

# BREVET DE TECHNICIEN SUPÉRIEUR BÂTIMENT

## Épreuve E4 – Étude technique

**Sous - épreuve U41**  
**Dimensionnement et vérification d'ouvrages**

**SESSION 2025**

**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 collège », 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 12 pages numérotées de 1/12 à 12/12

# Projet « extension d'un centre orthopédique »

## Contenu du dossier

- |             |  |
|-------------|--|
| Page 2      | Présentation de l'ouvrage  |
| Page 3      | Caractéristiques des matériaux   |
| Pages 3 à 4 | Travail demandé  |
| Page 5      | DT 1 - Extrait du rapport de sol - Portées utiles                      |
| Page 6      | DT 2 - Combinaisons fondamentales EC1 - 3 Moments - Rotation           |
| Page 7      | DT 3 - Poutres - Aciers longitudinaux - Aciers transversaux            |
| Page 8      | DT 4 - Poteaux circulaires - Extraits EC3 - Note de calculs passerelle |
| Page 9      | DT 5 - Caractéristiques des HEA - Aciers en barres                     |
| Page 10     | DT 6 - Plan partiel des fondations                                     |
| Page 11     | DT 7 - Plans de la passerelle  |
| Page 12     | DR - Document réponse  |

## Barème

ÉTUDE 1	Étude de la poutre continue	9 points
ÉTUDE 2	Étude du rapport de sol et de la fondation sous le poteau P3	5 points
ÉTUDE 3	Étude du ferraillage du poteau P3	3 points
ÉTUDE 4	Étude de la vérification d'un profilé métallique	3 points
TOTAL 20 points		

Les études sont indépendantes et peuvent être traitées indépendamment.

## Présentation de l'ouvrage

Voir l'ensemble du dossier technique

DT 1 à 7

Les travaux concernent la construction d'un bâtiment de type R+2 à R+3 de 476 m<sup>2</sup> (environ 13 m x 36.5 m au sol) à usage de pôle de rééducation venant en extension d'un centre orthopédique.

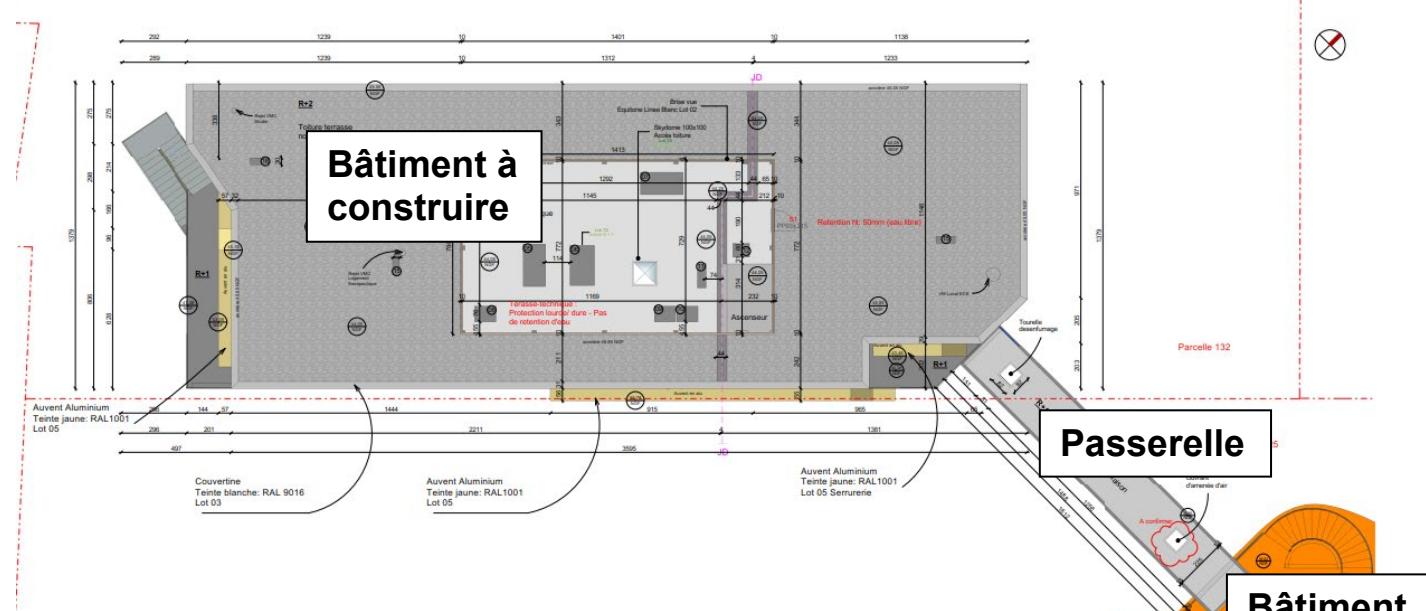


Fig1 - Plan de masse

Les ouvrages porteurs seront réalisés en béton armé (voiles, poteaux, poutres, longrines).

Les planchers seront réalisés en dalles pleines coulées sur coffrage ou sur prédalles.

Au pourtour des terrasses, il sera prévu un acrotère en béton armé coulé en place.

Les sols sont constitués par des limons sableux surmontant le soubassement sablo-argileux plus compact. Aucun niveau d'eau n'a été observé lors de la réalisation des sondages à la pelle.

Compte tenu des descentes de charges, la solution de fondation du bâtiment consiste à reprendre les appuis par semelles filantes ou semelles isolées.

Une passerelle est prévue entre le bâtiment existant et le bâtiment projeté (entre chaque R+1).



