

BREVET DE TECHNICIEN SUPÉRIEUR BÂTIMENT

Épreuve E4 – Étude technique

Sous - épreuve U41
Dimensionnement et vérification d'ouvrages

SESSION 2024

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 19 pages numérotées de 1/19 à 19/19.

Centre aqualudique

Contenu du dossier

Pages 2 et 3 : Présentation de l'ouvrage, caractéristiques des matériaux et charges.

Pages 4 à 6 : Travail demandé.

Page 7 DT1 : Centrale de Traitement d'Air - Extrait du plan de coffrage - Plancher Haut Sous-sol.

Page 8 : DT2 : Centrale de Traitement d'Air - Extrait du plan de coffrage - Plancher Haut Rez-de-chaussée.

Page 9 : DT3 : Théorème des 3 moments (formule de Clapeyron).
Extrait Eurocode 1 - Combinaisons fondamentales.

Page 10 : DT4 : Extrait Eurocode 2 - Détermination des portées utiles de calcul des poutres, organigramme de calculs des armatures longitudinales en flexion simple, section rectangulaire.

Page 11 : DT5 : Extrait Eurocode 5 - Vérifications simplifiées des contraintes de flexion simple et de cisaillement.
Section des barres en acier.
CTA - Plan de ferrailage travée 02, issu du logiciel.

Page 12 : DT6 : Épure d'arrêt des barres longitudinales inférieures de la travée 02.

Page 13 : DT7 : Bassin sportif - Perspectives, plan de coffrage partiel zone gradins/poteau P3/poutre 03, coffrage du poteau P3.

Page 14 : DT8 : Extrait de la note de calculs du dimensionnement du système de fixation Peikko®.
Système de liaison Peikko®.
Poteau P3 : Extrait du carnet de fabrication.

Page 15 : DT9 : Bassin sportif - Vue en plan de la charpente.

Page 16 : DT10 : Bassin sportif - Coupe file 16, détails D01 et D02.

Page 17 : DT11 : Extrait de l'Eurocode 3 - Résistance des sections transversales.
Perspective de la passerelle métallique et coupe transversale architecte.

Page 18 : DT12 : Passerelle métallique du hall - Vue en plan, coupe longitudinale, détails 1 et 2.

Page 19 : DR1 : Document réponse - Étude B.

Barème

Étude A	Étude de la poutre continue 02-03-04 du plancher haut du sous sol de la zone de la centrale de traitement d'air.	8,5 points
Étude B	Étude de la structure du bassin sportif.	8,5 points
Étude C	Vérification de la passerelle métallique du hall.	3 points

Les études sont indépendantes

Présentation de l'ouvrage

Les études portent sur la construction d'un centre aqualudique, qui comprend un bassin sportif, un bassin ludique, un espace bien être, une zone vestiaire et un niveau en sous-sol pour la centrale de traitement d'air. Deux accès à l'ouvrage permettent d'accéder à ces espaces grâce notamment à une passerelle métallique suspendue.

Le sujet porte sur l'étude du plancher haut de la zone de la centrale de traitement d'air, sur la structure du bassin sportif, et sur la structure de la passerelle métallique suspendue.



Descriptif de la zone de la centrale de traitement d'air (CTA) - Étude A

La structure est en béton armé, et comprend des poteaux, des poutres, des voiles et des dalles.

Descriptif de la structure du bassin sportif - Étude B

La structure est mixte, en béton armé et en bois.

La structure principale en béton armé est composée de :

- semelles de fondations ;
- poteaux, sur deux niveaux : coulés en place en partie basse et préfabriqués en partie haute. Les liaisons entre les poteaux bas et hauts sont réalisées avec le système Peikko®, connexion mécanique boulonnée ;
- voiles et acrotères ;
- gradins en partie haute, composés de poutres en consoles encastrées sur les poteaux hauts, reprenant une dalle à deux niveaux.

La charpente bois est composée de poutres principales en lamellé-collé de hauteur variable, de pannes en lamellé-collé, et d'une couverture en bac acier isolée étanchée végétalisée, de pente courante 3,1%, négligée. Cette charpente prend appui sur les têtes des poteaux préfabriqués.

Descriptif de la structure métallique de la passerelle du hall - Étude C

La passerelle, portée par des arbalétriers bois de hauteur variable, est composée :

- d'UPN 300 et de profilés UPAF 80/60 ;
- de ronds pleins métalliques, diamètre 30 mm ;
- d'un plancher collaborant ;
- d'une sous-face et d'un revêtement de sol ;
- de garde-corps en verre.

Caractéristiques des matériaux et charges

Béton armé

- ✓ Béton C25/30 : $f_{ck} = 25$ MPa ($f_{cd} = 16,7$ MPa)
- ✓ Armature B500B : $f_{yk} = 500$ MPa
- ✓ Poids volumique du béton armé : $\gamma_{B.A.} = 25$ kN/m³
- ✓ B.A. situés à l'intérieur de l'ouvrage : classe d'exposition XC1 ($c_{nom} = 30$ mm)
(zone centrale de traitement d'air)

Bois de charpente en lamellé-collé pour bassin sportif

- ✓ Arbalétriers L.C. combiné GL28c
- ✓ Pannes 102x357 L.C. homogène GL24h
- ✓ Poids volumique (GL28c et GL24h) : $\gamma = 5,00$ kN/m³
- ✓ Résistance caractéristique vis-à-vis de la flexion GL28c : $f_{m,k} = 28$ MPa
- ✓ Résistance caractéristique vis-à-vis du cisaillement GL28c : $f_{v,k} = 2,7$ MPa
- ✓ Coefficient γ_M : $\gamma_M = 1,25$
- ✓ Coefficient k_{mod} : $k_{mod} = 0,7$
- ✓ Coefficient k_h pour arbalétrier (hauteur ≥ 600 mm) : $k_h = 1$

Acier pour suspentes de la passerelle : S235

- ✓ Limite élastique : $f_y = 235$ MPa
- ✓ Coefficient partiel de sécurité sur les résistances, ELU : $\gamma_{M0} = 1$

Charges permanentes

- ✓ Charges complémentaires du plancher haut du sous-sol de la zone de la CTA
 - Chape + revêtement de sol : 2,00 kN/m²
 - Cloisons : 0,50 kN/m²
- ✓ Couverture du bassin sportif
 - Bac acier 70 mm : 0,08 kN/m²
 - Isolant 160 mm : 0,19 kN/m²
 - Étanchéité : 0,08 kN/m²
 - Végétalisation : 0,90 kN/m²
- ✓ Passerelle métallique
 - UPN : 0,46 kN/m
 - Plancher collaborant : 2,22 kN/m²
(y compris profilés UPAF 80/60)
 - Revêtement de sol + sous-face : 0,45 kN/m²
 - Garde-corps en verre : 0,70 kN/m

Charges d'exploitation

- ✓ Plancher haut sous-sol de la CTA : 5,00 kN/m²
- ✓ Passerelle métallique : 4,00 kN/m²

Charge de neige

- ✓ Altitude 118 m ($H < 1000$ m), pentes $\leq 3\%$, zone A1 : 0,36 kN/m²

TRAVAIL DEMANDÉ

Étude A - Étude de la poutre continue 02-03-04 du plancher haut du sous-sol de la zone de la Centrale de Traitement d'Air

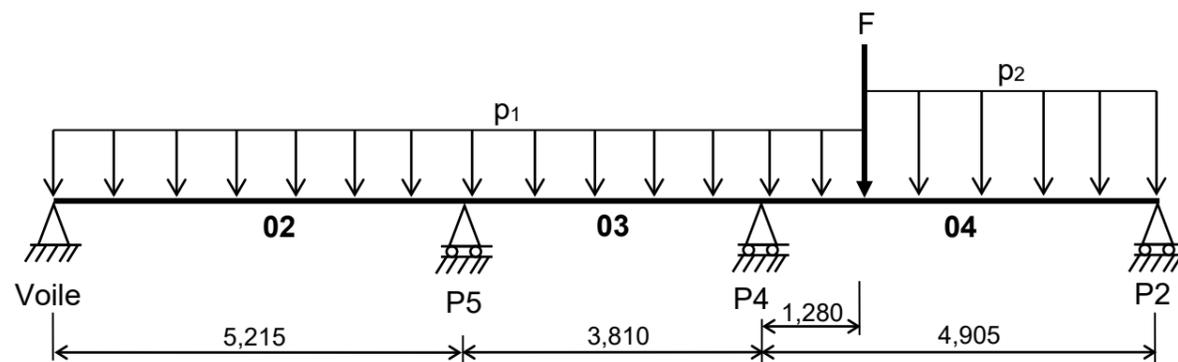
Documents techniques à consulter : DT1 à DT6.

On s'intéresse dans cette partie à la poutre continue en béton armé 02-03-04 du plancher haut du sous-sol de la zone de la Centrale de Traitement d'Air, plus particulièrement au ferrailage de la poutre dans la travée 02.

Le bureau d'études structure béton souhaite vérifier, par le calcul, le ferrailage longitudinal (choix des aciers, position et longueurs des lits), dans la travée 02, donné par leur logiciel.

Pour cela, dans un premier temps, on demande de valider le modèle mécanique de la poutre continue 02-03-04.

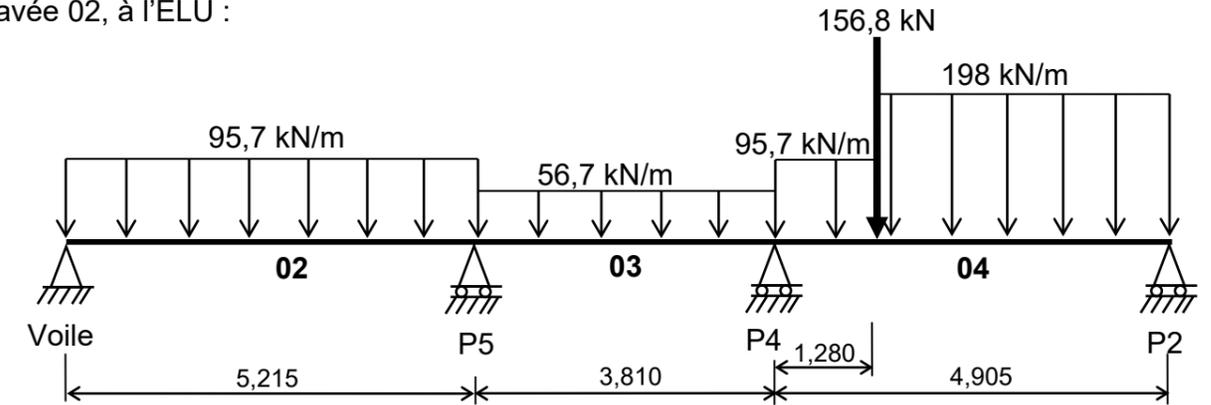
On donne le modèle mécanique de la poutre 02-03-04 :



- Q1. Justifier les portées utiles des deux travées 02 et 03 (on ne demande pas l'étude de la travée 04).
- Q2. Expliquer l'origine des charges p_1 , p_2 et F , (aucun calcul n'est demandé), ainsi que leur position longitudinale dans la poutre continue.
- Q3. Schématiser le cas de charges des 3 travées 02, 03 et 04, à l'ELU, le plus défavorable pour la détermination du moment maximal dans la travée 02 (aucun calcul n'est demandé).
- Q4. Calculer les valeurs des charges uniformément réparties permanentes g et d'exploitation q , en kN/m, dans la travée 02.

Le bureau d'études technique (BET) souhaite désormais calculer le moment maximal dans la travée 02 afin de faire un choix d'aciers longitudinaux.

On donne le modèle mécanique complet dans le cas de l'étude du moment maximal dans la travée 02, à l'ELU :



- Q5. Calculer le moment sur l'appui P5. Prendre pour valeur $M_{P5} = - 382$ kN.m.
- Q6. Par la méthode de votre choix, calculer le moment maximal dans la travée 02. Prendre pour valeur $M_{P5} = - 151$ kN.m.
- Q7. Calculer la section d'aciers longitudinaux en travée nécessaire dans la travée 02. Prendre pour valeur $M_{max} = + 254$ kN.m. Faire un choix d'aciers longitudinaux.

Le BET souhaite enfin vérifier ses résultats issus des calculs avec le plan de ferrailage donné par son logiciel de calcul (DT5).

- Q8. Avec le plan de ferrailage issu du logiciel (DT5), vérifier que la section d'aciers longitudinaux en travée dans la poutre 02 est cohérente vis-à-vis du calcul manuel (Q7).
- Q9. Avec le plan de ferrailage issu du logiciel (DT5), rechercher la longueur du lit n°2 et sa position par rapport au voile (sens longitudinal), puis comparer ces valeurs avec l'épure d'arrêts des barres longitudinales issue d'une démarche manuelle (DT6).
- Q10. Conclure sur la fiabilité des résultats obtenus par le calcul manuel.

Étude B - Étude de la structure du bassin sportif

Documents techniques à consulter : DT5, DT7 à DT10.

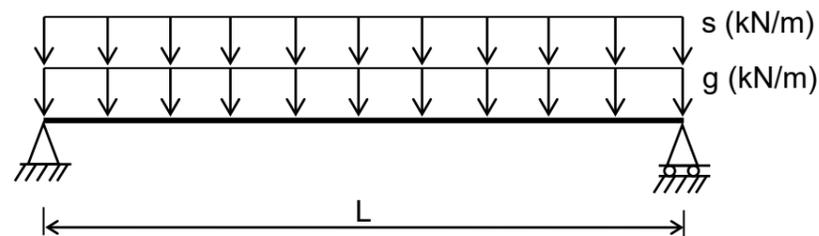
On s'intéresse dans cette partie à la structure mixte béton armé / bois de la zone du bassin sportif.

