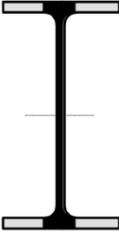
On doit vérifier : $\frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} \leq 1,0$

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'E.L.U. ;

$V_{pl,Rd}$: effort tranchant résistant à l'E.L.U. ;

A_v : aire de cisaillement donnée dans les catalogues des caractéristiques des profilés.

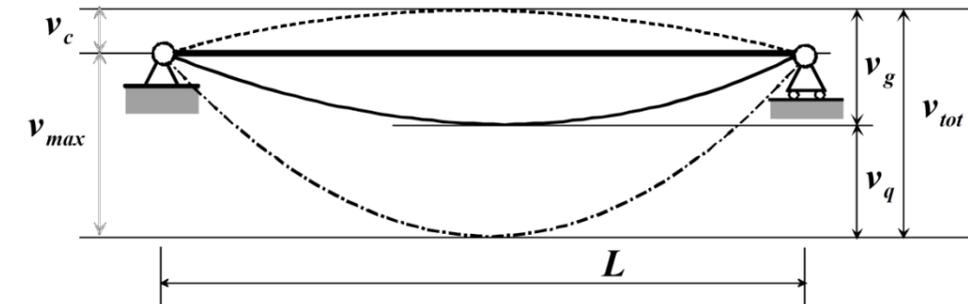
	<p>Laminés marchands : Les valeurs de l'aire plastifiée (A_v) sont données dans les tableaux de caractéristiques des profilés.</p>		<p>Profilés Reconstitués Soudés : Pour les P.R.S., la valeur de A_v est celle de l'âme seule</p>
---	--	---	--

DOCUMENT TECHNIQUE DT 12 – EXTRAIT DE FORMULAIRES RDM ET EUROCODES

Flèches

notations

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. $v_{max} = v_g + v_q - v_c = v_{tot} - v_c$.

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.	$L/250$	

Portées utiles (de calcul) des poutres et dalles dans les bâtiments

Différents cas sont envisagés :

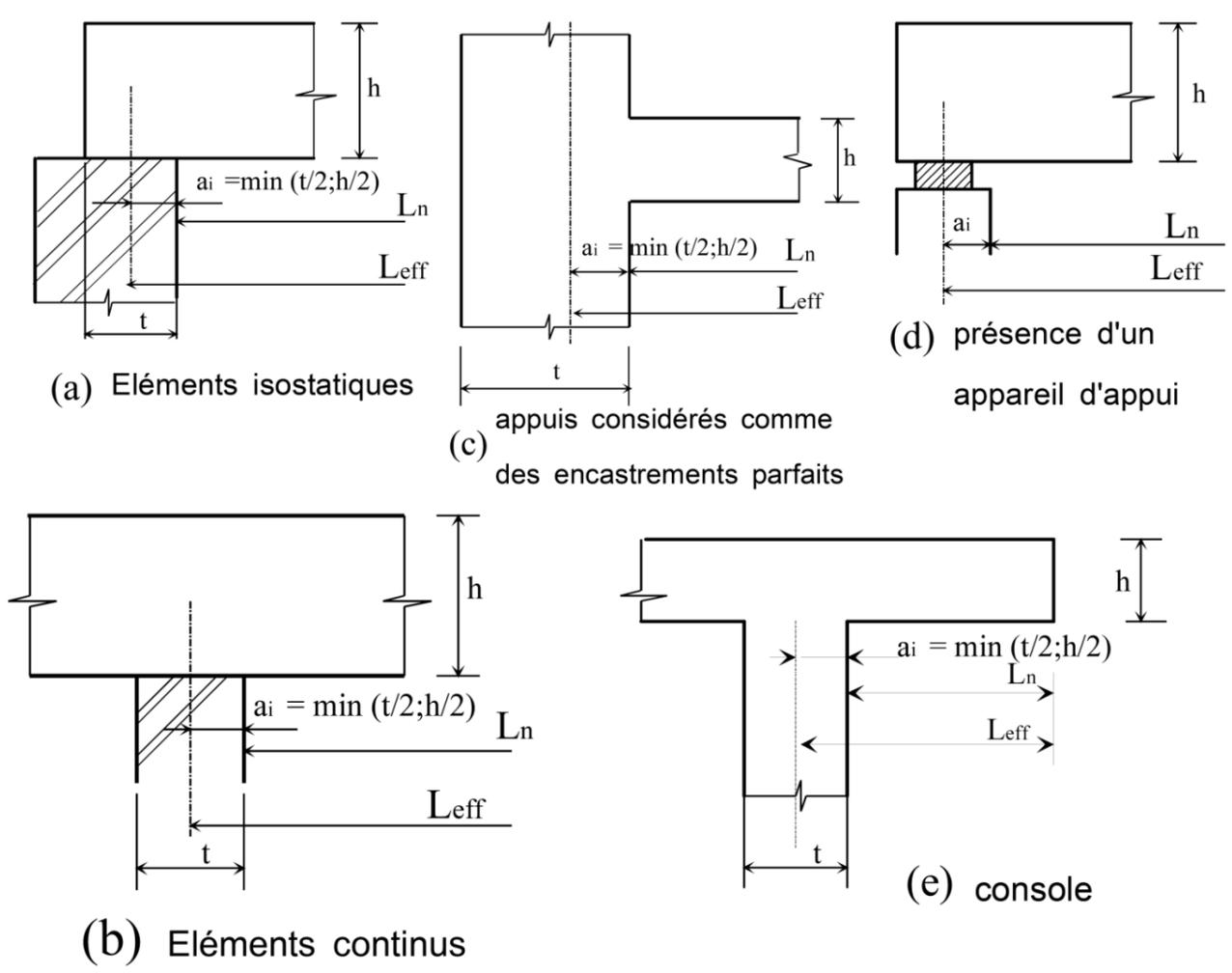
- a) éléments isostatiques
- b) éléments continus
- c) Appuis considérés comme des encastremets parfaits
- d) Présence d'un appareil d'appui
- e) Console