Fig2- Extrait de la coupe transversale du projet (avec passerelle)

## CARACTÉRISTIQUES DES MATERIAUX UTILISÉS SUR L'OUVRAGE

### Béton armé

- Béton de type C25/30 :  $f_{ck} = 25 \text{ MPa}$  ;  $f_{ctm} = 2,56 \text{ MPa}$  ;  $f_{cd} = 16,7 \text{ MPa}$
- Armatures de type B500B :  $f_{yk} = 500 \text{ MPa}$  ;  $f_{yd} = 435 \text{ MPa}$
- Poids volumique du béton armé :  $\gamma_{BA} = 25 \text{ kN/m}^3$
- B.A. situés à l'intérieur du bâtiment : Classe d'exposition XC1 (ou XC2 en "zone fondation")  
Cnom : 25 mm dans le cas de la poutre et Cnom : 30 mm si c'est la semelle de fondation
- Nombre minimal des aciers longitudinaux dans un poteau cylindrique : 6

### Acier pour charpente : S275

- Limite élastique :  $f_y = 275 \text{ MPa}$
- Module d'élasticité longitudinale (module d'Young) :  $E = 2,10 \cdot 10^5 \text{ MPa}$
- Coefficient partiel de sécurité sur les résistances à l'ELU :  $\gamma M0 = 1$
- Sections des profilés utilisés : classe 3

### Contrainte du sol

- Contrainte de calcul à l'ELU :  $q_d = 0,494 \text{ MPa}$

### Charges sur plancher bas RDC

- Charge d'exploitation  $q = 2,5 \text{ kN/m}^2$
- Charge d'isolation et revêtement sur la plancher  $g_{revet} = 2,0 \text{ kN/m}^2$

## TRAVAIL DEMANDÉ

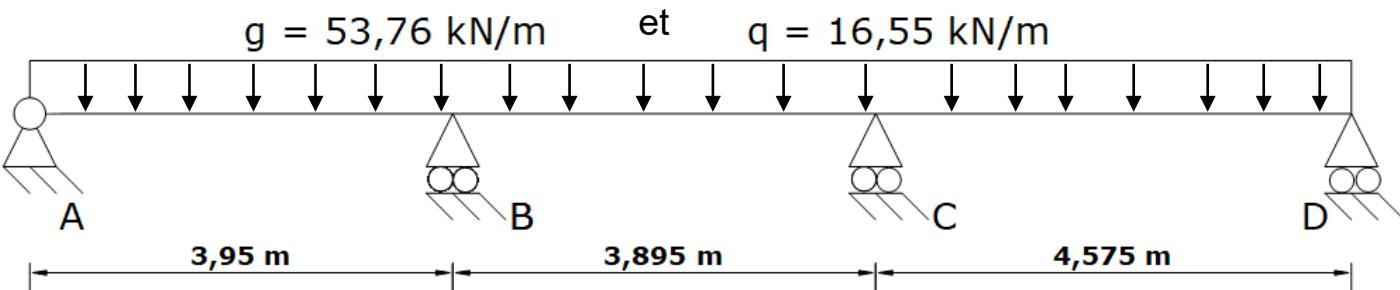
### ÉTUDE 1 - Étude de la poutre continue

Documents à consulter : DT6, DT1, DT2, DT3.

On s'intéresse dans cette partie au dimensionnement d'une partie du ferraillage de la poutre continue.

La poutre a une section de 0,200 m x 0,400 m.

La poutre continue est modélisée ci-dessous :

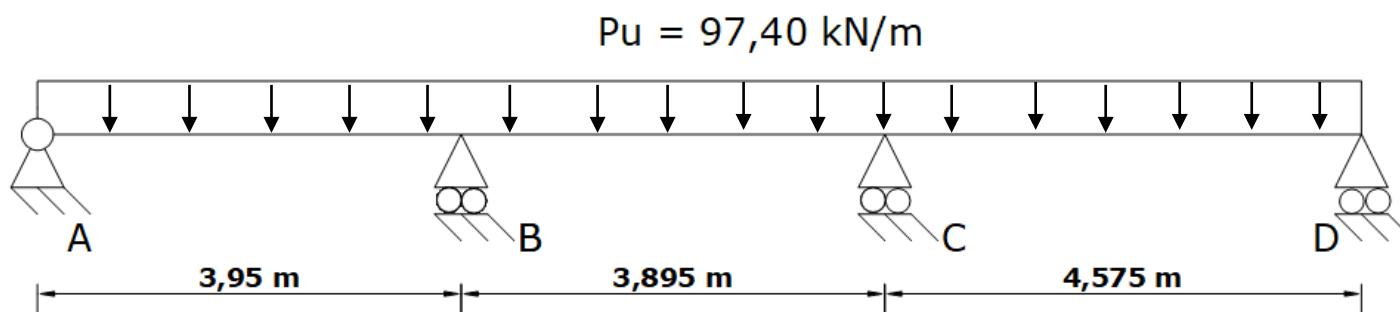


Q1. Vérifier les portées utiles des travées.

Q2. Justifier par le calcul la valeur des charges  $g$  et  $q$  sur la modélisation ci-dessus.

Q3. Dessiner le cas de charge à l'ELU permettant d'obtenir le moment fléchissant maximal en travée CD. On ne demande pas de calculs.

On se propose d'étudier le cas de chargement suivant :



Q4. En utilisant le théorème des 3 moments, vérifier que le moment de flexion à considérer sur l'appui intermédiaire C pour le cas de charges envisagé est :  $M_C = -190,37 \text{ kN.m}$ .

On donne  $M_B = -140,10 \text{ kN.m}$  ;

Q5. Sur le document réponse DR et à l'échelle, tracer le diagramme de l'effort tranchant et du moment de flexion en dessous du rappel du modèle mécanique. Préciser les valeurs particulières.

On donne :  $Y_A = 156,9 \text{ kN}$  ;  $Y_B = 404,61 \text{ kN}$  ;  $Y_C = 467,01 \text{ kN}$  ;  $Y_D = 181,19 \text{ kN}$

Échelle des longueurs : 1 m = 1 cm

Échelle des forces : 100 kN = 2 cm

Échelle des moments 100 kN.m = 2 cm

**Q6. Calculer** la section d'armatures longitudinales sur la travée AB.

On prendra pour cela  $M_{Ed} = 126,3 \text{ kN.m}$ .

**Procéder** au choix des armatures.

Les armatures d'effort tranchant sont constituées par des cadres HA8.

**Q7. Déterminer** et **choisir** les armatures d'effort tranchant et le premier espacement au nu de l'appui B.

On prendra pour cela  $V_{Ed} = 215,66 \text{ kN}$ . La vérification de la compression des bielles n'est pas demandée.

**Q8. Positionner** les aciers choisis sur un croquis de la section verticale de la poutre.

Les armatures de montage seront constituées par des HA10.

## ÉTUDE 2 - Étude du rapport de sol et de la fondation sous le poteau P3

L'étude porte sur la semelle située sous le poteau 3.