PARTIE 1 : Étude de la charpente bois

Le bureau d'études structure bois souhaite dans un premier temps vérifier la résistance de l'arbalétrier bois ARB\6 212x1003/1326/972, repéré sur le DT9, situé file 16 du bassin sportif.

Cet arbalétrier a une largeur constante de 212 mm, et une hauteur variable de 1003 mm au niveau de l'appui P11, de 1326 mm au niveau du point D (voir modélisation ci-après) et de 972 mm au niveau de l'appui P3.

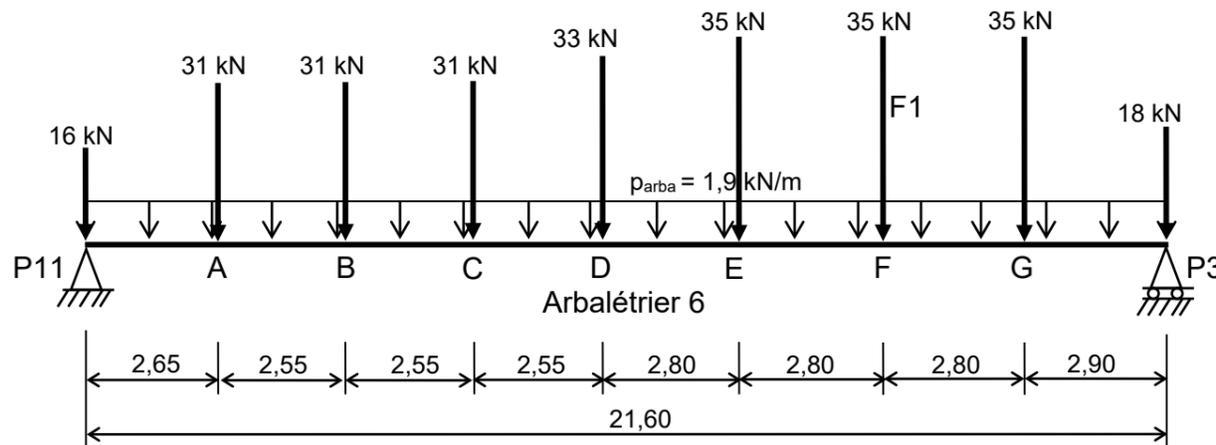
On donne la modélisation de la panne 102x357, entre les files 15 et 16, repérée sur le DT9.



Q11. Calculer les charges permanentes g et de neige s (en kN/m) qui s'appliquent sur cette panne.

Pour la suite des calculs, prendre pour valeur $g = 3,7$ kN/m et $s = 1,0$ kN/m (charges non pondérées).

On donne la modélisation simplifiée de l'arbalétrier ARB\6 situé file 16 (ELU) :



Q12. Vérifier par le calcul la valeur de la charge $F1$, au point F, à l'ELU, apportée par les pannes 102x357 sur l'arbalétrier (pannes considérées isostatiques).

Q13. Afin de simplifier la modélisation du poids propre de l'arbalétrier, qui a une hauteur variable tout au long de la poutre, le BET a choisi dans un premier temps de prendre une hauteur de 1326 mm. Justifier ce choix.

Vérifier par le calcul avec cette hypothèse la valeur de la charge permanente p_{ARBA} , à l'ELU, due à l'arbalétrier seul.

Q14. Sur le DR1, compléter les diagrammes V et M . Indiquer toutes les valeurs particulières.

On donne $Y_{P11} = +152,1$ kN et $Y_{P3} = 153,9$ kN.

Q15. Vérifier la résistance de l'arbalétrier vis-à-vis de la flexion simple. On se placera au niveau du point D, là où le moment est maximum, et là où la hauteur de l'arbalétrier est de 1326 mm. Prendre pour valeur $M = + 827$ kN.m.

Q16. Vérifier la résistance de l'arbalétrier vis-à-vis de l'effort tranchant. On se placera au niveau de l'appui du poteau P3. Prendre pour valeur $V = + 135,9$ kN.

Q17. Conclure quant à la vérification de la résistance de l'arbalétrier.

Q18. En prenant en compte que la hauteur de cet arbalétrier est variable, et en analysant les données du tableau ci-dessous, expliquer pourquoi la vérification la plus défavorable en flexion simple se situe au point E et non au point D (aucun calcul demandé).

Point	b (mm)	h (mm)	Moment (kN.m)	Contrainte de calcul en flexion $\sigma_{m,d}$ (MPa)	Résistance de calcul en flexion $f_{m,d}$ (MPa)	Vérification $\frac{\sigma_{m,d}}{f_{m,d}} \leq 1$	Taux de travail
D	212	1326	827	13,3	15,7	0,85	85%
E	212	1238	793	14,6	15,7	0,93	93%
F	212	1151	646	13,8	15,7	0,88	88%
G	212	1063	386	9,7	15,7	0,62	62%

PARTIE 2 : Étude du poteau préfabriqué P3

Le bureau d'études structure bois souhaite désormais étudier la stabilité des poteaux BA préfabriqués portant la charpente bois.

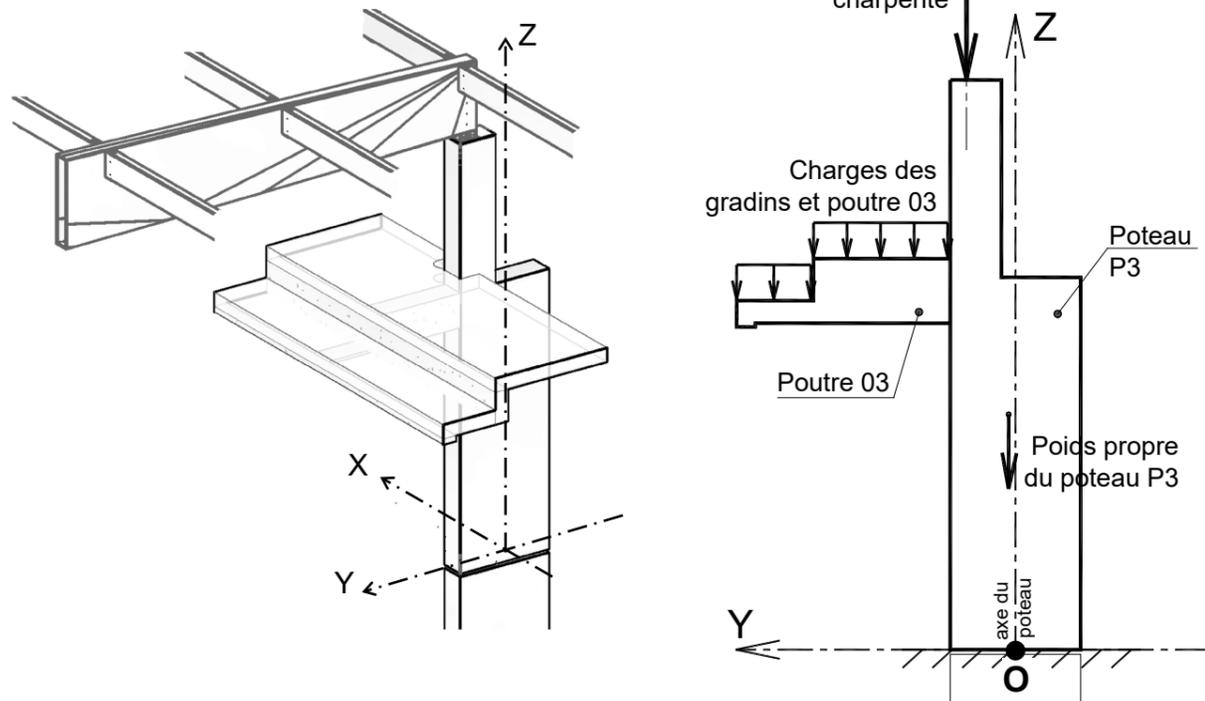
Cette vérification sera faite sur les éléments de structure file 16.

Q19. Déterminer et justifier le type de liaison en pied du poteau préfabriqué P3, porté par le poteau P9 (voir DT8).

Q20. À l'aide de l'extrait du carnet de préfabrication du poteau P3 (DT8), notamment, indiquer quels sont les éléments liaisonnés par les dispositifs suivants :

- Platine PR1 ;
- Boîtes d'attentes 45S et 90D ;
- Aciers en attente 3 HA14 et 3 HA20 ;
- Coupleurs.

On donne le schéma simplifié du poteau P3 :



Q21. La note de calculs du dimensionnement de la liaison en pied du poteau P3, donne :

$N_d = - 600 \text{ kN}$ (effort normal par rapport à l'axe Z) ;

$M_{xd} = 750 \text{ kN.m}$ (moment autour de l'axe X).

Sans faire de calcul, expliquer la provenance de ces sollicitations.

Étude C - Vérification de la passerelle métallique du hall

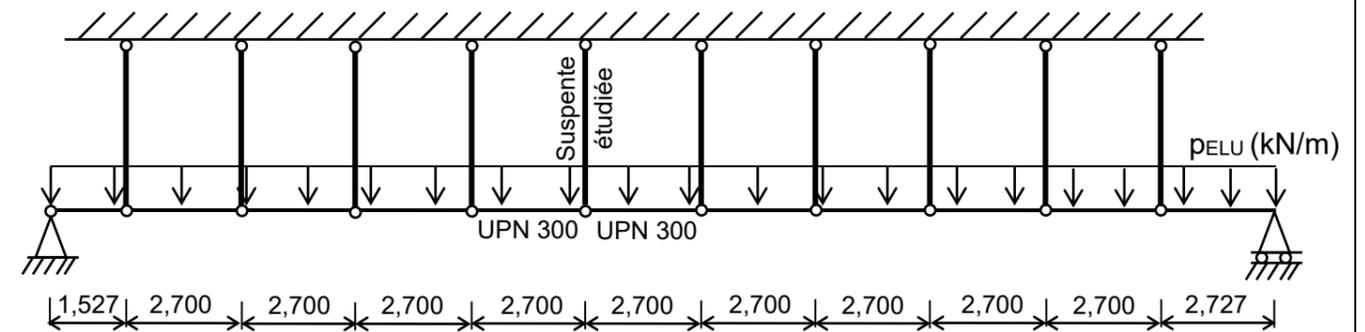
Documents techniques à consulter : DT11, DT12 et DT3.

On s'intéresse dans cette partie à la structure de la passerelle métallique du hall.

Le bureau d'études structure acier souhaite vérifier les suspentes courantes qui supportent la passerelle. Ces suspentes métalliques ont une section pleine de diamètre 30 mm.

Les suspentes sont considérées bi-articulées. Elles sont portées en partie haute par des arbalétriers bois de dimensions 188 mm x 948 mm.

On donne la modélisation mécanique simplifiée de la passerelle métallique, en coupe longitudinale :



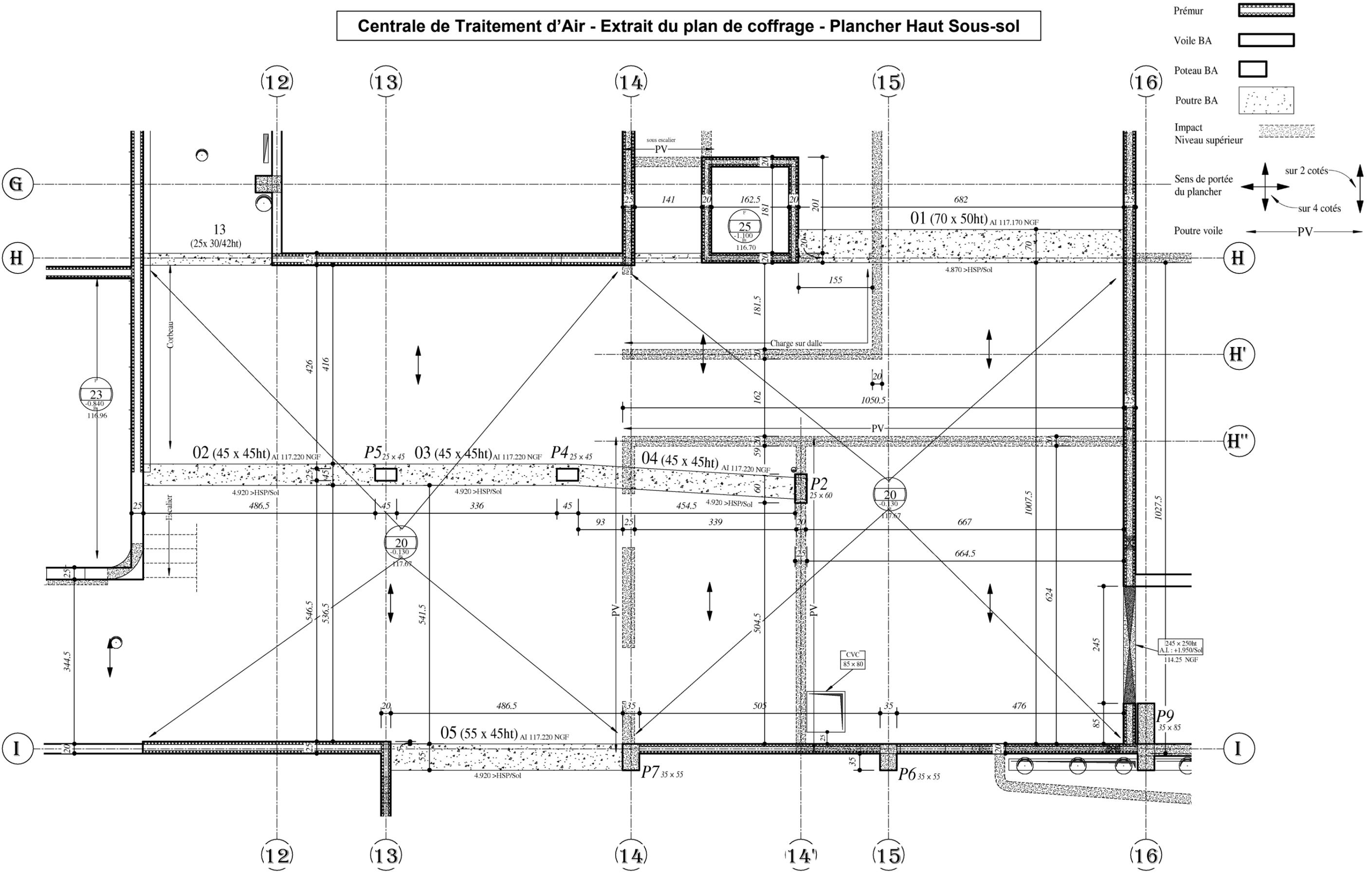
Q22. Calculer la charge p_{ELU} (kN/m) s'exerçant sur les UPN 300.

