

# BREVET DE TECHNICIEN SUPÉRIEUR BÂTIMENT

## Épreuve E4 – Étude technique

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

**SESSION 2020**

**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.

« Le document réponse, dans ce sujet identifié DR1, même vierge, doit être rendu avec la copie. »

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

<b>BTS BÂTIMENT</b>		<b>SESSION 2020</b>
E41 - Dimensionnement et vérification d'ouvrages	Code : BTE4DVO	Page 1 / 18

## Projet « Résidence HOME »

### Contenu du dossier

Page 2	: Présentation de l'ouvrage
Page 3	: Caractéristiques des matériaux utilisés sur l'ouvrage et charges surfaciques
Pages 4 à 6	: Travail demandé
Page 7	: DT 1 - Coupe et vue en plan de l'auvent attique.
Page 8	: DT 2 - Coupe de principe.
Page 9	: DT 3 - Catalogue profilés IPN, combinaisons d'actions.
Page 10	: DT 4 - Extraits Eurocode 3.
Page 11	: DT 5 - Plan partiel, plancher haut du rez-de-chaussée.
Page 12	: DT 6 - Plan partiel, plancher haut du sous-sol.
Page 13	: DT 7 - Plan partiel, fondations.
Page 14	: DT 8 - Formulaire 3 moments et extrait Eurocode 2.
Page 15	: DT 9 - Organigramme de calcul et extrait Eurocode 2.
Page 16	: DT 10 - Organigramme de calcul, tableau sections d'aciers.
Page 17	: DT 11 - Extraits de résultats du logiciel béton armé.
Page 18	: DR 1 - Document réponse en relation avec l'étude A.

### Barème

ÉTUDE A	Vérification de la structure de l'auvent attique	10 points
ÉTUDE B	Étude de la poutre 1-2 du plancher haut du sous-sol	7 points
ÉTUDE C	Étude de la semelle de fondation S2 du poteau P2	3 points
TOTAL		20 points

## PRÉSENTATION DE L'OUVRAGE

L'étude porte sur un programme de 48 logements situés en région Aquitaine comportant deux immeubles de deux étages chacun, reposant sur un niveau de sous-sol commun à usage de parkings et locaux techniques.

Le sujet portera sur l'étude du bâtiment B (toiture de l'attique, structure du plancher du rez-de-chaussée et vérification d'une semelle de fondation). L'attique est un niveau couronnant un immeuble.

### Description de la structure

#### Fondations :

Semelles en béton armé isolées ou filantes.