On s'intéresse dans cette partie à la compréhension du rapport de sol et au positionnement des armatures dans la semelle ponctuelle.

Documents à consulter : DT1, DT6

**Q9. Expliquer** pourquoi il est important de respecter la règle des 3H/2V.

**Q10. Expliquer** le phénomène de consolidation du sol qui conduit au tassement de la fondation.

**Q11. Citer** les risques que peuvent entraîner les tassements du sol pour l'ouvrage ? Que **penser** du tassement sous la semelle isolée, évalué par le laboratoire de sols.

**Q12. Vérifier** que les dimensions de la semelle, supposée chargée en compression centrée, permettent de satisfaire à la contrainte admissible par le sol.

On considérera l'effort ultime augmenté du poids de la semelle.

**Q13. Proposer** un schéma de ferraillage pour la semelle de fondation.

Nota : l'espacement entre 2 armatures doit être inférieur à 250 mm et la section d'armatures calculée est de  $7,4 \text{ cm}^2$  dans les 2 sens.

La hauteur de semelle est de 0,60 m.

## ÉTUDE 3 - Étude du poteau P3

Documents à consulter : DT3, DT4, DT 6.

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

On donne l'effort normal à l'ELU repris par le poteau P3 :

$N_{Ed} = 920 \text{ kN}$  ainsi que la longueur efficace :  $l_0 = 2,900 \text{ m}$ .

**Q14. Calculer** la section d'armatures longitudinales du poteau et **choisir** les aciers.

**Q15. Choisir** les armatures transversales en partie courante.

**Calculer** l'espacement des cadres en partie courante.

**Q16. Donner** un croquis d'une section transversale du poteau en **représentant** toutes les armatures.

## Étude 4 - Étude d'un élément de la passerelle métallique

Documents à consulter : DT7, DT4, DT5.

L'étude porte sur la vérification de pièces de la charpente métallique dénommées « arba 186 » constituant la passerelle.

À partir des documents issus de la note de calculs des éléments métalliques.

**Q17. Vérifier** les pièces de traverses vis-à-vis du moment de flexion.

**Q18. Vérifier** les pièces de traverses vis-à-vis de l'effort tranchant.

**Q19. Conclure** sur la possibilité d'utiliser cette pièce.

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

### Extrait du rapport de sol

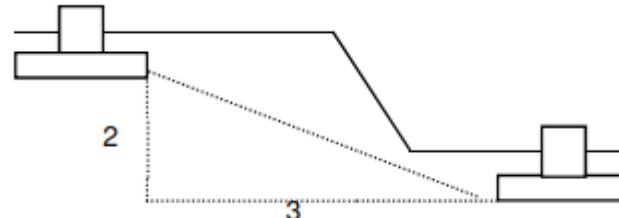
#### Fondation du bâtiment

##### 1. Principe de fondation et ancrage

Compte tenu des descentes de charge retenues en hypothèse, la solution de fondation du bâtiment consistera à reprendre les appuis par semelles filantes ou semelles isolées descendues dans les sables limoneux sur le 1er mètre en tête moyennant un encastrement minimal de 0.30 m dans cet horizon porteur (avec un minimum de - 1.2m/niveau extérieur fini compte tenu des chutes de portance pouvant apparaître par variation hydrique au sein des formations limoneuses).

Dans tous les cas, l'assise des fondations se situera au-delà de la terre végétale, des remblais limono-argileux à sablo-limoneux brun à déchets (formation n°1) et au-delà des limons sableux à sables limoneux marrons (formation n°2) afin de garantir une assise homogène au droit du bâtiment.

On veillera également à ce que les fondations respectent la règle des 3H/2V entre 2 fondations proches en particulier entre les fondations de la passerelle et le bâtiment existant sur sous-sol qu'elles soient existantes ou à créer avec des niveaux décalés.



Le pré dimensionnement des fondations est mené à partir des résultats aux essais pressiométrique, conformément à la norme NFP 94-261 de juin 2013 (Justification des ouvrages géotechniques – Normes d'application nationale de l'Eurocode 7 – Fondations superficielles).

Sur la base de la contrainte admissible du sol retenue, les semelles isolées et filantes présenteront les dimensions suivantes :

Semelles isolées	Largeur B retenue en m	Longueur L retenue en m	NEd (kN)	Ned + PP (kN)	Tassement en cm
V = 140 t	2,2	2,2	1400	1450	0,7

PP = Poids propre de la fondation

**TASSEMENT – CRITÈRES :** Le tassement maximum que l'on peut accepter pour un bâtiment est en règle générale de 25 mm

Avec ce tassement de 25 mm, on estime que le tassement différentiel entre deux semelles ne dépassera pas 20 mm

#### Différents cas sont envisagés :

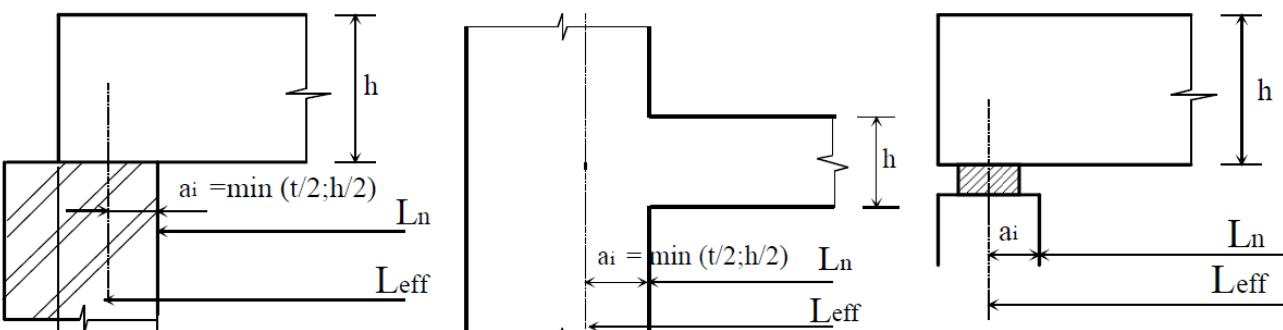
- éléments isostatiques
- éléments continus
- Appuis considérés comme des encastrements parfaits
- Présence d'un appareil d'appui
- Console