La portée utile l_{eff} d'un élément peut être calculée de la manière suivante ; $l_{eff} = l_n + a_1 + a_2$ {5.8}

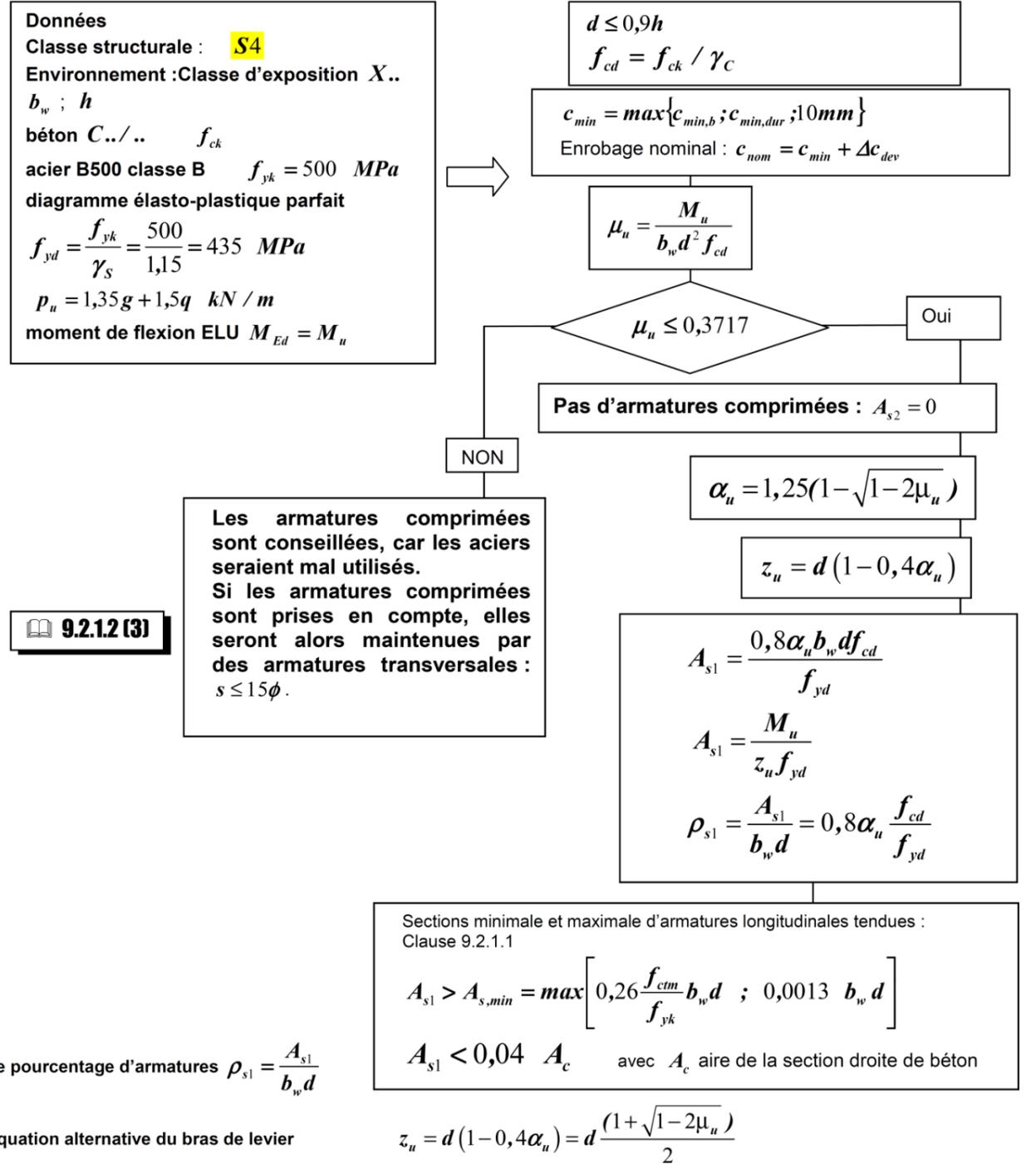
Avec l_n : distance libre entre les nus d'appuis.