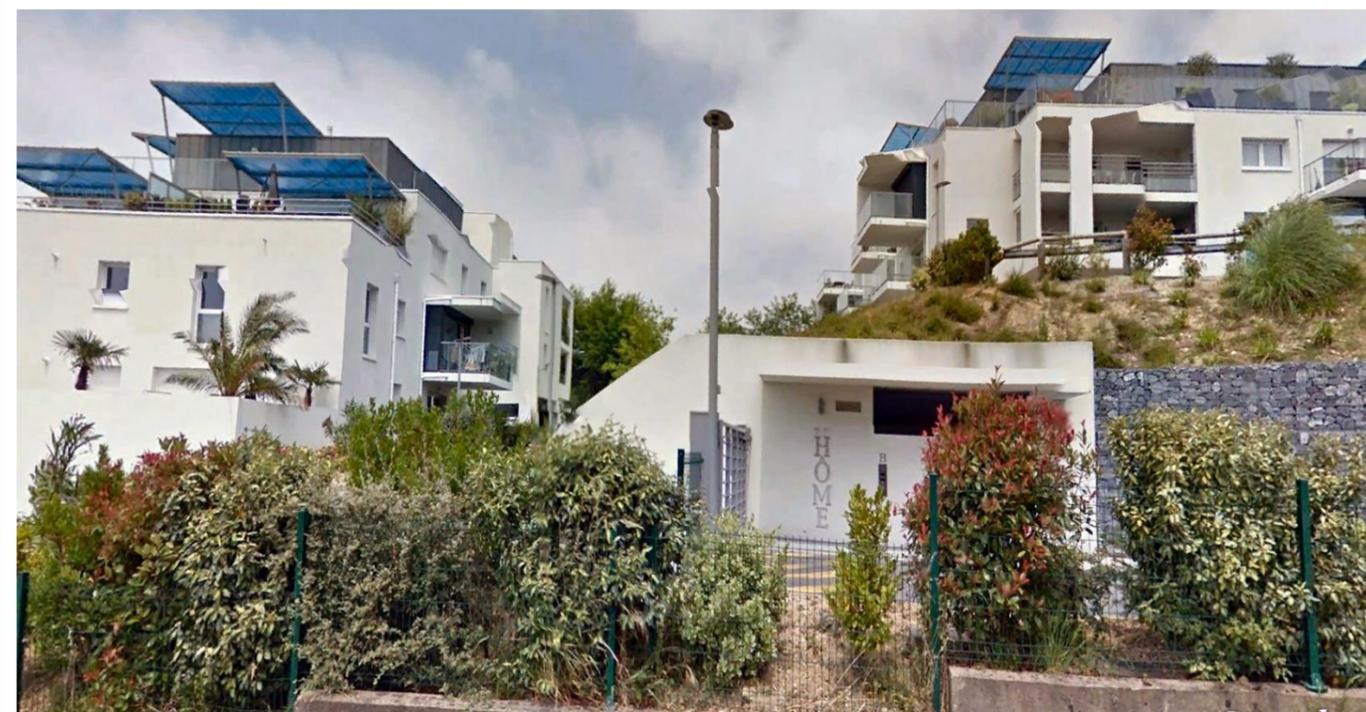
#### Porteurs verticaux :

Murs de refend et de façade en béton armé d'épaisseur 15 cm, ou en maçonnerie d'épaisseur 20 cm.

#### Porteurs horizontaux :

Les planchers d'étages courants et sous terrasse seront constitués de dalles pleines en béton armé.

Les planchers du niveau attique seront constitués d'une ossature bois recevant un plancher bois, lui-même étanché et isolé, réalisé en sous-face en plaques de plâtre vissées sur ossature bois. Ils recevront une isolation thermique en laine minérale.



## CARACTÉRISTIQUES DES MATÉRIAUX UTILISÉS SUR L'OUVRAGE

### Béton armé

- ✓ Béton de type C25/30 :  $f_{ck} = 25 \text{ MPa}$
- ✓ Armature de type B500B :  $f_{yk} = 500 \text{ MPa}$
- ✓ Poids volumique du béton armé :  $\gamma_{ba} = 25,00 \text{ kN/m}^3$
- ✓ B.A. situés à l'intérieur du bâtiment : Classe d'exposition XC1  
(ou XC2 en "zone fondation")  
 $C_{nom} : 25 \text{ mm}$  dans le cas de la poutre  
 $C_{nom} : 30 \text{ mm}$  si c'est la semelle de fondation

### Acier pour charpente: S235

- ✓ Limite élastique :  $f_y = 235 \text{ MPa}$
- ✓ Module d'élasticité longitudinale (module d'Young) :  $E = 2,10 \cdot 10^5 \text{ MPa}$
- ✓ Coefficient partiel de sécurité sur les résistances, ELU :  $\gamma_{M0} = 1$
- ✓ Sections des profilés utilisés : tous de classe 1

### Contrainte du sol

- ✓ Contrainte de calcul à l'ELU :  $q_d = 0,35 \text{ MPa}$

## CHARGES SUR TOITURE ATTIQUE

### Charges permanentes

- Couverture attique en polycarbonate ép 25 mm :  $3,20 \text{ daN/m}^2$
- Profilé en T type T80, de poids propre :  $1,10 \text{ daN/m}$

### Charge de vent (soulèvement)

- Situé en zone côtière exposée aux vents de mer en région 2 :  $-1,85 \text{ kN/m}^2$

### CHARGES SUR POUTRE 1-2 :

- Charges permanentes supplémentaires :  $2,00 \text{ kN/m}^2$
- Charges d'exploitation :  $2,00 \text{ kN/m}^2$

# TRAVAIL DEMANDÉ

## ÉTUDE A – Vérification de la structure de l'auvent attique

Documents à consulter : DT 1 à DT 4.