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}

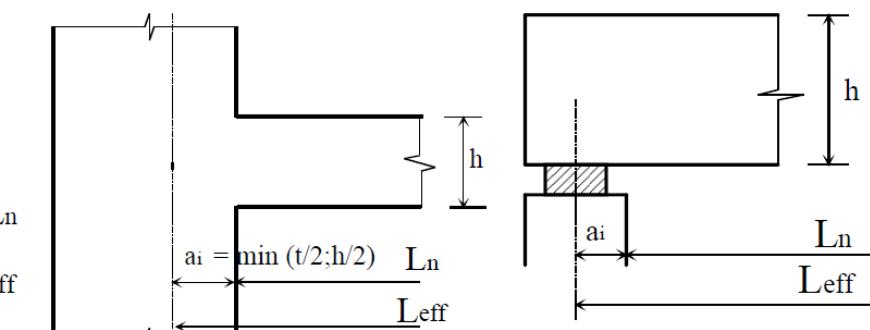
Avec  $L_n$  : distance libre entre les nus d'appuis.

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.

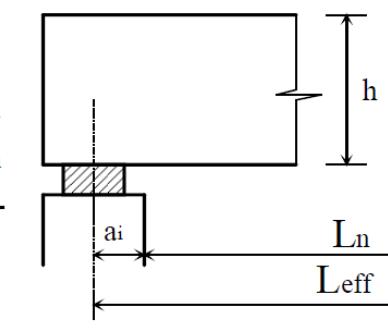
Détermination de la portée de calcul  $L_{eff}$  d'après l'expression 2.15, pour différents cas d'appuis.



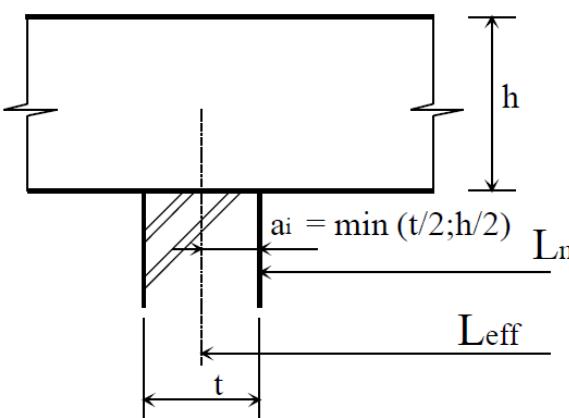
(a) Eléments isostatiques



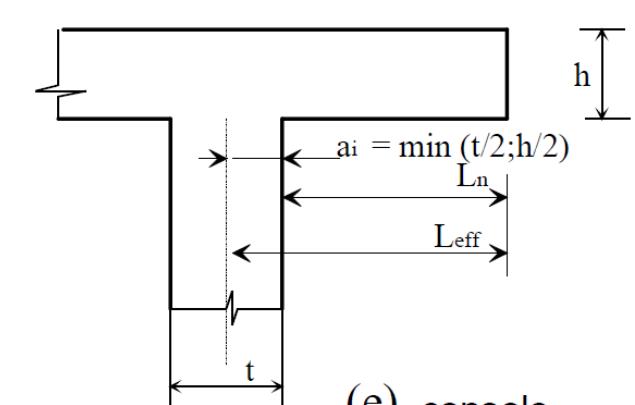
(c) appuis considérés comme des encastrements parfaits



(d) présence d'un appareil d'appui



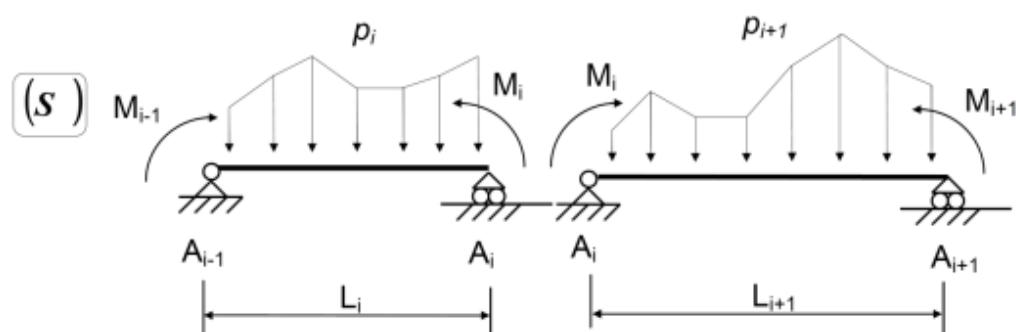
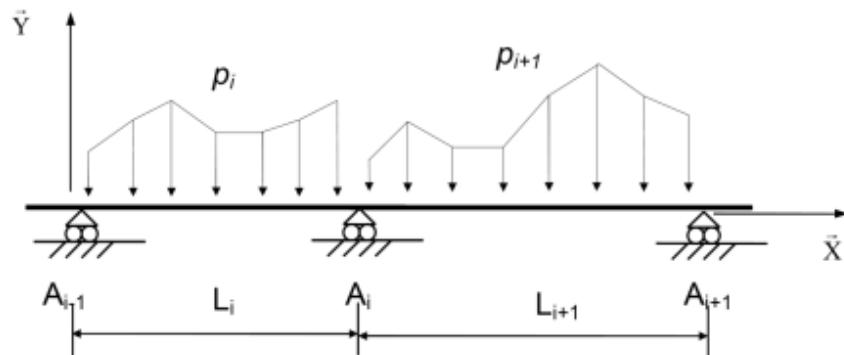
(b) Eléments continus



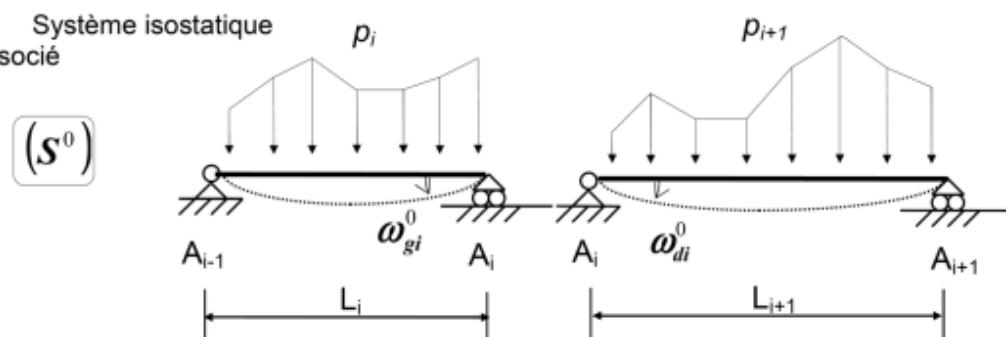
(e) console

### 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



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

**DT2**

### COMBINAISONS FONDAMENTALES :

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

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

$$\sum_j \gamma_{G,j} G_{k,j} + \gamma_{Q,1} Q_{k,1} + \sum_{i>1} \gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i}$$