Q23. À quelle sollicitation sont soumises les suspentes ?

Q24. Calculer l'effort N_{Ed} repris par la suspente localisée au niveau du détail 1, file 11 (voir DT12), aux ELU. Prendre $p_{ELU} = 11,2 \text{ kN/m}$. Le poids propre de la suspente sera négligé.

Q25. Vérifier la résistance de la suspente. Prendre pour valeur $N_{Ed} = 30,3 \text{ kN}$. Conclure quant au choix de la section de la suspente.

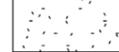
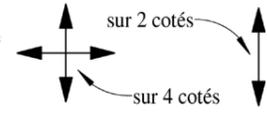
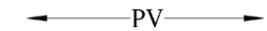
Centrale de Traitement d'Air - Extrait du plan de coffrage - Plancher Haut Sous-sol

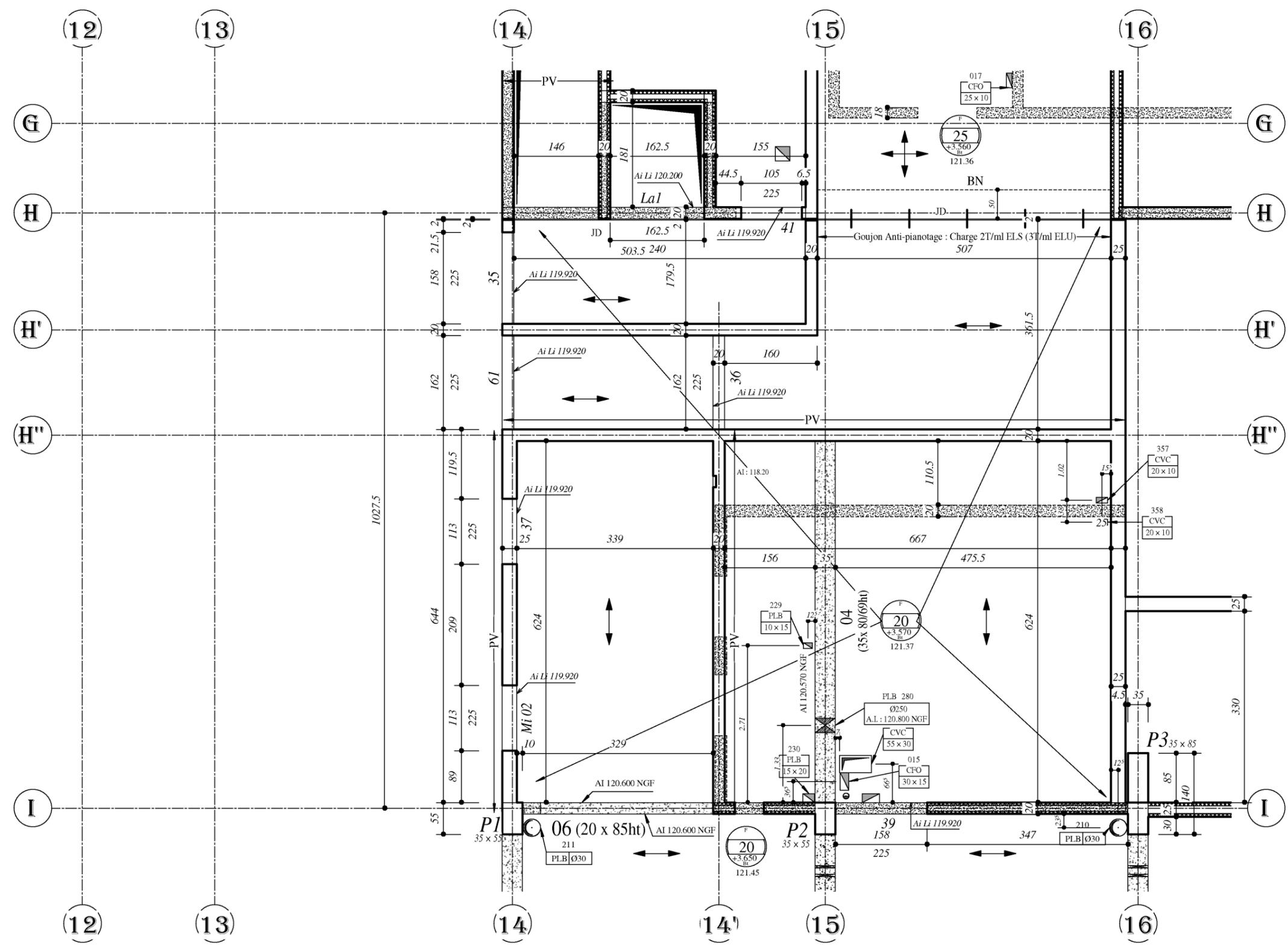


DOCUMENT TECHNIQUE DT1

Échelle non précisée - Cotation en cm
 Les textes peu lisibles ne sont pas utiles pour traiter les questions

Centrale de Traitement d'Air - Extrait du plan de coffrage - Plancher Haut Rez-de-chaussée

Prémur 
 Voile BA 
 Poteau BA 
 Poutre BA 
 Impact Niveau supérieur 
 Sens de portée du plancher 
 Poutre voile 

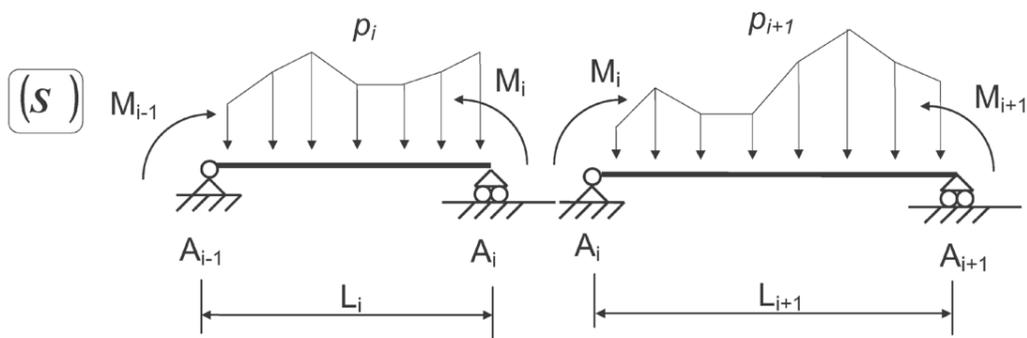
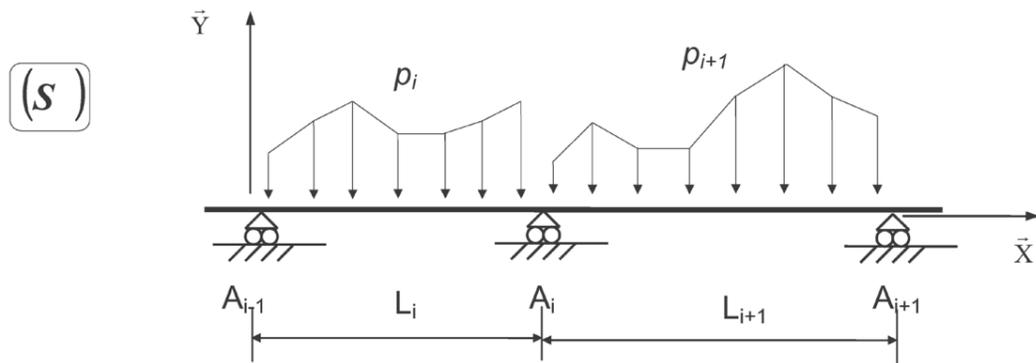


DOCUMENT TECHNIQUE DT2

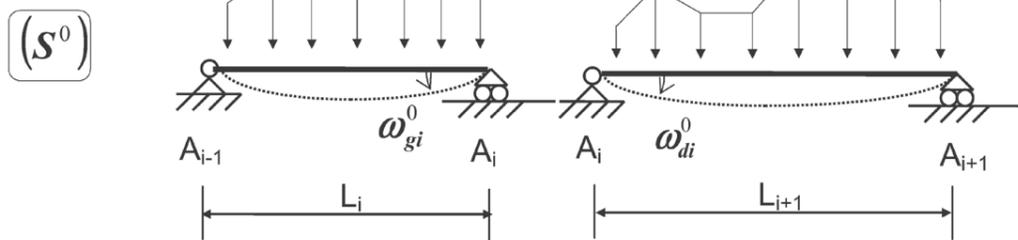
Échelle non précisée - Cotation en cm
 Les textes peu lisibles ne sont pas utiles pour traiter les questions

Théorème des 3 moments (formule de Clapeyron)

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



Système isostatique associé



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

Rotations des poutres isostatiques courantes

Schéma mécanique	Rotation aux appuis
	$\omega_A = -\frac{pL^3}{24EI}$ $\omega_B = \frac{pL^3}{24EI}$

Extrait de l'Eurocode 1

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 SITUATIONS DURABLES ET TRANSITOIRES	6.10 tableau A1.2 (B)(F)	<p>Pour le dimensionnement des éléments structuraux non soumis à des actions géotechniques (EN 1990 A1.3.1 (4)).</p> $\{A1.2B\} \quad 1,35G_{k,sup} + 1,00G_{k,inf} + 1,50Q_{k,1} + 1,50 \sum_{i>1} \psi_{0,i} Q_{k,i}$ <p>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.</p> <p>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.</p>
--	--------------------------------	--

DOCUMENT TECHNIQUE DT3

Extrait de l'Eurocode 2

Détermination de la portée utile (de calcul) des poutres et des dalles dans les bâtiments.

Différents cas sont envisagés :

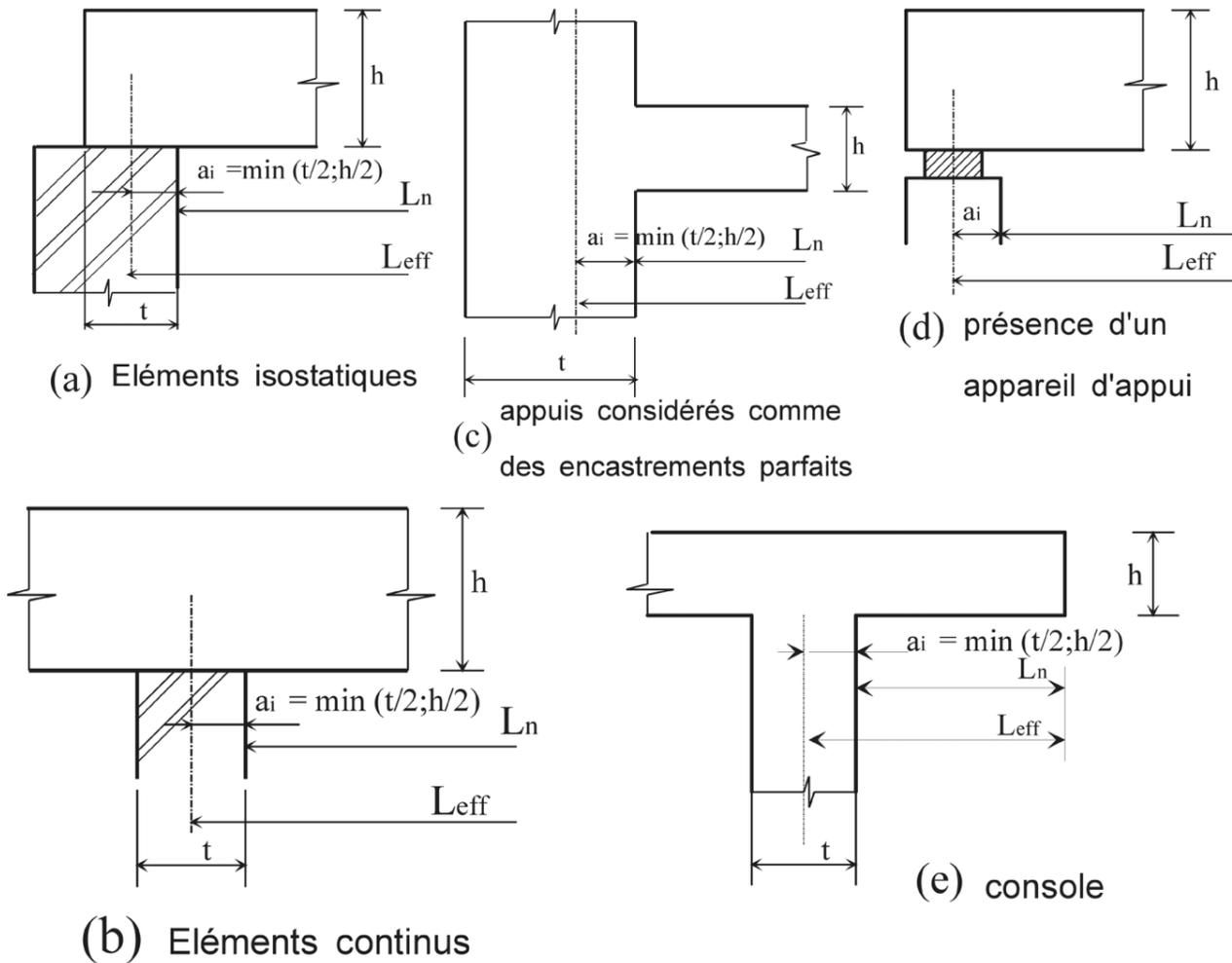
- a) éléments isostatiques
- b) éléments continus
- c) Appuis considérés comme des encastremens parfaits
- d) Présence d'un appareil d'appui
- e) Console

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

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 : $M_{Ed} = M_u$

$$d \leq 0,9 h$$

$$f_{cd} = f_{ck} / \gamma_c \text{ avec } \gamma_c = 1,5$$

$$\mu_u = \frac{M_u}{b_w d^2 f_{cd}}$$

$$\mu_u \leq 0,3717$$

Oui

Pas d'armatures comprimées : $A_{s2} = 0$

$$\alpha_u = 1,25(1 - \sqrt{1 - 2\mu_u})$$

$$z_u = d(1 - 0,4\alpha_u)$$

$$A_{s1} = \frac{0,8\alpha_u b_w d f_{cd}}{f_{yd}}$$

ou

$$A_{s1} = \frac{M_u}{z_u f_{yd}}$$

NON
Les armatures comprimées sont conseillées, car les aciers seraient mal utilisés.