On s'intéresse dans cette partie à la structure métallique de l'auvent attique.

Le bureau d'étude souhaite vérifier la résistance de la poutre principale de la couverture. Pour cela on commencera par étudier une des pannes. Ces dernières sont disposées à équidistance sur le plan de charpente. On se placera dans l'hypothèse où la charge de soulèvement de la toiture due au vent est la charge variable la plus défavorable.

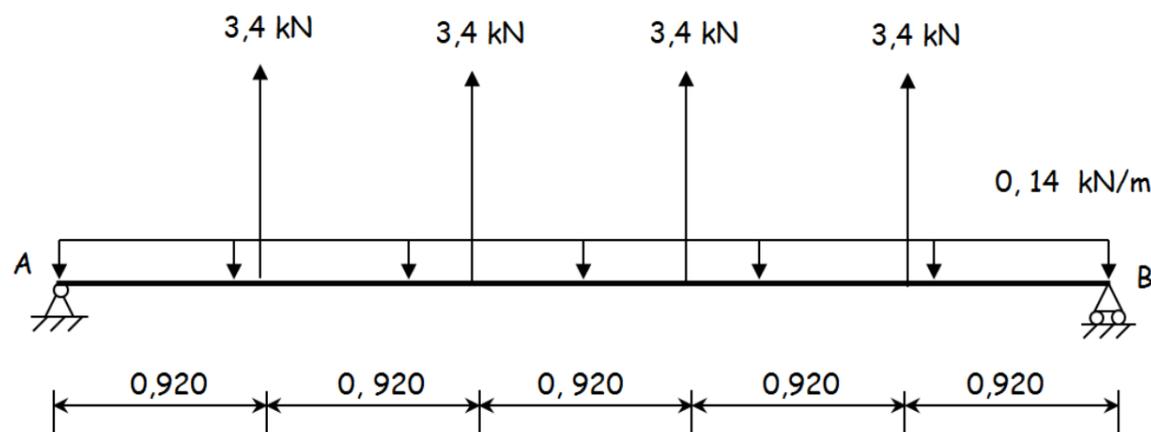
**Q0.** Donner les étapes essentielles (sans calcul) pour pré-dimensionner une des deux poutres principales.

**Q1.** Déterminer en kN/m les valeurs des charges permanentes  $g$  et des charges dues au vent  $w$  reprises par une panne en T qui repose sur les poutres principales.

**Q2.** Déterminer en la justifiant la combinaison à l'ELU. Attention à prendre en compte le sens du vent.

Pour la suite de l'étude on considèrera une charge  $p_{ELU} = -2,41$  kN/m.

**Q3.** Justifier par le calcul les valeurs numériques des charges réparties et ponctuelles indiquées ci-dessous sur la modélisation de la poutre principale de la couverture de l'auvent soumise au vent sous pondération ELU.



Pour la suite de l'étude on négligera la charge linéique.

**Q4.** Calculer les actions de liaisons en A et B puis tracer sur le document réponse DR1 les diagrammes de l'effort tranchant  $V(x)$  et du moment fléchissant  $M(x)$ .