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)	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  $\psi$  pour les bâtiments

Valeur caractéristique :  $\psi_0$  ; valeur fréquente :  $\psi_1$  ; valeur quasi-permanente :  $\psi_2$

Action	$\psi_0$	$\psi_1$	$\psi_2$
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 $\leq 30$ 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

Schéma mécanique	Rotation aux appuis	Flèche
	$\omega_A = -\frac{pL^3}{24EI}$ $\omega_B = \frac{pL^3}{24EI}$	$f_{(L/2)} = \frac{5pL^4}{384EI}$

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 :  $f_{yk} = 500 \text{ MPa}$

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

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 :**  
 $A_{s2} = 0$

NON

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

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

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

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

**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  $b_t = b_w$

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

**DT3**

Données : Classe structurale : **S4**

Environnement : Classe d'exposition X..

$$\text{Béton } C.. /.. f_{ck} \quad f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_c}$$

$$\text{Enrobage nominal : } c_{nom} = c_{min} + \Delta c_{dev}$$

$$c_{min} = \max \{c_{min,b}; c_{min,dur}; 10 \text{ mm}\}$$

$$\Rightarrow d ; \quad z \text{ inconnu} \Rightarrow z = 0,9d$$

$b_w$  plus petite largeur de la section droite dans la zone tendue

$$v_1 = 0,6 \left[ 1 - \frac{f_{ck}(\text{MPa})}{250} \right]$$

Acier B500 classe B  $f_{yk} = 500 \text{ MPa}$

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

$$p_u = 1,35g + 1,5q \text{ kN/m}$$

Effort tranchant de calcul  $V_{Ed}$

La résistance des bielles est surabondante

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

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

Choix de la section d'acier  $A_{sw}$  :

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

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

$s_{l,max}$  : Espacement longitudinal maximal entre les cours d'armatures d'effort tranchant

si  $h > 250 \text{ mm}$  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 épingle.

si  $h > 250 \text{ mm}$  alors  $s_{t,max} = \inf(0,75d, 600 \text{ mm})$  sinon  $s_{t,max} = 0,90d$

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

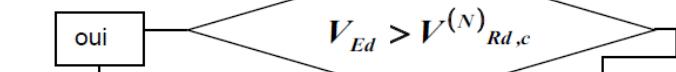
$A_{sl}$  : aire de la section des armatures tendues, prolongée d'une longueur supérieure à  $d + l_{bd}$  au-delà de la section considérée. ( $l_{bd}$  étant la longueur d'ancrage de calcul)

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

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

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

$$V^{(N)}_{Rd,c} = \sup \left[ C_{Rd,c} k (100 \rho_l f_{ck})^{1/3} ; v_{min} \right] b_w d$$



les armatures d'effort tranchant sont nécessaires

$$V_{Rd,max} = \frac{b_w z v_1 f_{cd}}{(\tan \theta + \cot \theta)}$$

On se fixe  $\cot \theta = 1$ , soit  $\theta = 45^\circ$

$$V_{Rd,max} = 0,5 b_w z v_1 f_{cd}$$

vérification de la compression des bielles

$$V_{Ed} \leq V_{Rd,max}$$

non

L'angle  $\theta = 45^\circ$  des bielles ne peut pas être augmenté.  
Il faut redimensionner le coffrage.

Dispositions constructives

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

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

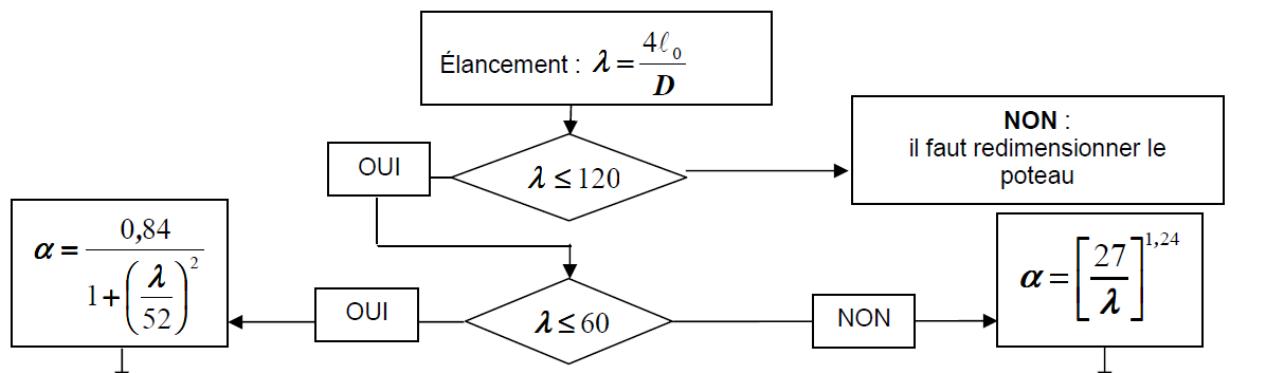
$s \leq s_{l,max}$

$s_t \leq s_{t,max}$

## ORGANIGRAMME POTEAUX CIRCULAIRES

- 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  $A_c = \frac{\pi D^2}{4}$ , D en mètres
  - Enrobage relatif  $\delta = \frac{d'}{D}$  avec  $d' = c_{nom} + \phi_t + \frac{\phi_l}{2}$
  - Classe du béton C ... donnant  $f_{ck}$  et  $f_{cd} = \frac{f_{ck}}{1,5}$  (âge du béton > 28 jours)
  - Acier B500 donnant  $f_{yk} = 500 \text{ MPa}$  et  $f_{yd} = f_{yk}/1,15 = 434,8 \text{ MPa}$
  - Longueur efficace (ou de flambement) notée =  $\ell_0$  = longueur libre du poteau notée  $l$