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 5.4.

Figure 5.4 : Détermination de la portée de calcul L_{eff} d'après l'expression 2.15, pour différents cas d'appuis.

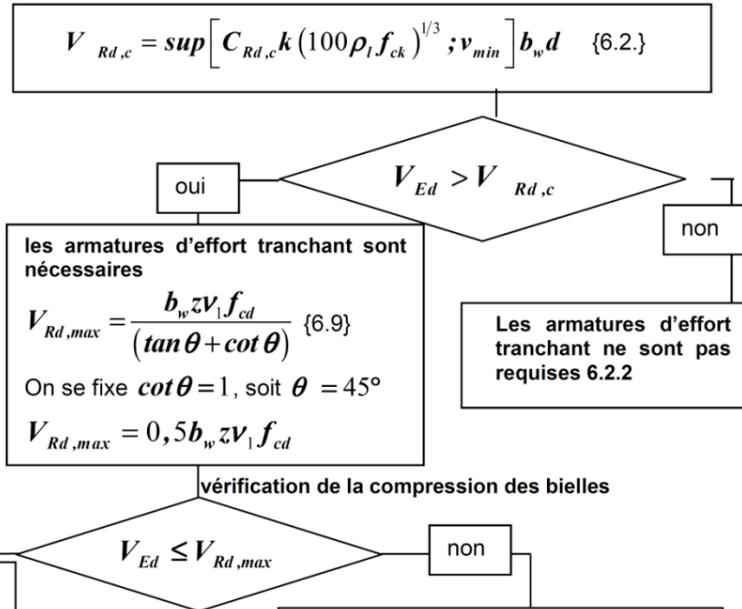


Organigramme de calcul des armatures longitudinales en flexion simple, section rectangulaire :



Données : Classe structurale : **S4**
 Environnement : Classe d'exposition **X..**
 Béton C../..; f_{ck} (MPa) $f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_c}$
 Enrobage nominal : $c_{nom} = c_{min} + \Delta c_{dev}$
 $c_{min} = \max\{c_{min,b}; c_{min,dur}; 10mm\}$
 d ; z inconnu $\Rightarrow z = 0,9d$
 b_w plus petite largeur de la section droite dans la zone tendue
 $v_1 = 0,6 \left[1 - \frac{f_{ck}(MPa)}{250} \right] v_1 f_{cd}$
 Acier B500 classe B $f_{yk} = 500$ MPa
 $f_{ywd} = \frac{f_{ywk}}{\gamma_s} = \frac{500}{1,15} = 435$ MPa
 $p_u = 1,35g + 1,5q$ kN / m
 Effort tranchant de calcul V_{Ed}