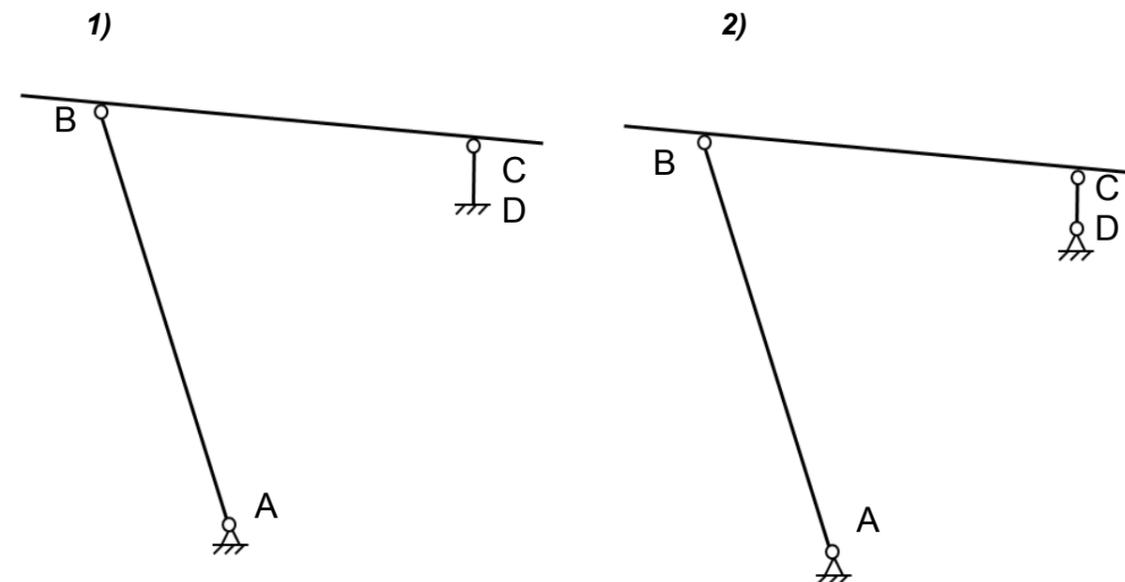
Pour la suite de l'étude on retiendra un moment fléchissant maximum  $M_{Ed} = -9,50$  kN.m et un effort tranchant maximum  $V_{Ed} = 7,00$  kN.

**Q5.** Vérifier la résistance du profilé IPN 140 suivant l'Eurocode 3 vis-à-vis de ces deux sollicitations. Conclure.

Le bureau d'étude se charge maintenant de vérifier la résistance de l'un des poteaux de la structure supportant la couverture de l'auvent attique.

Pour cela on commencera par étudier la façon dont la structure est liée au reste du bâtiment. Puis on se placera dans l'hypothèse où la charge de soulèvement de la toiture due au vent est la charge variable la plus défavorable.

**Q6.** Déterminer la nature (isostatique, hyperstatique ou mécanisme) de chacun des portiques ABCD 1 et 2 ci-dessous, Conclure sur le choix de la liaison au point D.



**Q7.** Sur le document réponse DR 1, donner les degrés de liberté bloqués dans le repère proposé, correspondant à la liaison au point D qui a été choisie à la question précédente. Compléter les deux perspectives de façon à créer cette liaison en utilisant des équerres ou des plats en acier que l'on représentera.

**Q8.** On donne le modèle mécanique du portique sur la page suivante.

On prendra  $F = 6,80$  kN.

Que représente la valeur de  $F$ ?

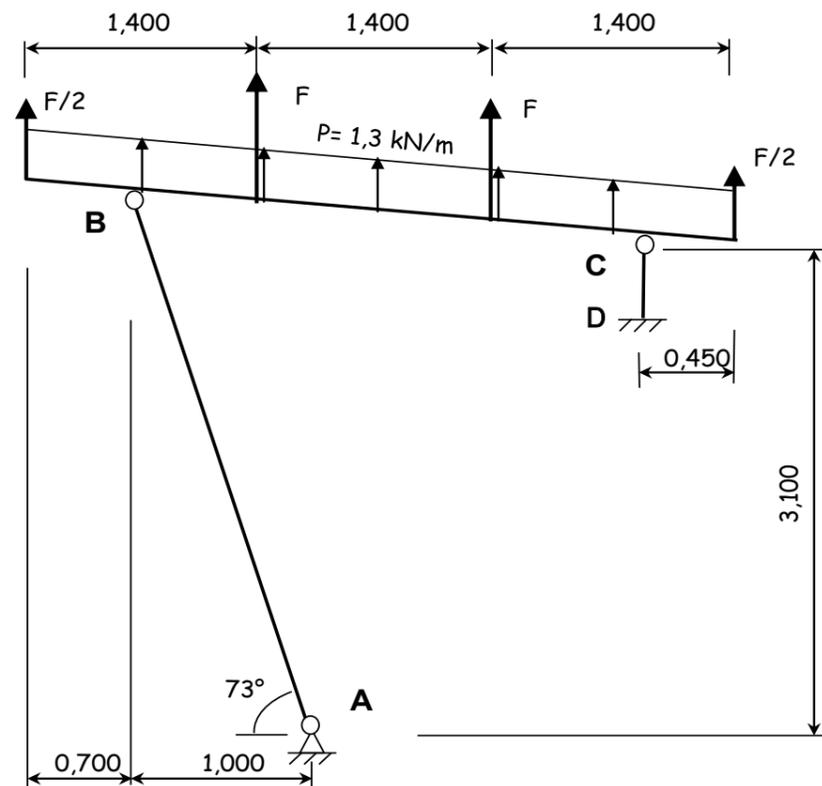
**Q9.** En isolant AB, quelle hypothèse peut-on faire sur l'action de liaison en A ?