Si  $d'$  est inconnu, prendre :  
40 mm pour XC1  
55 mm pour XC4



$$N_{Ed} \leq N_{Rd} \text{ et } N_{Rd} = \alpha k_h [A_c f_{cd} + A_s f_{yd}] \text{ ou } N_{Rd} = \alpha k_h A_c [f_{cd} + \rho f_{yd}]$$

$$\text{avec } \rho = \frac{A_s}{A_c} \text{ et si } D < 0,600 \text{ m alors } k_h = [0,7 + 0,5D^{[m]}][1 - 8\rho\delta] \text{ sinon } k_h = 1$$

La valeur de  $A_s$  est obtenue en résolvant l'équation du 2<sup>e</sup> degré suivante :

$$(8\frac{\delta}{A_c} f_{yd})A_s^2 - (f_{yd} - 8\delta f_{cd})A_s + (\frac{N_{Ed}}{K} - A_c f_{cd}) = 0 \text{ avec } K = \alpha(0,7 + 0,5D^{[m]}) \text{ avec } D \text{ en m}$$

En première approximation, pour obtenir une valeur approchée de  $A_s$  :  $N_{Ed} = \alpha k_h A_c [f_{cd} + \rho f_{yd}]$  avec  $k_h = 0,93$

### 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  $\phi_l \geq \phi_{l,min} = 8 \text{ mm}$

### 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 :

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

$$\text{espace : } s_{cl,t} \leq s_{cl,t,max} = \min[400 \text{ mm} ; 20\phi_{l,min} ; D]$$

$\phi_{l,min}$  = diamètre de la plus petite armature longitudinale résistante

$D$  = diamètre du poteau

Les armatures transversales doivent maintenir toutes les barres prises en compte dans les calculs de résistance.

## DT4

## EXTRAIT EC3

### Flexion simple : Moment fléchissant et effort tranchant ( $M$ et $V$ ) vérification simplifiée 1

#### 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

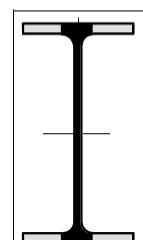
On doit vérifier :  $\frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} \leq 1,0$

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. ;

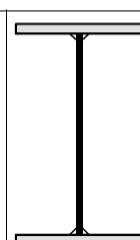
$V_{pl,Rd}$  : effort tranchant résistant à L'E.L.U. ;

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



#### Laminés marchands :

Les valeurs de l'aire plastifiée ( $A_v$ ) sont données dans 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

## Extrait de la note de calculs de la charpente métallique

PIECE: 186 ARBA

#### CHARGEMENTS:

Cas de charge décisif: 30 ELU

#### MATERIAU:

ACIER E28 fy = 275.00 MPa

#### PARAMETRES DE LA SECTION:

HEA 300 Classe de la section = 3 M Ed = 4346 daN\*m V Ed = 122 daN

#### EFFORTS INTERNES ET RESISTANCES ULTIMES:

Classe de la section = 3 M Ed = 4346 daN\*m V Ed = 122 daN

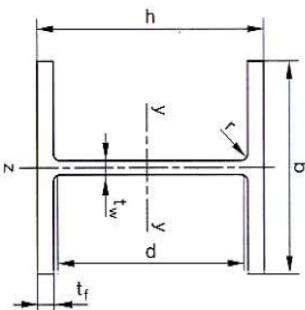
## EXTRAIT DE CATALOGUE DE PROFILÉS

DT5

### Aciers en barres

Diamètre mm	Poids kg/m	Périmètre cm	Section pour N barres en cm <sup>2</sup>									
			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