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 $b_t = b_w$

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

DOCUMENT TECHNIQUE DT4

Extrait de l'Eurocode 5

Vérification simplifiée des contraintes normales en flexion simple

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 max. 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 normales au cisaillement

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 max. de cisaillement engendrée par l'effort tranchant V à l'E.L.U. ;

$f_{v,k}$: résistance caractéristique au cisaillement du bois ;

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

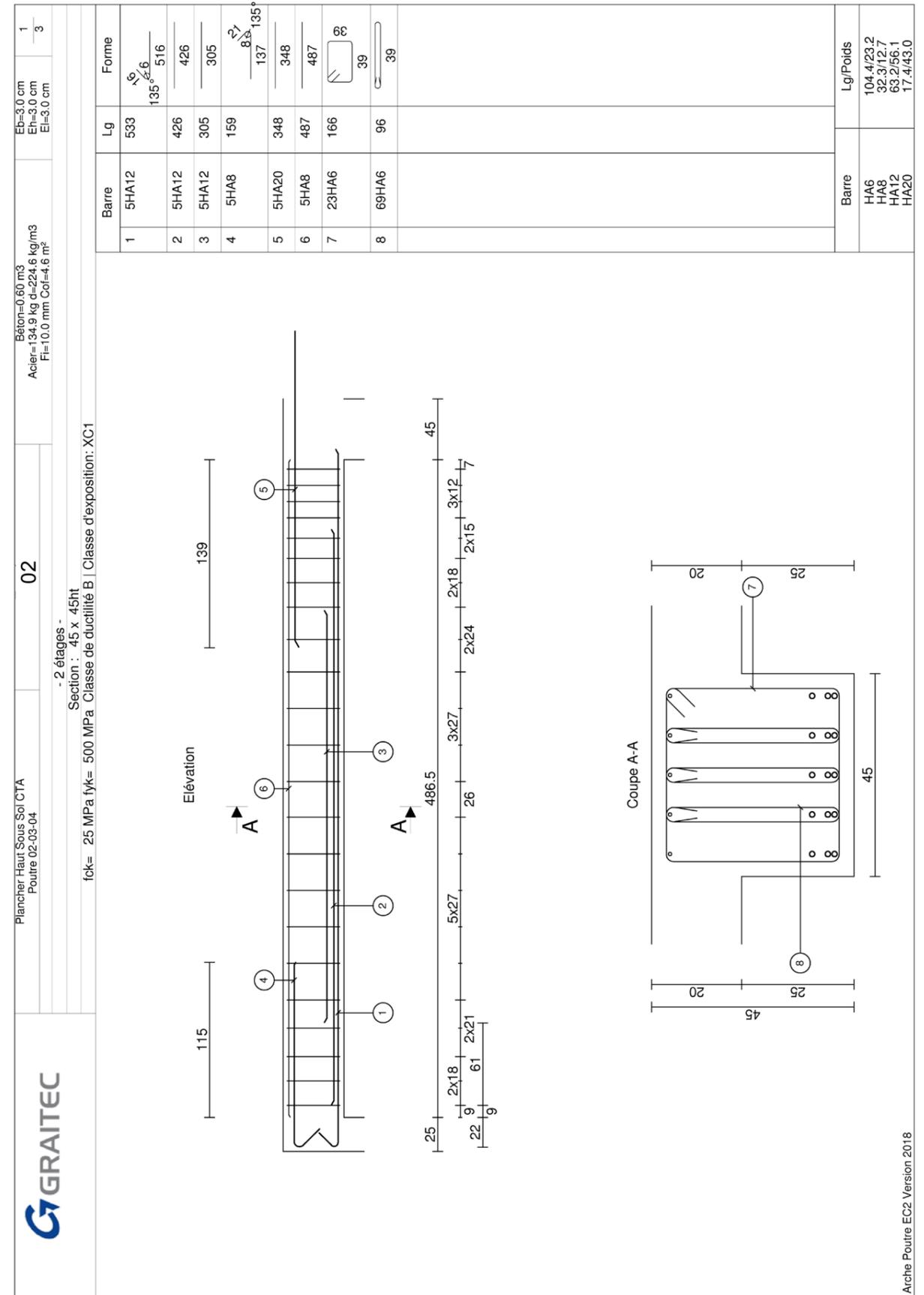
k_{mod} : coefficient modificatif pour classes de service (pour tenir compte de l'humidité du matériau) et classes de durée de chargement.

Pour une section rectangulaire, la contrainte de cisaillement maximum vaut : $\tau_d = \frac{3xV}{2xbxh}$

Sections des aciers en barres

Diamètre mm	Poids kg/m	Périmètre cm	Section pour N barres en cm²									
			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

CTA - Plan de ferrailage de la travée 02, issu du logiciel

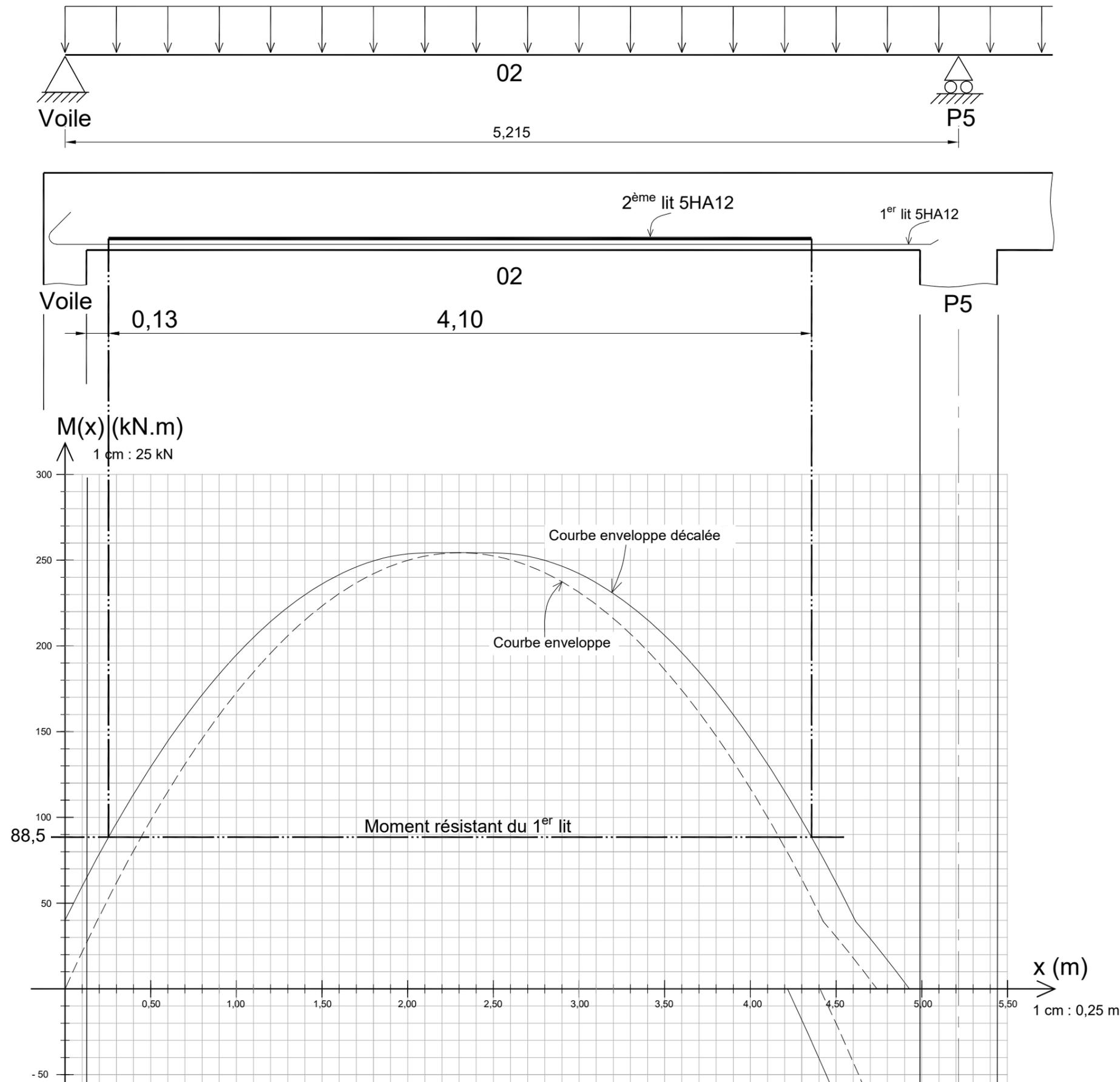


DOCUMENT TECHNIQUE DT5

**Épure d'arrêt des barres
longitudinales inférieures
de la travée 02**

Choix du BET suite à son calcul de ferrailage manuel :

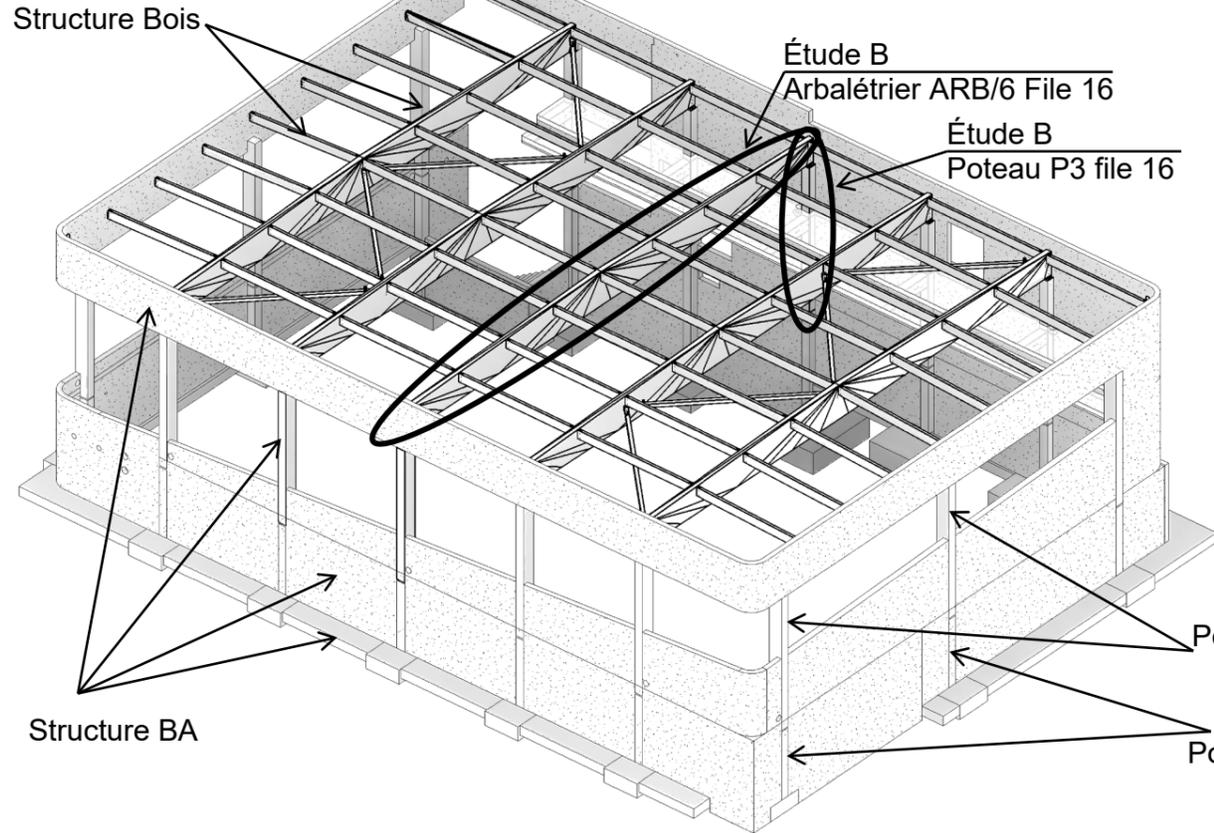
- 1^{er} lit : 5 HA 12
- 2^{ème} lit : 5 HA 12
- 3^{ème} lit : 5 HA 12 (non représentés)