On justifiera cette hypothèse.

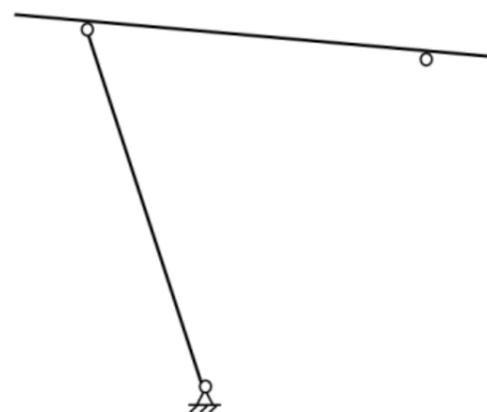
**Q10.** Déterminer alors la valeur de l'action en A. On pourra isoler AB + BC conformément au modèle mécanique du sous-système proposé, puis résoudre uniquement l'équation de moment au point C.

On négligera la pente de la toiture pour représenter l'action du vent considérée comme verticale.

## Modèle mécanique du système



## Modèle mécanique du sous-système :



Pour la suite de l'étude on retiendra un effort de traction maximum de  $N_{Ed} = 15,00 \text{ kN}$  sur l'élément AB.

Q11. Sachant que l'élément AB est formé par un tube creux d'épaisseur 3 mm et de diamètre extérieur 50 mm, vérifier la résistance en section brute de cet élément suivant l'Eurocode 3.

Q12. En l'absence de l'action du vent, quel phénomène devra être pris en compte dans le dimensionnement de l'élément AB ?

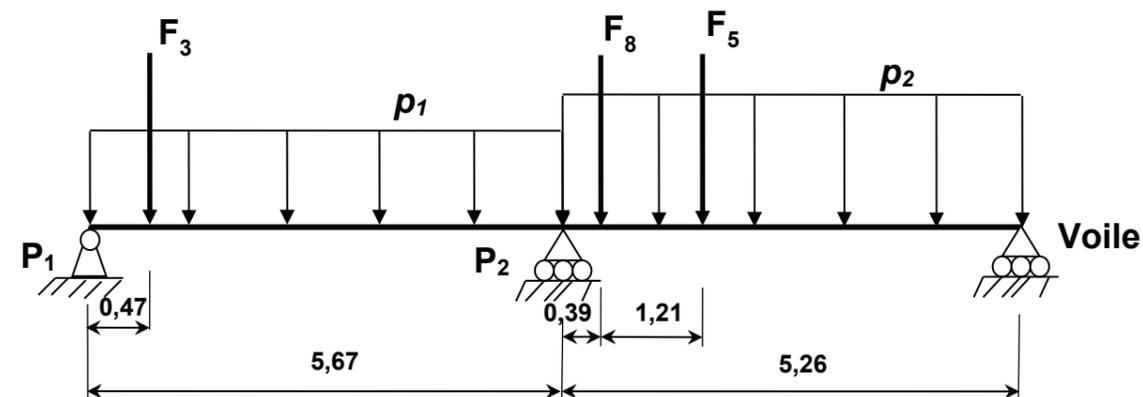
## ÉTUDE B – Étude de la poutre 1-2 du plancher haut du sous-sol

Documents à consulter : DT 5, DT 6, et DT 8 à DT 11.