### Poutrelles HEA (HEA 100 à 600) NF A 45-201

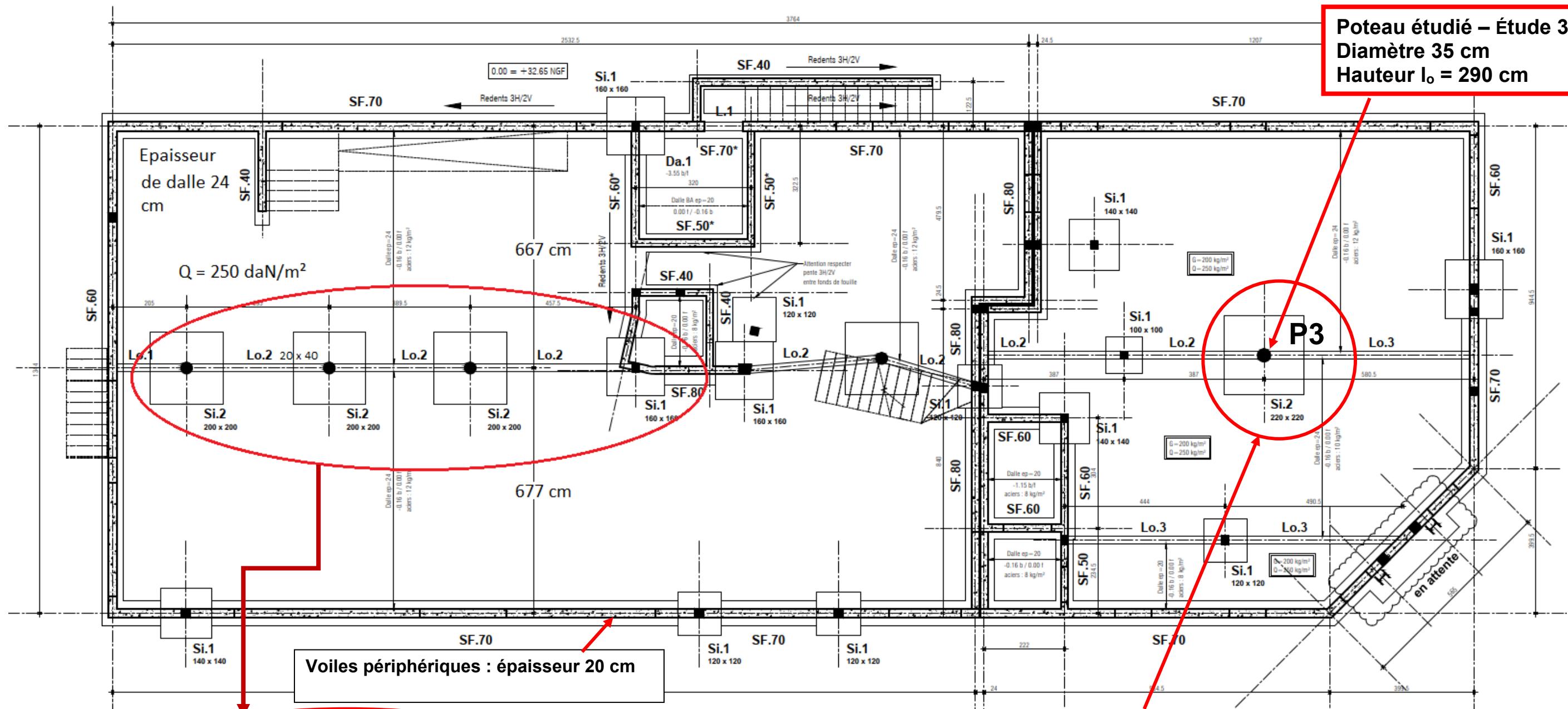


Dimensions mm	Masse par mètre P kg/m				Aire de la section peinture cm <sup>2</sup>	Surface de peinture m <sup>2</sup> /m	Caractéristiques de calcul													
	h mm	b mm	t <sub>w</sub> mm	t <sub>f</sub> mm			l <sub>y</sub> cm <sup>4</sup>	W <sub>el,y</sub> cm <sup>3</sup>	i <sub>y</sub> cm	W <sub>pl,y</sub> cm <sup>3</sup>	A <sub>nz</sub> cm <sup>2</sup>	l <sub>z</sub> cm <sup>4</sup>	W <sub>el,z</sub> cm <sup>3</sup>	i <sub>z</sub> cm	W <sub>pl,z</sub> cm <sup>3</sup>	A <sub>ny</sub> cm <sup>2</sup>				
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	18203	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 380	360	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 400	370	300	11,5	21,0	27	344	139,8	178,0	2,011	14,39	63722	28964	18,92	3215,9	65,8	9464,2	630,9	7,29	965,1	130,4
HEA 450	440	300	11,5	21,0	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 500	490	300	12,0	23,0	27	390	166,2	211,8	2,209	13,29	111932	4145,6	22,99	4321,8	83,7	10817,2	72,1	7,15	1106,9	148,6
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	72,1	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	751,3	7,05	1155,7	155,2