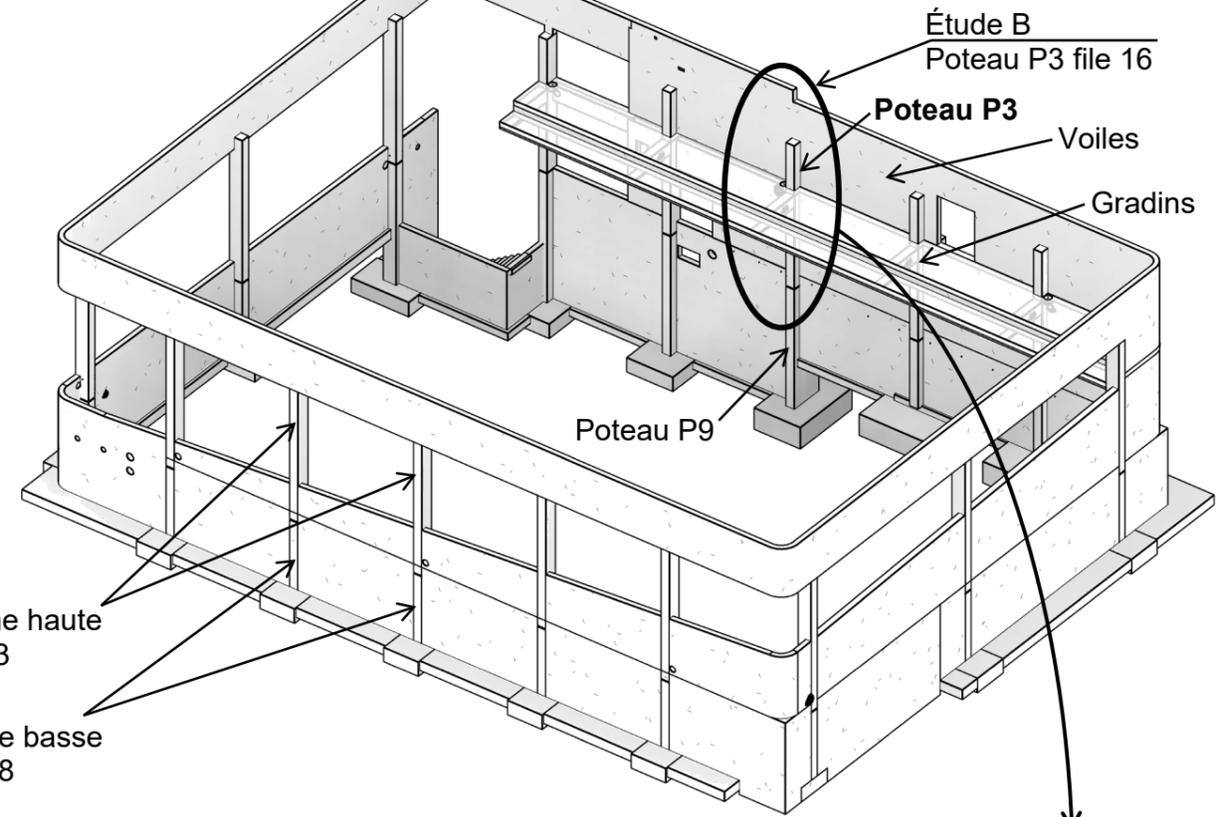
DOCUMENT TECHNIQUE DT6

Bassin sportif

Perspective partielle de la structure mixte BA - bois



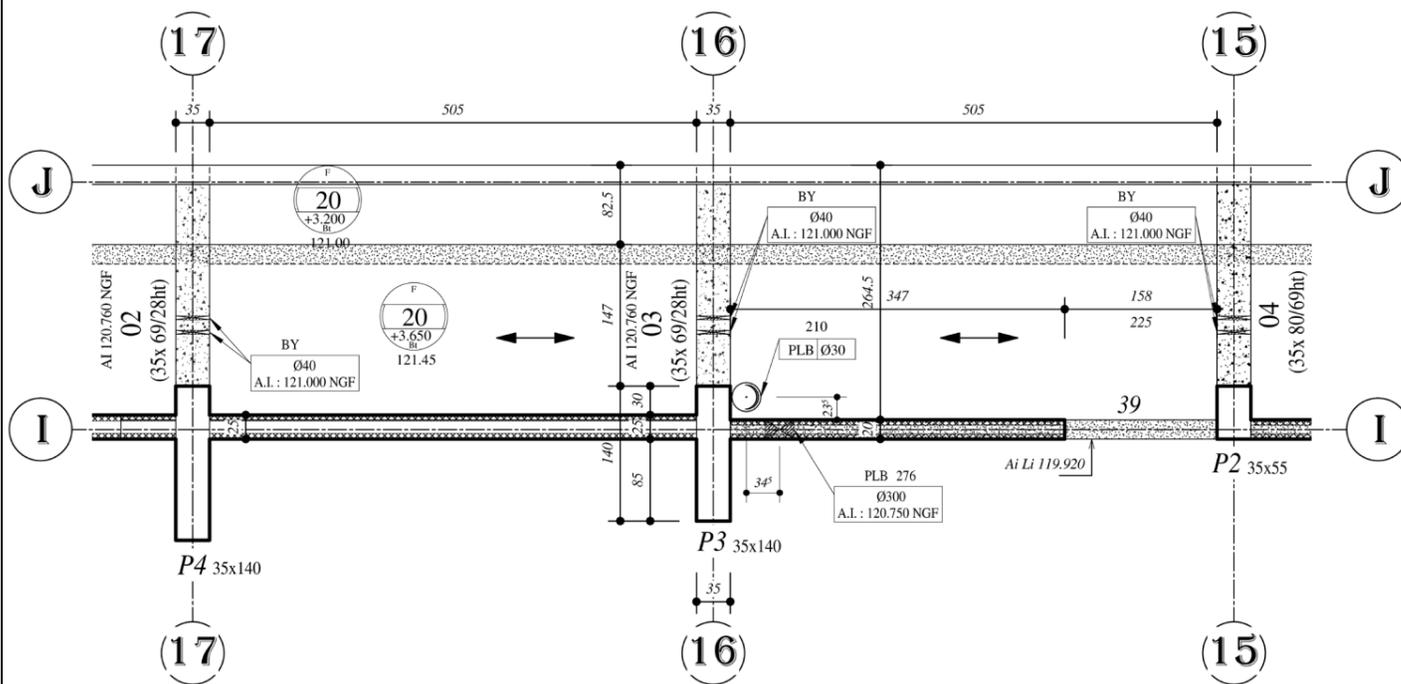
Perspective partielle de la structure BA



Poteaux BA zone haute
AI = -0,53

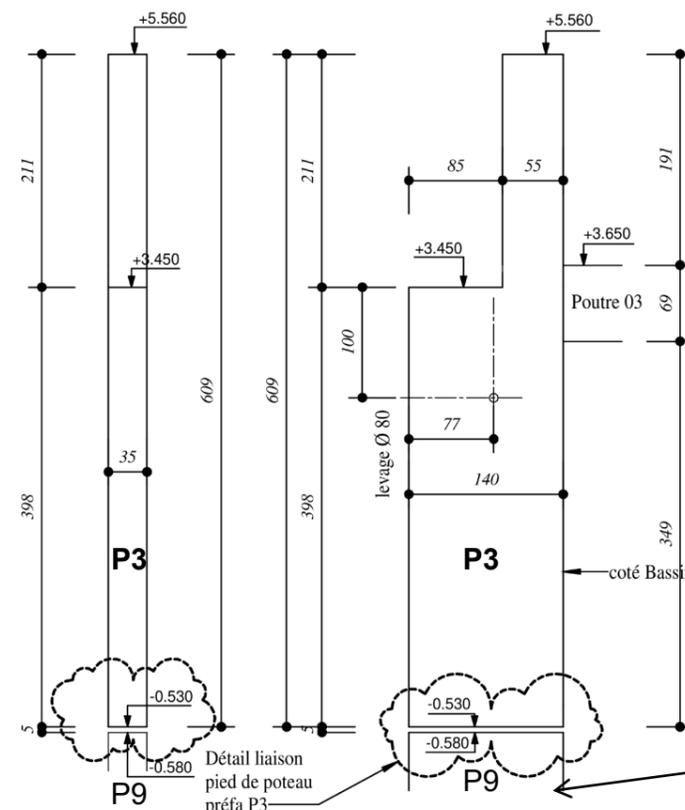
Poteaux BA zone basse
AS = -0,58

Plan de coffrage partiel
zone gradins / poteau P3 préfabriqué / poutre 03 - File 16

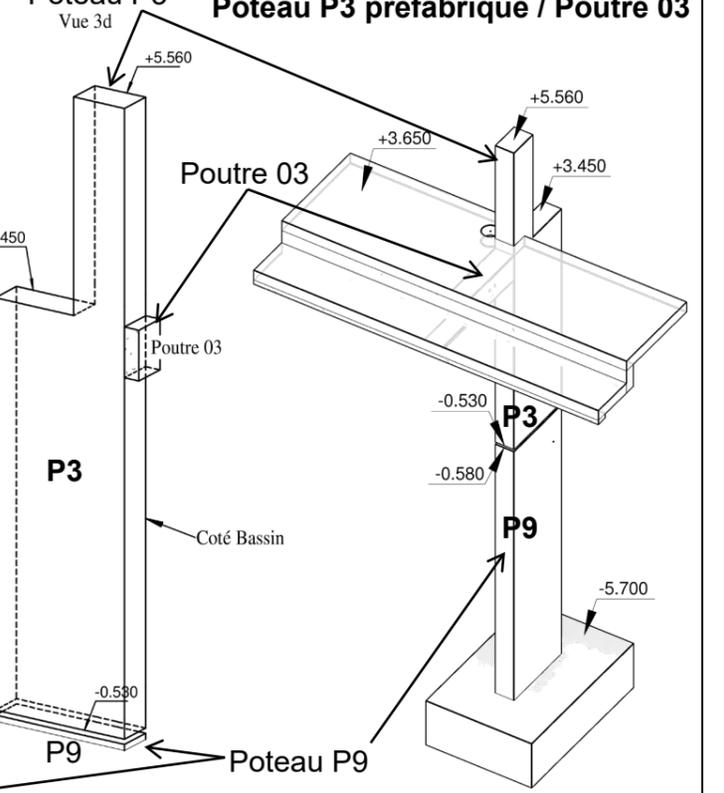


Coffrage poteau P3 préfabriqué

Vue de Face Vue de Côté



Zone gradins
Poteau P3 préfabriqué / Poutre 03



DOCUMENT TECHNIQUE DT7

Échelle non précisée - Cotation en cm / m
Les textes peu lisibles ne sont pas utiles pour traiter les questions

Extrait de la note de calculs - Dimensionnement du système de fixation Peikko®

NOTE : Les charges sont définies dans le système de coordonnées local du modèle.

Charges au pied du poteau P3, à l'origine du repère (X,Y,Z), en phase d'exploitation

Aux ELU

N_d : effort normal vertical

M_{xd} : moment / x

M_{yd} : moment / y

V_{xd} : effort tranchant / x

V_{yd} : effort tranchant / y

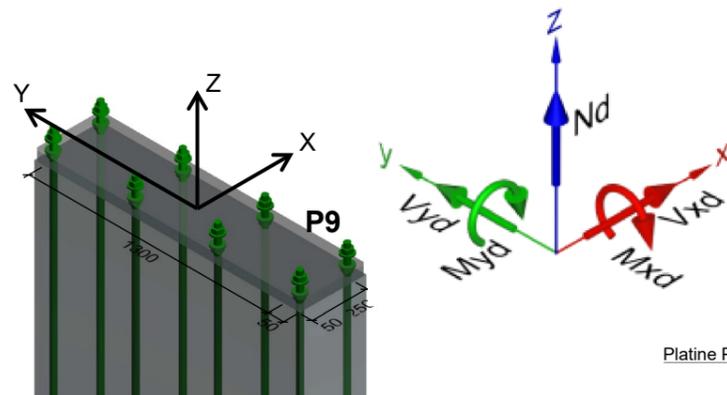
Nom	N_d [kN]	M_{xd} [kNm]	M_{yd} [kNm]	V_{xd} [kN]	V_{yd} [kN]
	-600,0	750,0	75,0	0,0	0,0

Matériaux et géométrie Poteau P9

Poteau : 350x1400

Arase supérieure = - 0,58

Boulons d'ancrage Peikko® : 8 HPM30 en tête



Matériaux et géométrie Poteau P3

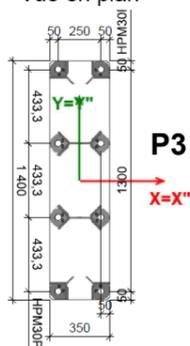
Poteau : 350x1400

Arase inférieure = - 0,53

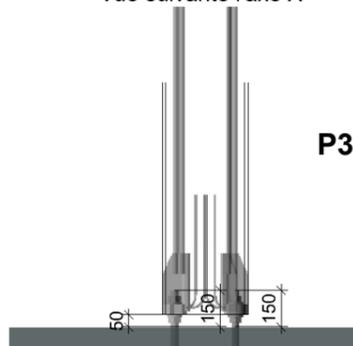
Clavetage : épaisseur 50 mm

Pieds de poteau Peikko® : 8 HPM30

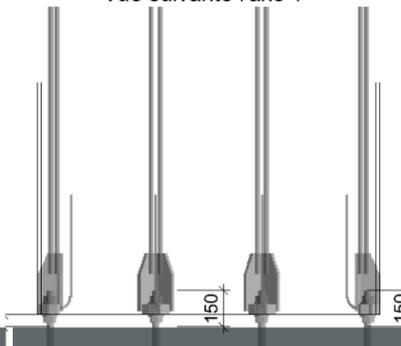
Vue en plan



Vue suivante l'axe X''



Vue suivante l'axe Y''



X ; Y = système de coordonnées locales du produit
X'' ; Y'' = système de coordonnées locales des ancrages

Système de liaison par connexion mécanique boulonnée Peikko®

Procédé de construction

Le procédé Peikko® est constitué de :

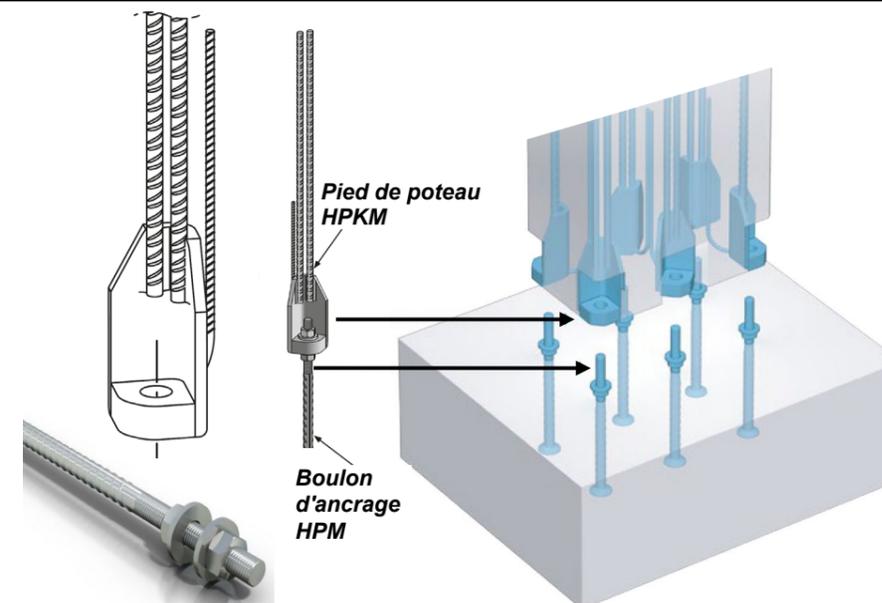
- Pieds de poteaux HPMK
- Boulons d'ancrages HPM

Les pieds de poteaux sont mis en place à la base du poteau préfabriqué et sont liés à la cage d'armatures du poteau.