Q13. On s'intéresse aux armatures de la poutre 1-2. Expliquer sans calcul l'incidence sur cette poutre, du poteau P<sub>2</sub>.

On cherche maintenant à déterminer les armatures de la poutre par le calcul. Pour cela il est nécessaire de vérifier le modèle mécanique de la poutre Zone Poutre 1-2, et de justifier le modèle mécanique donné. Les poteaux P<sub>1</sub> et P<sub>2</sub> ont pour section 60 x 25 cm.

Q14. Justifier les portées qui figurent et la nature des efforts en présence. Pourquoi ne tient-on pas compte des charges amenées par la poutre 6 sur le modèle mécanique ?



On cherche maintenant à caractériser le moment fléchissant maximum sur l'appui P<sub>2</sub> afin de déterminer les aciers correspondants. On examine maintenant la poutre sous l'effet seul des charges uniformément réparties. A l'E.L.U la combinaison est :

Travée chargée :  $1,35 g + 1,5 q$ .

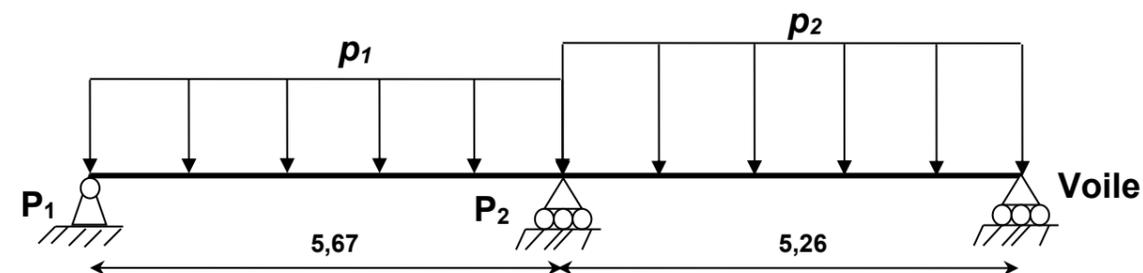
Travée déchargée :  $1,35 g$ .

Q15. Donner alors le cas de chargement qui doit être utilisé sur les deux travées.

Q16. Vérifier par le calcul que les charges  $p_1$  et  $p_2$  du schéma ci-dessous ont dans ce cas pour valeurs respectives :

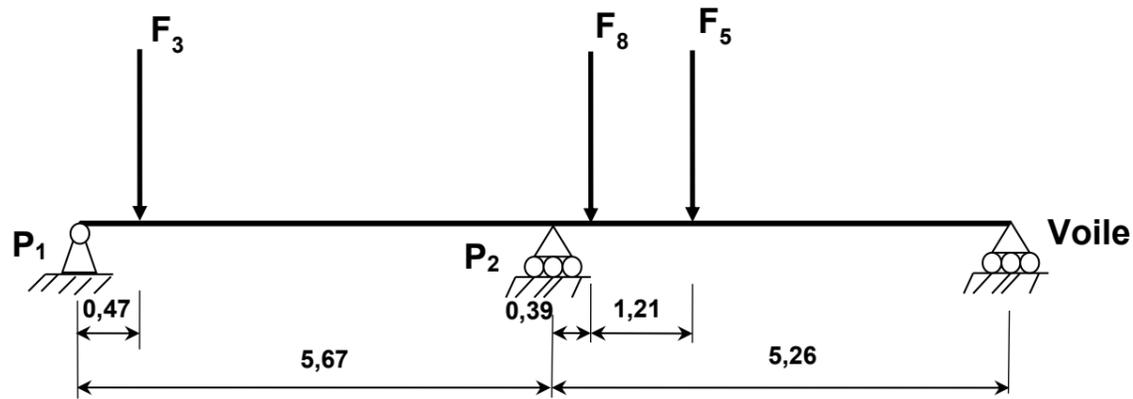
○  $p_1 = 45,73 \text{ kN/m}$

○  $p_2 = 47,14 \text{ kN/m}$



Q17. En utilisant le théorème des trois moments, calculer puis vérifier que le moment sur l'appui P<sub>2</sub> vaut -173,8 kN.m.