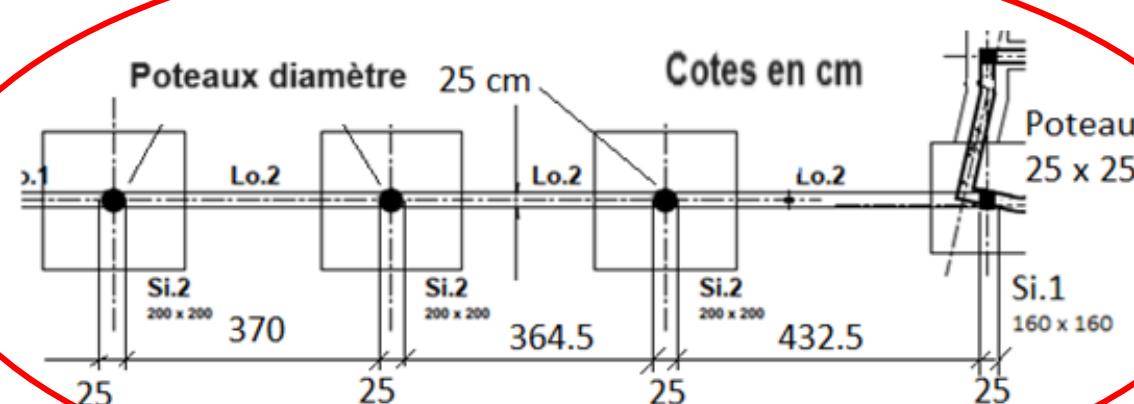
# PLANCHER BAS RDC et FONDATIONS

Cotes en cm

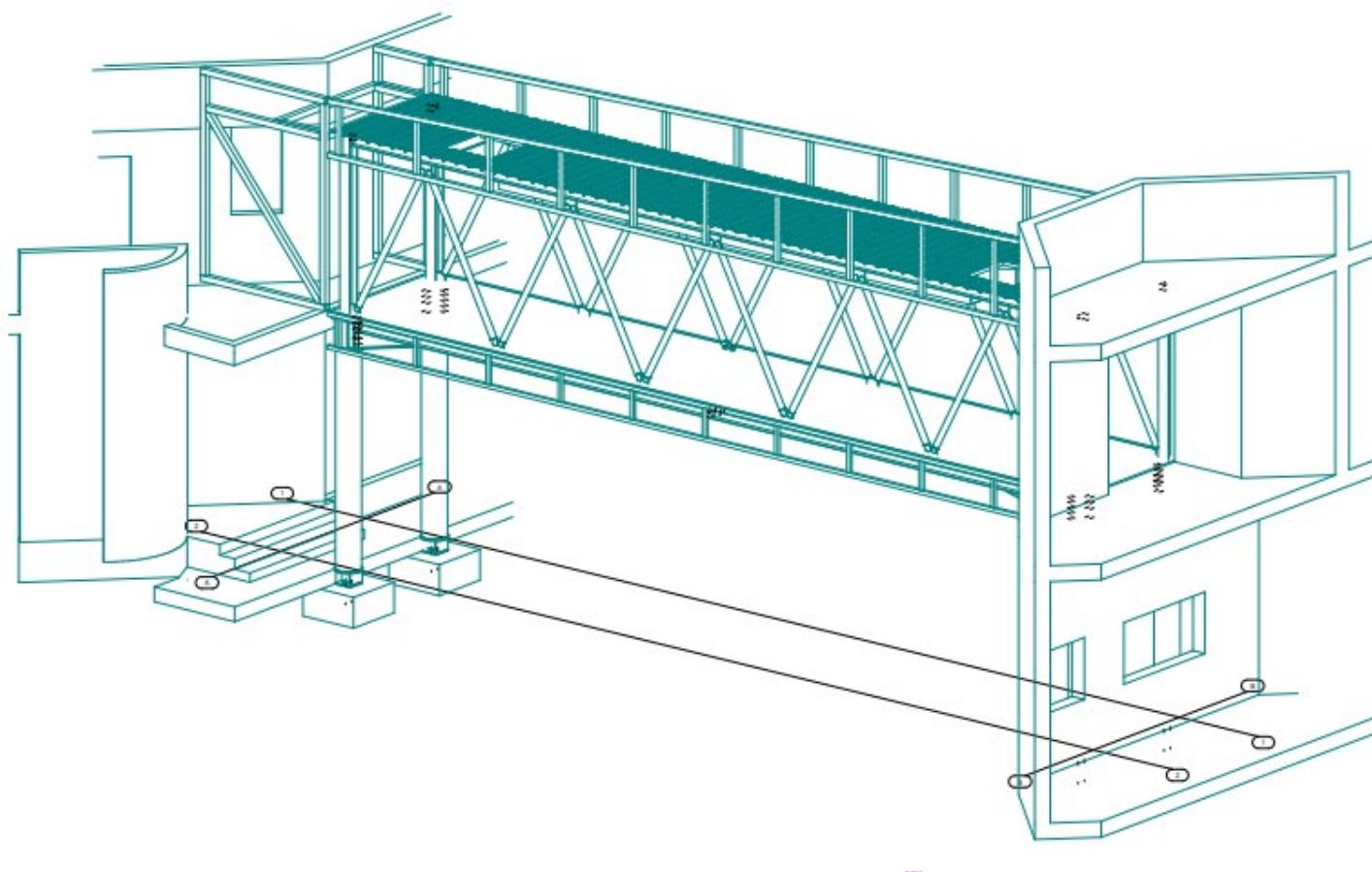
DT6



DÉTAIL cotation

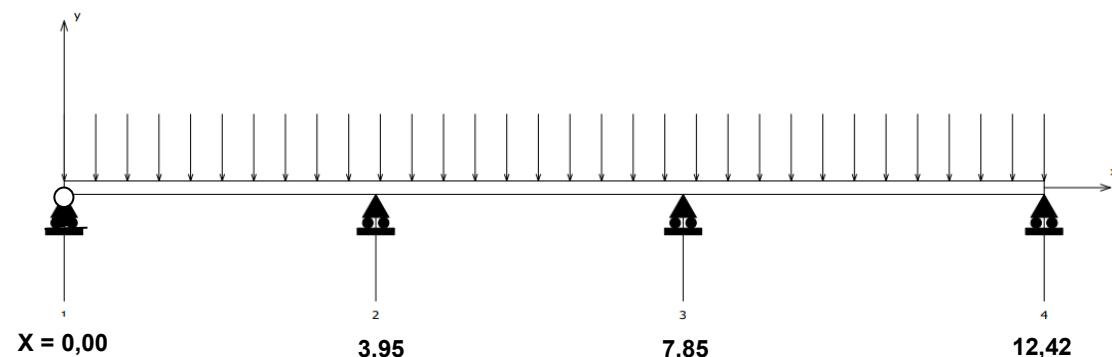


Les écrits peu lisibles ne sont pas utiles aux études



DR : À rendre avec la copie.

Dessiner les actions de liaisons et noter les valeurs des charges.



Modélisation

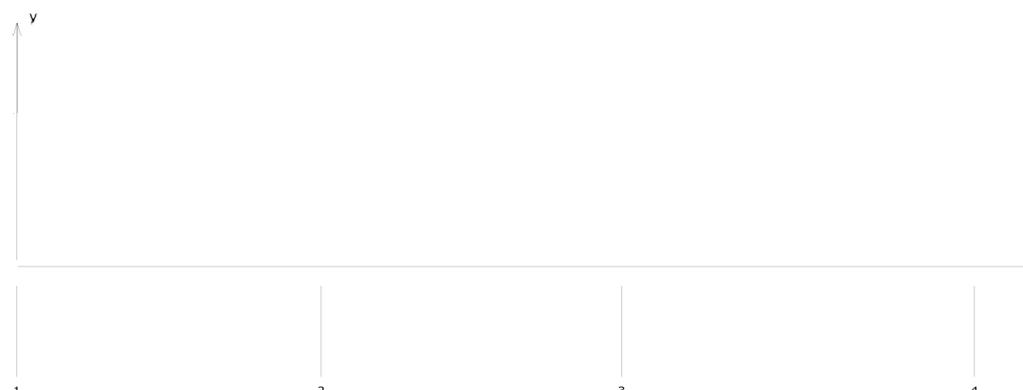


Diagramme de Vy

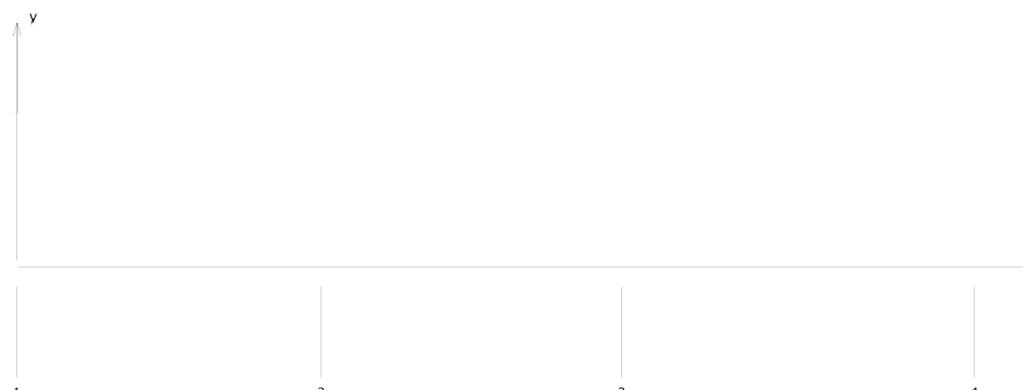


Diagramme de Mz

Modèle CCYC : ©DNE	
<b>NOM DE FAMILLE :</b> (en majuscules)	<input type="text"/>
<b>PRENOM :</b> (en majuscules)	<input type="text"/>
<b>N° candidat :</b>	<input type="text"/>
N° d'inscription : <input type="text"/>	
(Les numéros figurent sur la convocation, si besoin demander à un surveillant.)	
	<b>Né(e) le :</b> <input type="text"/> / <input type="text"/> / <input type="text"/>

1.2-A3