Organigramme simplifié de calcul des armatures d'effort tranchant en flexion simple :



$V_{Rd,s} = \frac{A_{sw}}{s} z f_{ywd} \cot \theta$ {6.8}

On se fixe $\cot \theta = 1$: $V_{Ed} \leq \frac{A_{sw}}{s} z f_{ywd} \Rightarrow \frac{A_{sw}}{s} \geq \frac{V_{Ed}}{z f_{ywd}}$

Choix de la section d'acier A_{sw} ;

Calcul des espacements avec : $s \leq \frac{A_{sw} z f_{ywd}}{V_{Ed}}$

$s \leq \min \left[\frac{A_{sw} z f_{ywd}}{V_{Ed}} ; \frac{A_{sw}}{b_w \rho_{w,min}} ; s_{l,max} \right]$

Dispositions constructives
 Le taux d'armatures d'effort tranchant est noté : $\rho_w = \frac{A_{sw}}{b_w s}$

$\rho_w \geq \rho_{w,min} = \frac{0,08 \sqrt{f_{ck}}}{f_{yk}}$ {9.5N}

$s \leq s_{l,max}$
 $s_t \leq s_{t,max}$

$s_{l,max}$: Espacement longitudinal maximal entre les cours d'armatures d'effort tranchant
 si $h > 250mm$ alors $s_{l,max} = 0,75d$ sinon $s_{l,max} = 0,90d$

$s_{t,max}$: Espacement transversal maximal des brins verticaux dans une série de cadres, étriers ou épingles.
 si $h > 250mm$ alors $s_{t,max} = \inf(0,75d, 600mm)$ sinon $s_{t,max} = 0,90d$

$k = \min \left[1 + \sqrt{\frac{200}{d(mm)}}; 2 \right]$; $C_{Rd,c} = \frac{0,18}{\gamma_c}$; Pourcentage ρ_l d'acier longitudinal de flexion : $\rho_l = \frac{A_{st}}{b_w d} \leq 0,02$

A_{st} : aire de la section des armatures tendues, prolongée d'une longueur supérieure à $d + l_{bd}$ au-delà de la section considérée. (l_{bd} étant la longueur d'ancrage de calcul)

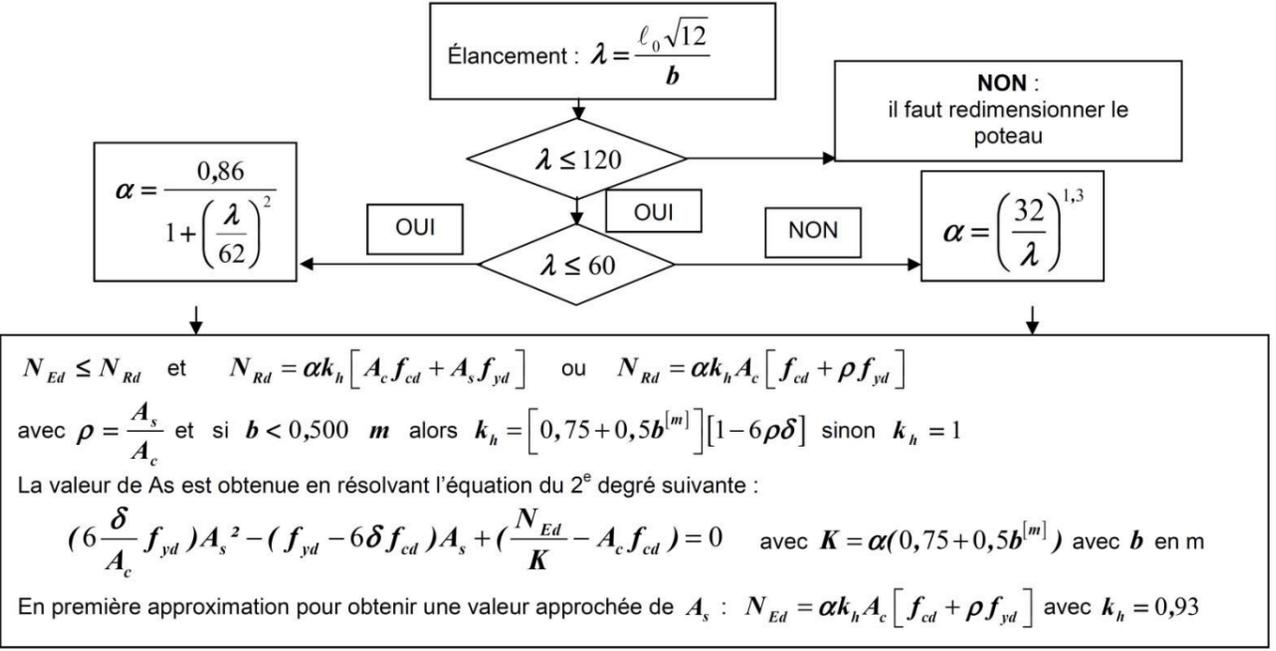
$v_{min} = \frac{0,34}{\gamma_c} f_{ck}^{1/2}$ pour les dalles bénéficiant d'un effet de redistribution transversale sous le cas de charge considéré.