Pour la suite de l'étude, on considérera la poutre sous l'effet des charges ponctuelles uniquement.



A l'E.L.U. :

La descente de charges donne les résultats suivants (arrondis) :

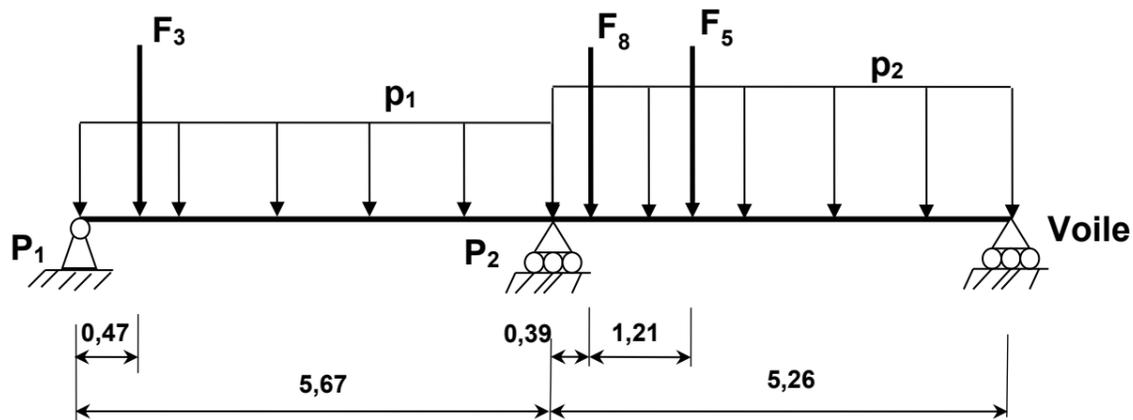
$F_3 = 1580 \text{ kN}$  ;  $F_8 = 321 \text{ kN}$  ; et  $F_5 = 141 \text{ kN}$ .

$M_{P2} = - 309,10 \text{ kN.m}$  pour le moment sur appui.

$Y_{P1} = 1395 \text{ kN}$ ,  $Y_{P2} = 640 \text{ kN}$  et  $Y_{Voile} = 8 \text{ kN}$ .

**Q18.** À la lecture de ces résultats, comment expliquer la faible valeur de  $Y_{Voile}$  ?

On étudie maintenant la poutre continue chargée totalement sur les deux travées (charges réparties et ponctuelles à l'E.L.U. suivant la combinaison  $1,35g + 1,5q$ ).



**Q19.** À l'aide des questions précédentes, donner le principe de résolution qui permet de trouver le moment fléchissant maximum sur l'appui P2.

Appliquer ce principe et calculer la valeur de ce moment.

**Q20.** À l'aide des résultats fournis par le logiciel de béton armé (moment fléchissant enveloppe et dessin d'armatures) :

- donner la valeur du moment fléchissant qui permet de calculer les armatures positionnées en "chapeau" ;
- Indiquer pourquoi cette valeur diffère sensiblement de la valeur trouvée à la question précédente ;
- déterminer alors la section d'acier nécessaire et la comparer aux résultats donnés par le logiciel de calcul de béton armé.

**Q21.** Indiquer le rôle des aciers N° 7 ainsi que le nom et le rôle des aciers N° 6, 9 et 10.

### ÉTUDE C - Étude de la semelle de fondation S2 du poteau P2

Documents à consulter : DT 7, DT 9 et DT 10.

On s'intéresse dans cette partie à la semelle de fondation S2 de  $2,60 \text{ m} \times 2,30 \text{ m} \times 0,55 \text{ m}$  de hauteur, située sous le poteau central P2 de dimensions  $0,25 \text{ m} \times 0,60 \text{ m}$ .