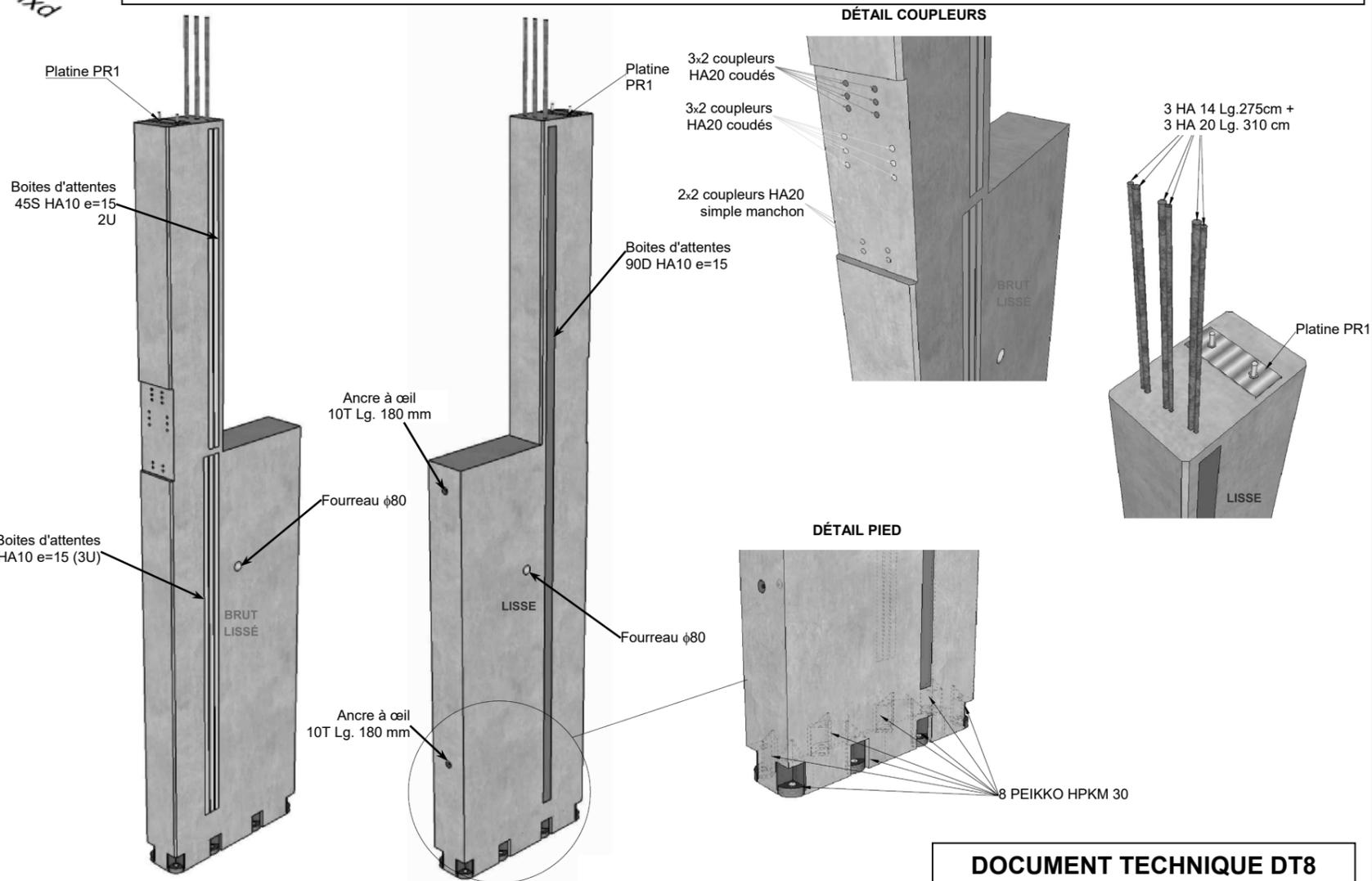
Les boulons d'ancrage sont coulés en place soient dans la fondation (connexion poteau sur fondation) soient dans la partie la plus haute du poteau inférieur (connexion poteau/poteau).

La connexion du poteau est terminée lorsque l'écrou et sa rondelle sont serrés sur le pied de poteau.

Pour finaliser la connexion, l'espace sous le poteau ainsi que le volume des vides qui ont permis le serrage des écrous doivent être remplis d'un mortier de scellement sans retrait.

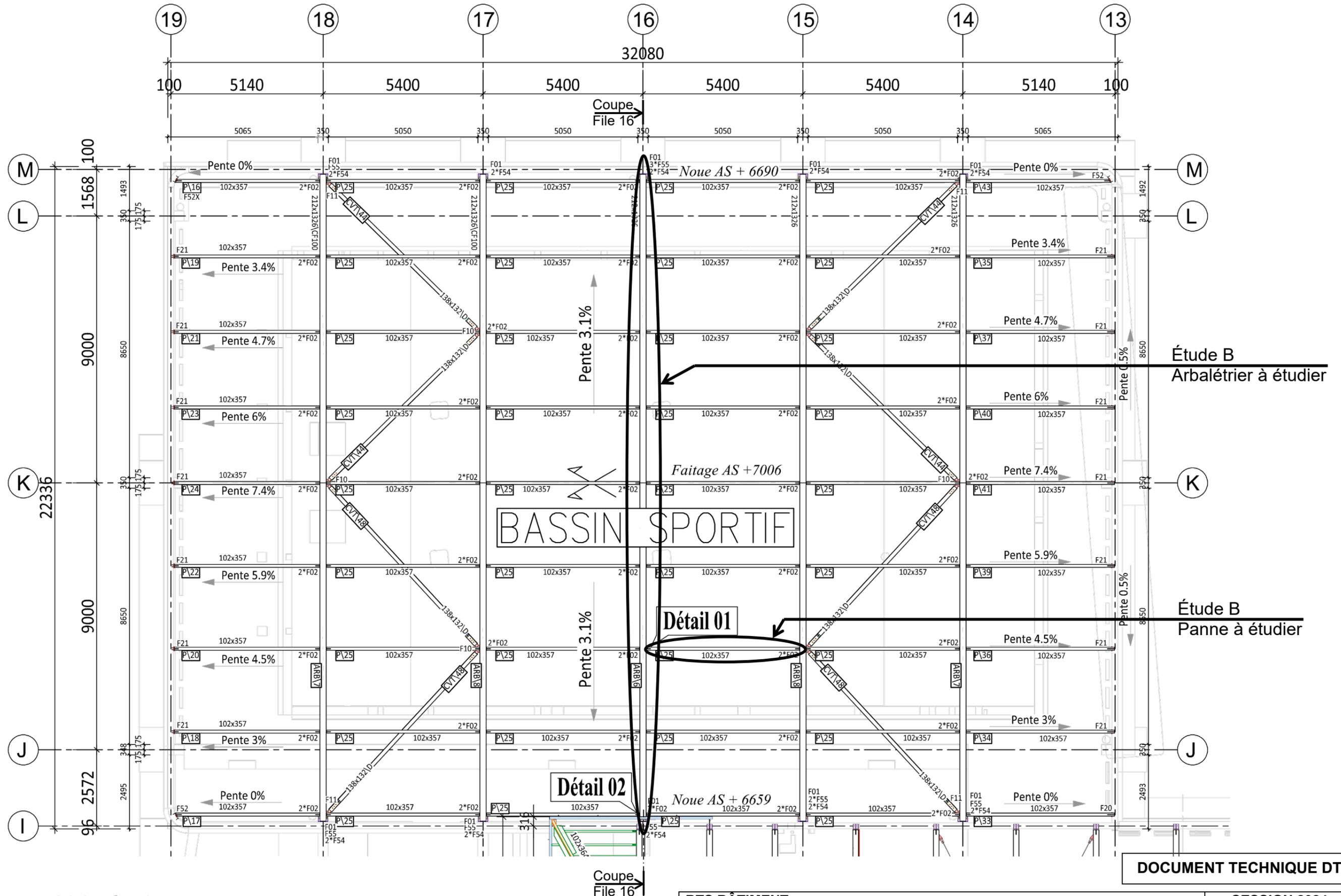


Poteau P3 - Extrait du carnet de préfabrication



DOCUMENT TECHNIQUE DT8

Bassin sportif - Vue en plan de la charpente



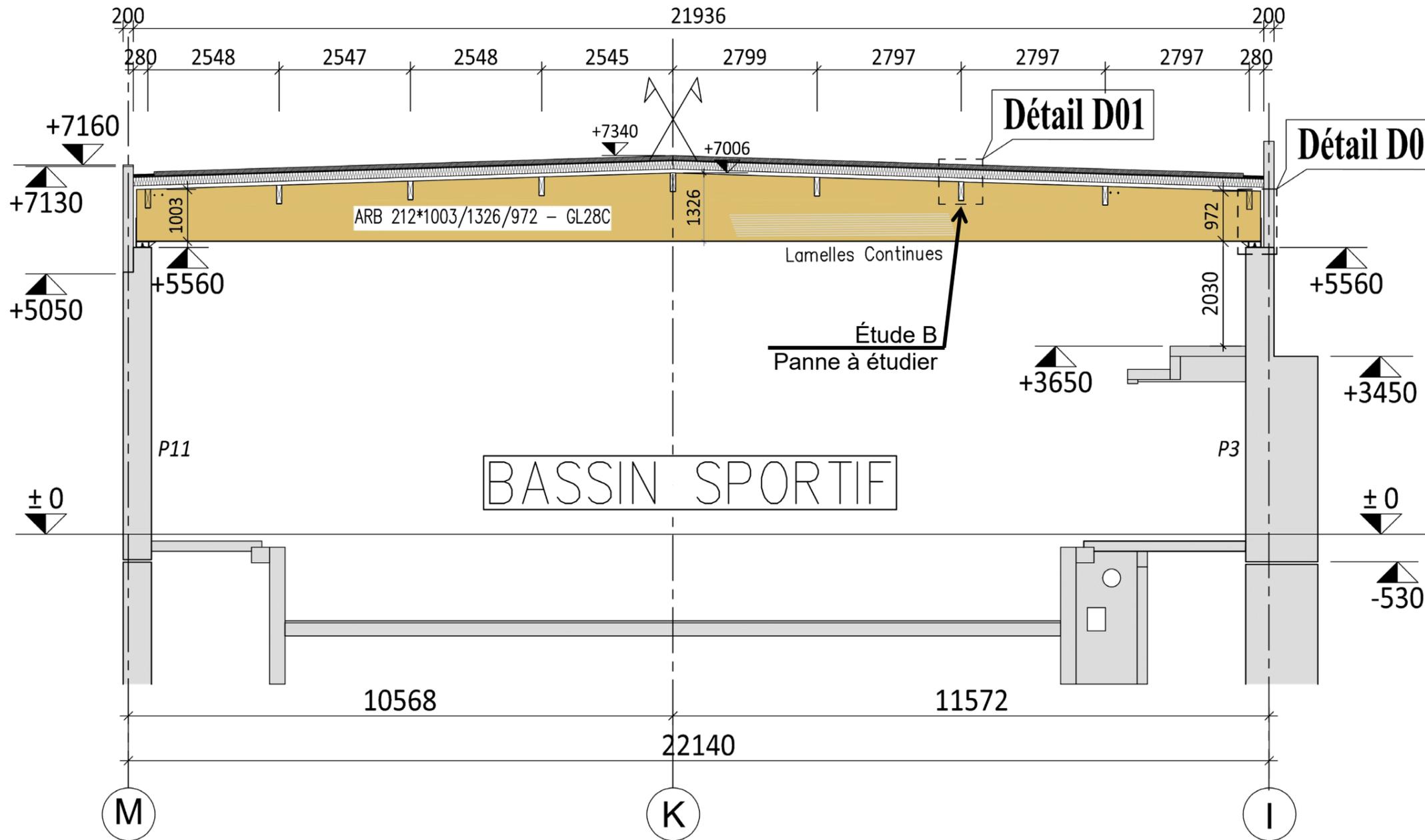
Étude B
Arbalétrier à étudier

Étude B
Panne à étudier

DOCUMENT TECHNIQUE DT9

Échelle non précisée - Cotation en mm
Les textes peu lisibles ne sont pas utiles pour traiter les questions