$v_{min} = \frac{0,053}{\gamma_c} k^{3/2} f_{ck}^{1/2}$ poutres et dalles autres que celles ci-dessus

ORGANIGRAMME POTEAUX RECTANGAIRES

Données :- Classe structurante **S4** ; Classe d'exposition **X...** donnant un enrobage nominal c_{nom}

- N_{Ed} , effort normal centré aux ELU
- A_c , aire du béton $b \times h$, avec $b \leq h$ (ou b en mètres, correspondant au sens de flambement)
- Enrobage relatif $\delta = \frac{d'}{b}$ avec $d' = c_{nom} + \phi_l + \frac{\phi_l}{2}$
 Si d' est inconnu, prendre :
 40 mm pour XC1
 55 mm pour XC4
- Classe du béton C../.. donnant f_{ck} et $f_{cd} = \frac{f_{ck}}{1,5}$ (âge du béton > 28 jours)
- Acier B500 donnant $f_{yk} = 500$ MPa et $f_{yd} = f_{yk}/1,15 = 434,8$ MPa
- Longueur efficace (ou de flambement) notée ℓ_0 = longueur libre du poteau notée l



Section minimale des armatures longitudinales

$A_{s,min} = \max \left[0,10 \frac{N_{Ed}}{f_{yd}} ; 0,002 A_c \right]$ {9.12N}

A_c = aire de la section brute transversale de béton
 f_{yd} limite élastique de calcul de l'armature
 Le diamètre des barres longitudinales $\phi_l \geq \phi_{l,min} = 8$ mm

Section maximale des armatures longitudinales

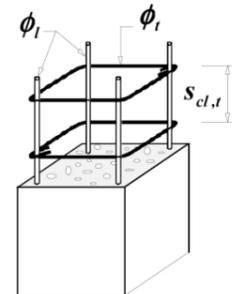
en dehors des zones de recouvrement $A_{s,max} = 0,04 A_c$ dans les zones de recouvrement $A_{s,max} = 0,08 A_c$

Armatures transversales :

$\phi_t \geq \max[6$ mm ; $\phi_{l,max}/4]$

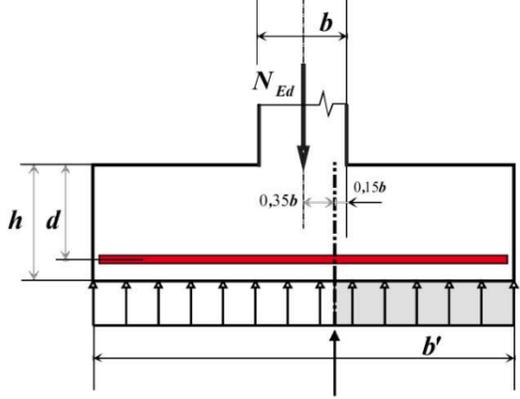
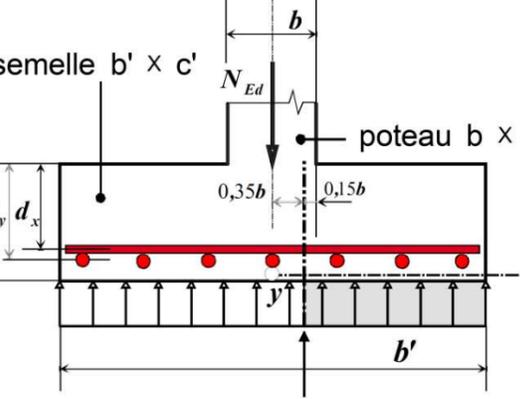
espacement: $s_{ct,t} \leq s_{ct,t,max} = \min[400$ mm ; $20\phi_{l,min}$; $b]$