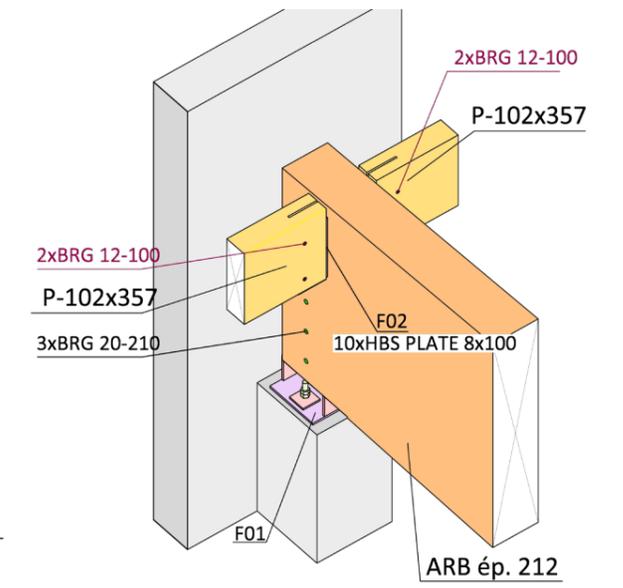
Bassin sportif - Coupe File 16



Détail D01

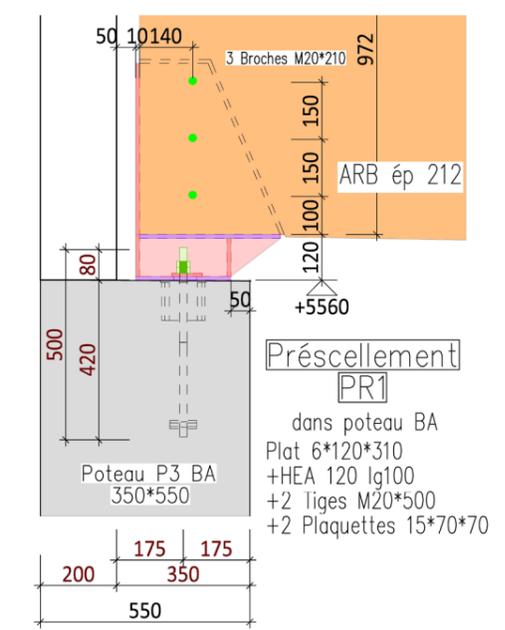
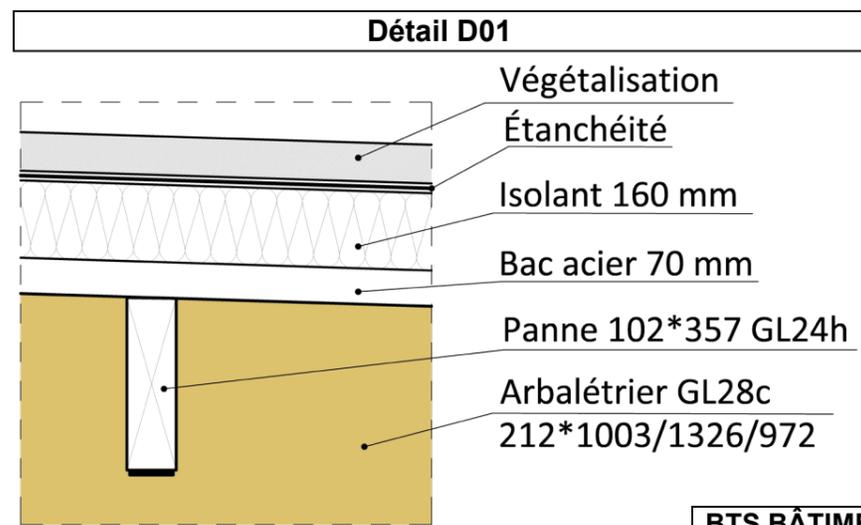
Détail D02

Détail D02
Liaison arbalétrier / poteau BA



BASSIN SPORTIF

Détail D01



Échelle non précisée - Cotation en mm
Les textes peu lisibles ne sont pas utiles pour traiter les questions

Extrait de l'Eurocode 3

Résistance des sections transversales

Caractéristiques géométriques des sections transversales

Aire brute (A)

Elle est calculée en utilisant les dimensions nominales sans déduire les trous pratiqués pour les fixations, mais il faut tenir compte des ouvertures plus importantes.

Aire nette (A_{net})

Elle est égale à l'aire brute diminuée des aires des trous et des ouvertures.

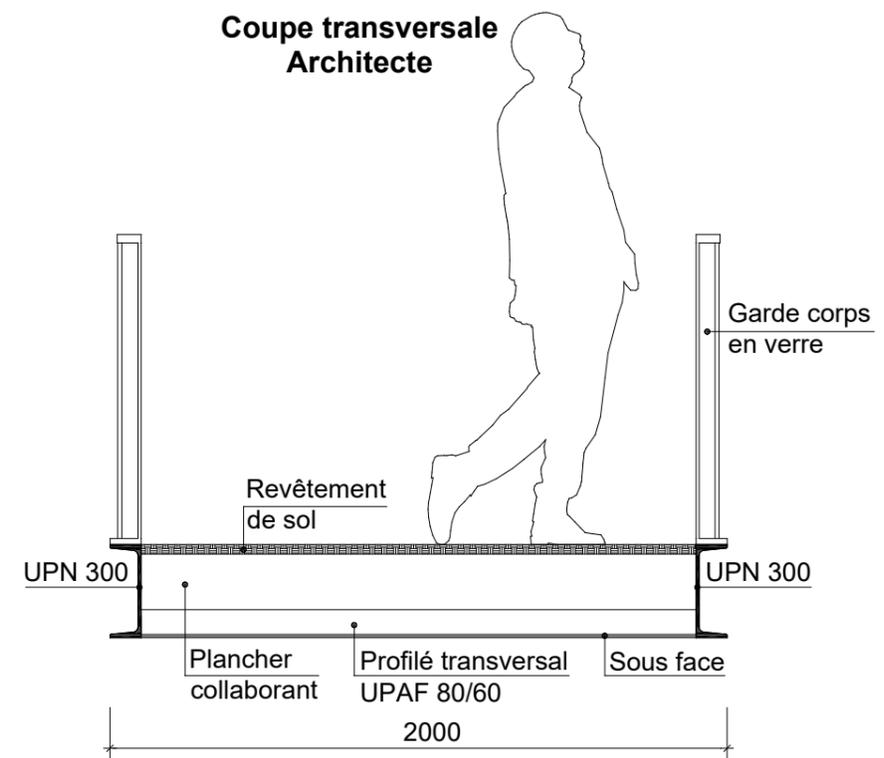
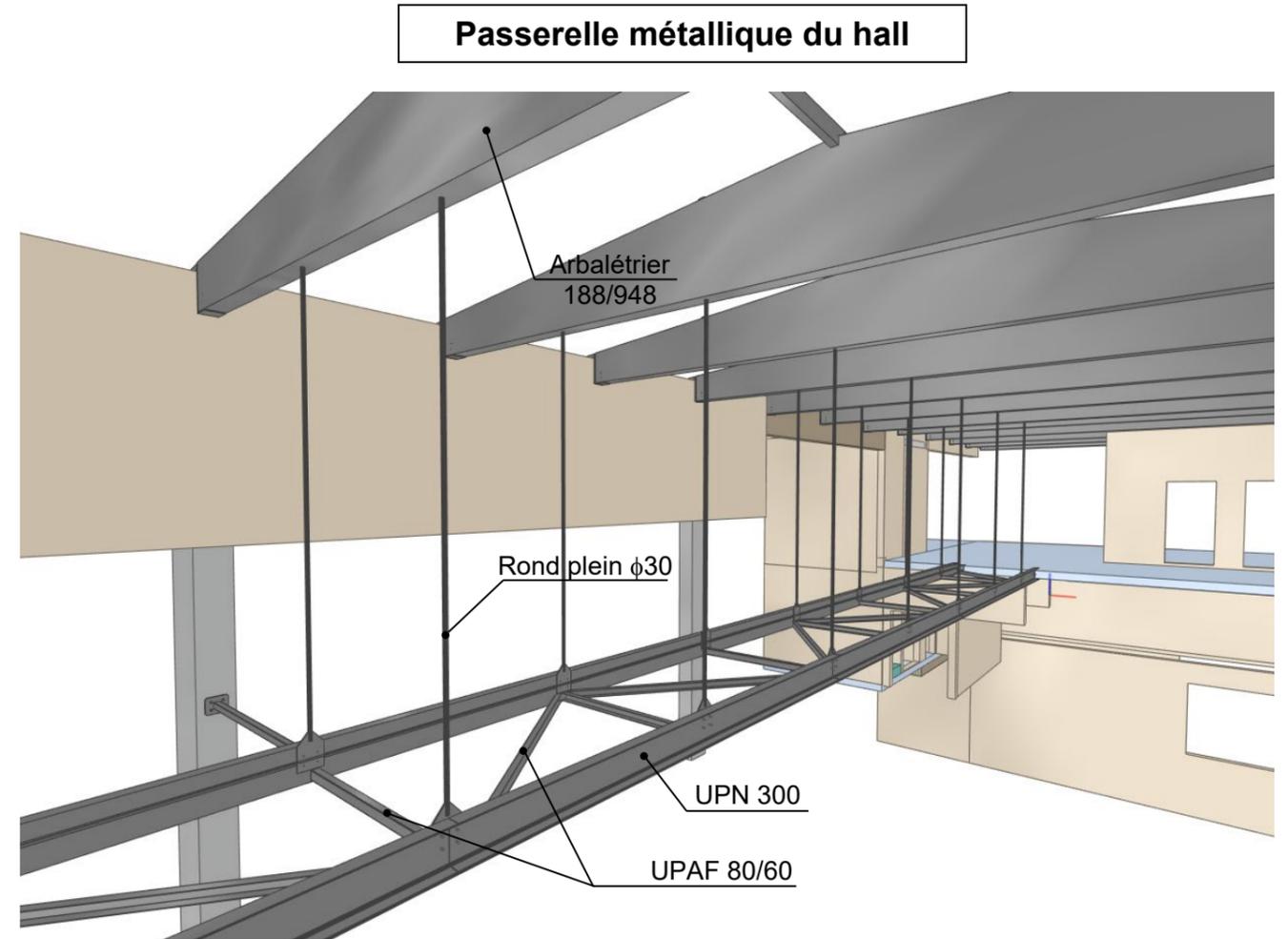
Effort axial de traction (N)

On doit vérifier : $N_{Ed} \leq N_{t,Rd} = \min (N_{pl,Rd}, N_{u,Rd}, N_{Net,Rd})$ où

N_{Ed} = Effort de traction (agissant) sollicitant la traction.

$N_{t,Rd}$ = Résistance de calcul à la traction de la section, prise comme la plus petite des valeurs suivantes :
Lorsqu'un comportement ductile est requis, c'est à dire lorsque la section brute doit se plastifier avant la rupture de la section nette, il convient de vérifier la condition supplémentaire : $N_{u,Rd} \geq N_{pl,Rd}$

SECTION BRUTE (en partie courante)	SECTION NETTE (perçages déduits au droit des assemblages)	
On considère que l'état de plastification est atteint sur toute la section transversale.	Assemblage par boulons ordinaires : Il y a amplification des contraintes de traction au droit des perçages.	Assemblage par boulons précontraints (HR) : L'étreinte latérale permet une répartition quasi uniforme des contraintes de traction
Résistance plastique de calcul de la section brute	Résistance ultime de calcul de la section nette au droit des trous de fixations	Résistance plastique de la section nette, à considérer dans le cas d'assemblages par boulons HR précontraints 8.8 ou 10.9 (attaches boulonnées de catégorie C) pour lesquels aucun glissement n'est autorisé.
$N_{pl,Rd} = A \frac{f_y}{\gamma_{M0}}$	$N_{u,Rd} = 0,9 A_{net} \frac{f_u}{\gamma_{M2}}$ <small>Validité de cette expression : attaches symétriques. Pour des cornières assemblées par une seule aile et autres types de sections assemblées par des parois en console, se référer à : EN 1993-1-8 clause 3.6.3</small>	$N_{net,Rd} = A_{net} \frac{f_y}{\gamma_{M0}}$