$\phi_{l,min}$ = diamètre de la plus petite armature longitudinale résistante
 b = plus petite dimension transversale
 Les armatures transversales doivent maintenir toutes les barres prises en compte dans les calculs de résistance.



Calcul des semelles filantes et rectangulaires sous charge centrée

Expression du moment réglementaire

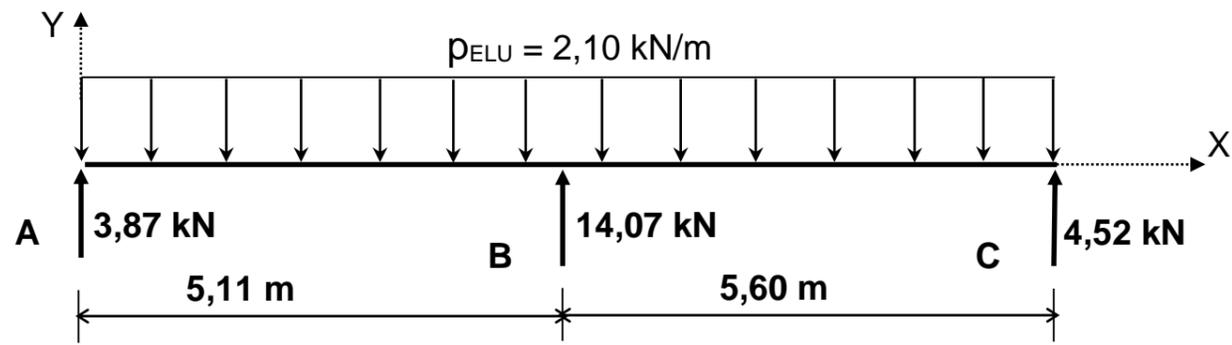
	<p>semelle filante</p> <p>L'Eurocode NF EN 1992-1-1 propose de calculer le moment dans une section située à $0,35b$ de l'axe du voile, en ne prenant en compte que les charges du sol sur la semelle. Pour une semelle filante sous chargement centré et pour un tronçon de 1 m de longueur le moment a pour expression :</p> $M_{Ed} = \frac{N_{Ed}}{8b'} [b' - 0,7b]^2$
	<p>Semelle rectangulaire</p> $M_{Edx} = \frac{N_{Ed}}{2b'} \left[\frac{b'}{2} - 0,35b \right]^2 = \frac{N_{Ed} [b' - 0,7b]^2}{8b'}$ $M_{Edy} = \frac{N_{Ed}}{2c'} \left[\frac{c'}{2} - 0,35c \right]^2 = \frac{N_{Ed} [c' - 0,7c]^2}{8c'}$

DOCUMENT TECHNIQUE DT 15 – EXTRAIT DE FORMULAIRES RDM ET EUROCODES

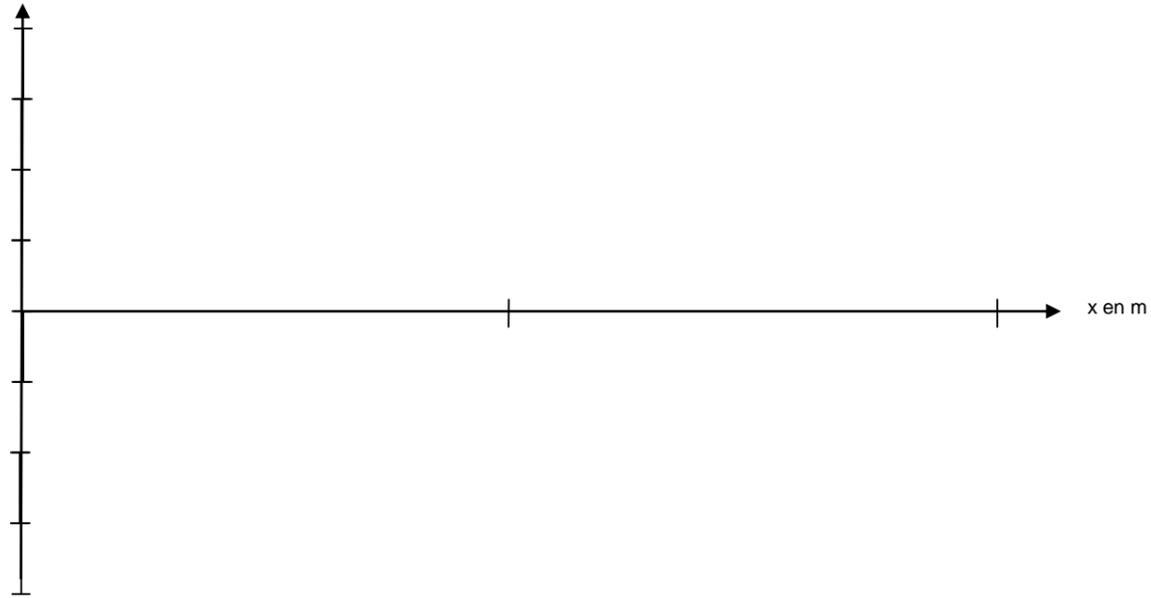
Aciers en barres

Diamètre	Poids	Périmètre	Section pour N barres en cm ²									
			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

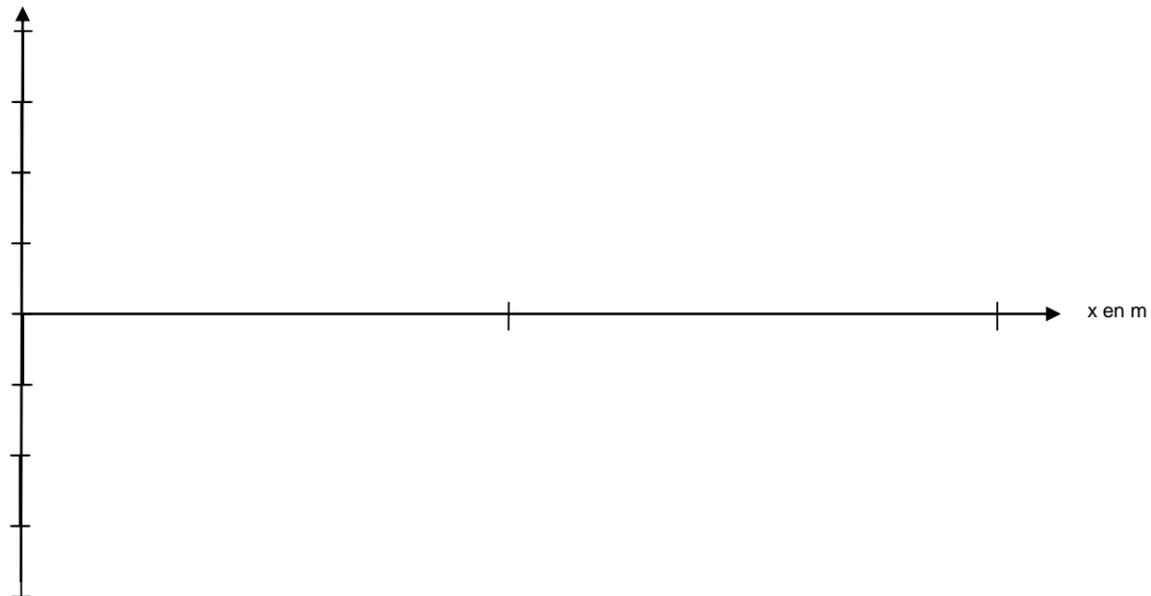
Q8.



V(x) échelle 1cm pour 2 kN



M(x) échelle 1cm pour 2 kN.m



DOCUMENT RÉPONSE DR – A RENDRE AVEC LA COPIE