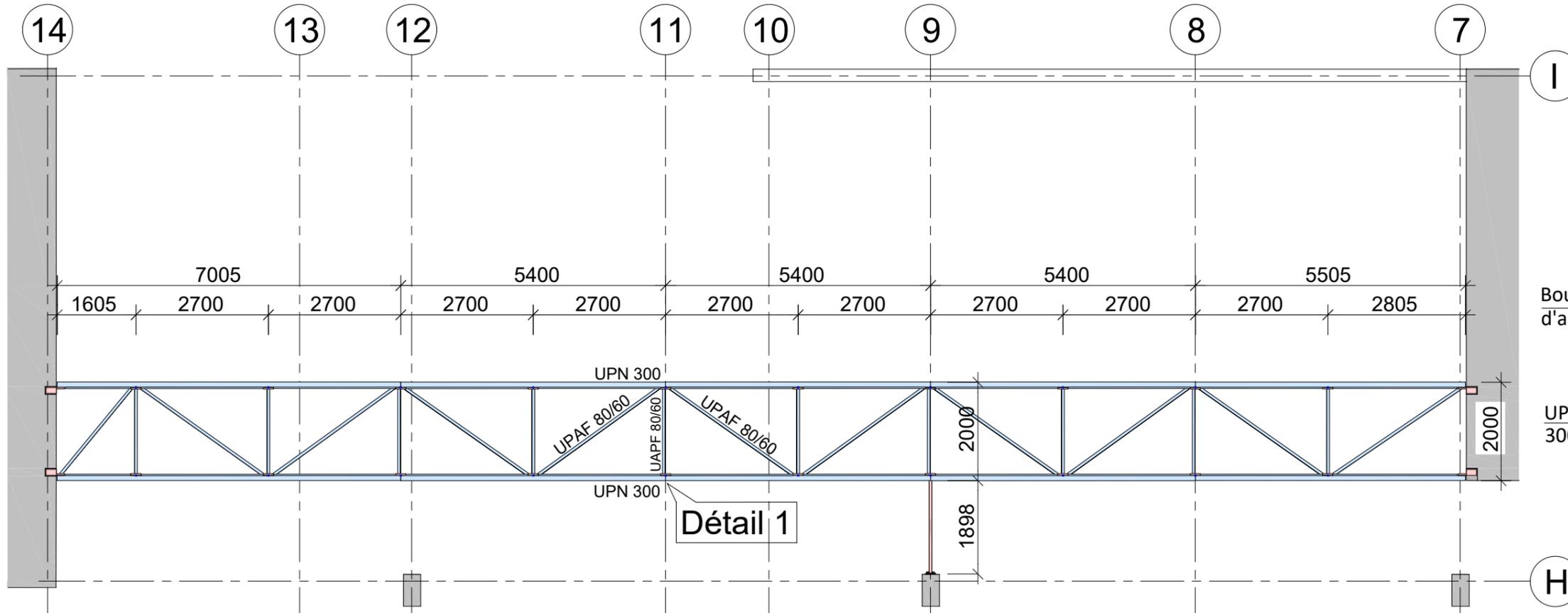


Échelle non précisée - Cotation en mm

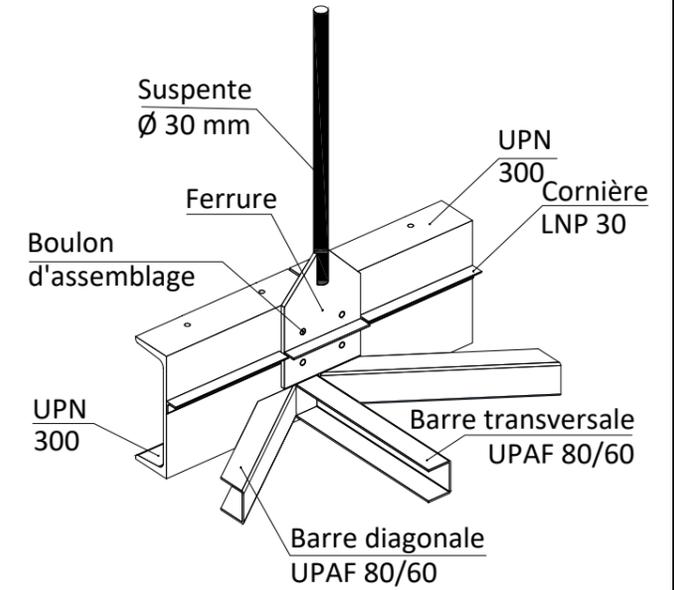
DOCUMENT TECHNIQUE DT11

Passerelle métallique du hall

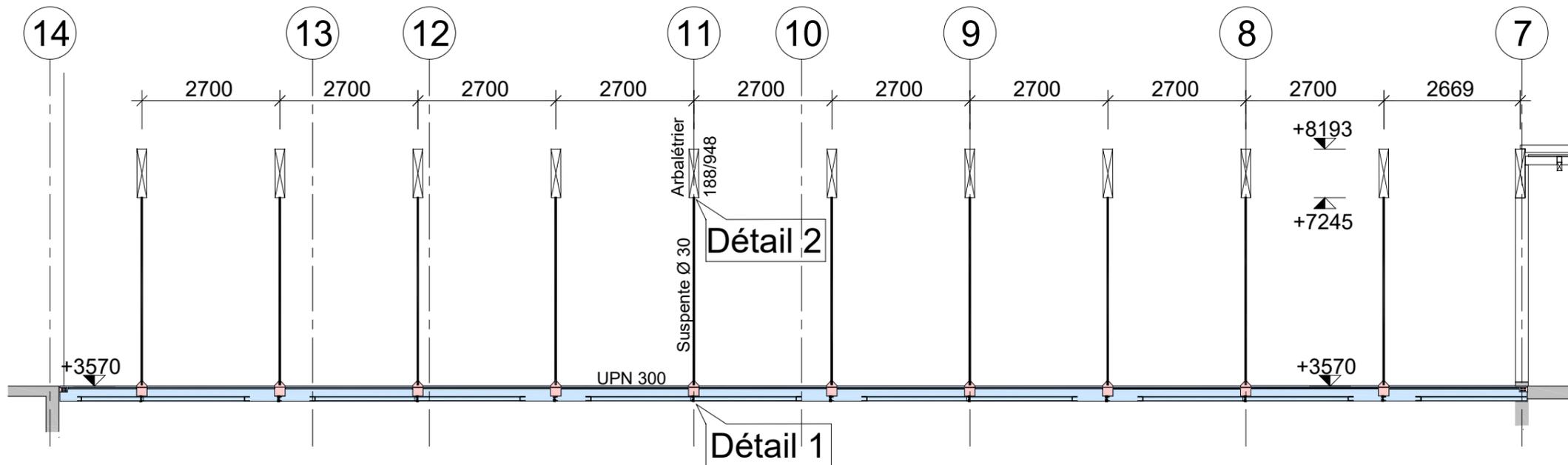
Vue en plan - Exécution / Ossature métallique



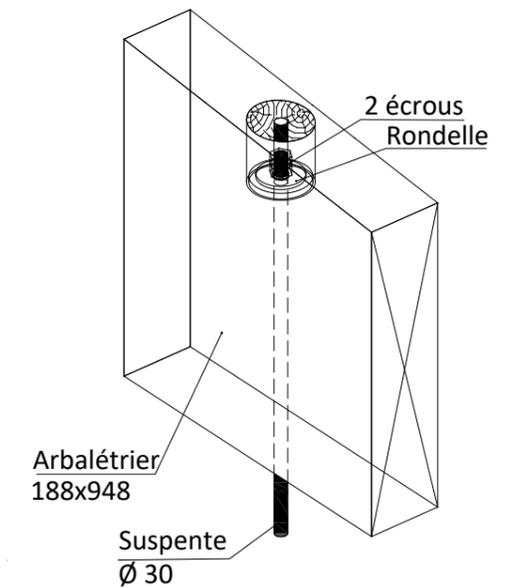
Détail 1



Coupe longitudinale - Exécution / Ossature métallique



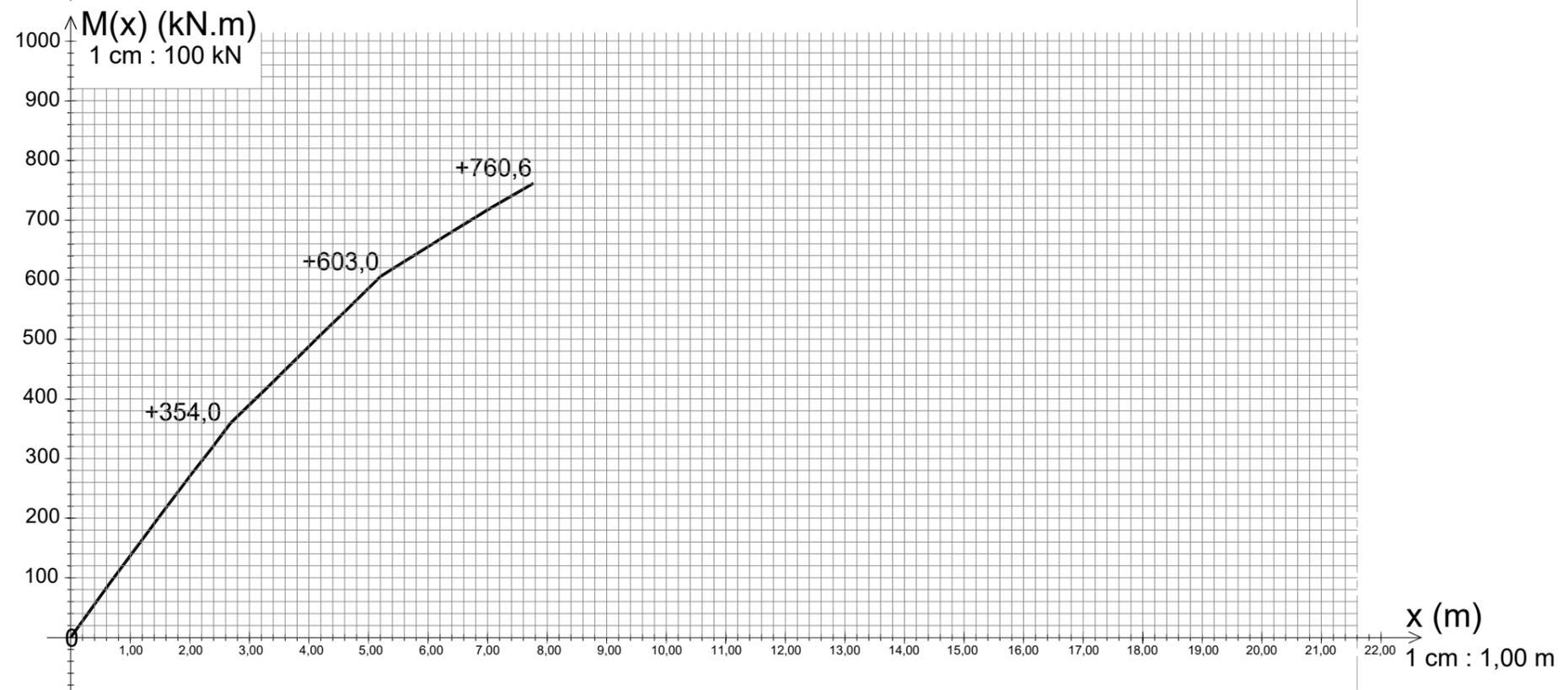
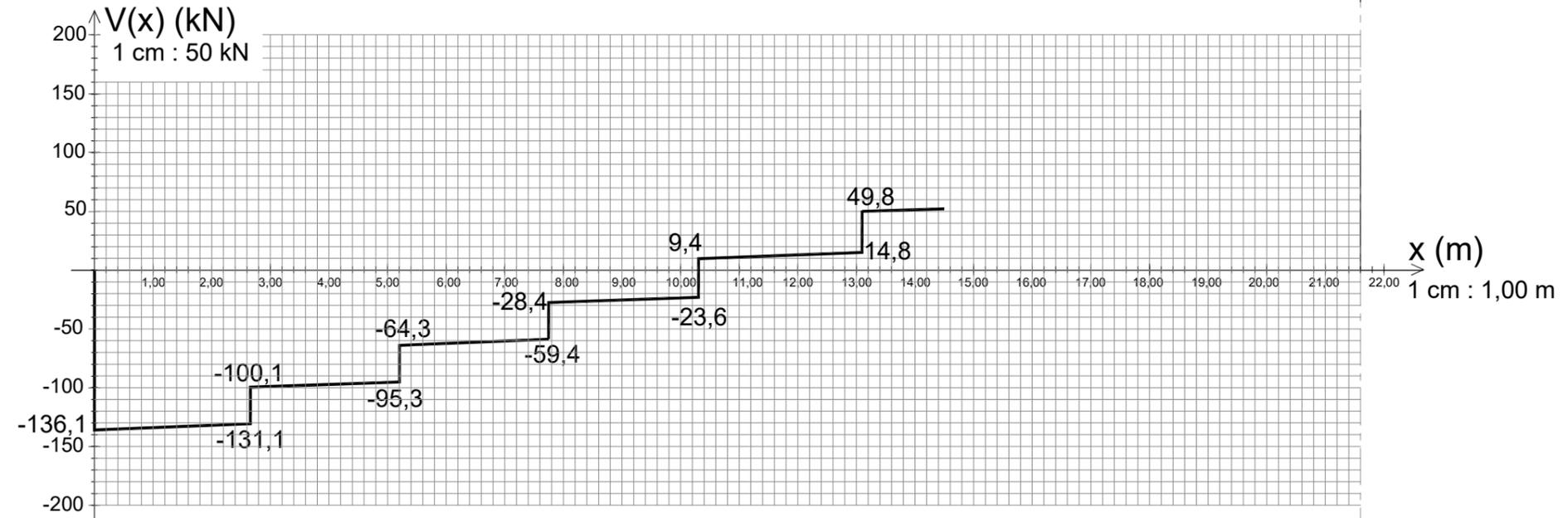
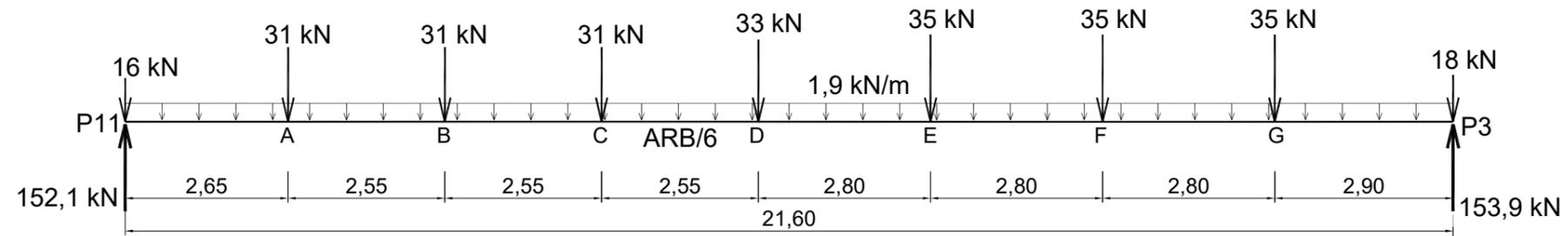
Détail 2



DOCUMENT TECHNIQUE DT12

Échelle non précisée - Cotation en mm
Les textes peu lisibles ne sont pas utiles pour traiter les questions

Q14. Tracé des diagrammes V et M



DOCUMENT RÉPONSE DR1