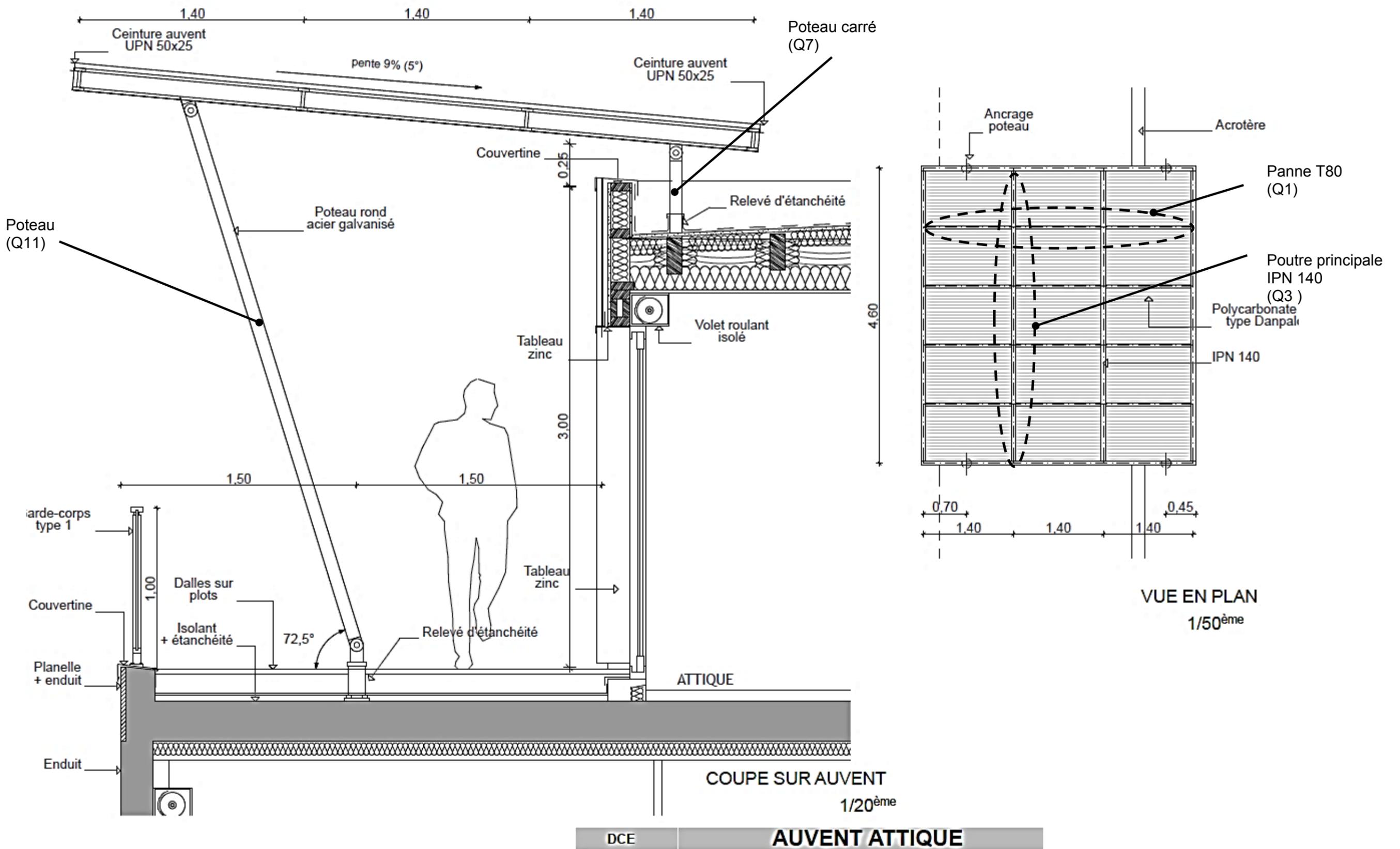
Dans le plan des fondations, la semelle est dimensionnée selon la règle à débord constant.

$N_{Ed \text{ réel}} = 1,814 \text{ MN}$  (effort appliqué sur l'arase supérieure de la semelle). Cette valeur provient de la descente de charges.

**Q22.** À quelle sollicitation est soumise la semelle de fondation ?

**Q23.** Vérifier que la semelle proposée par le bureau d'étude est correctement dimensionnée.

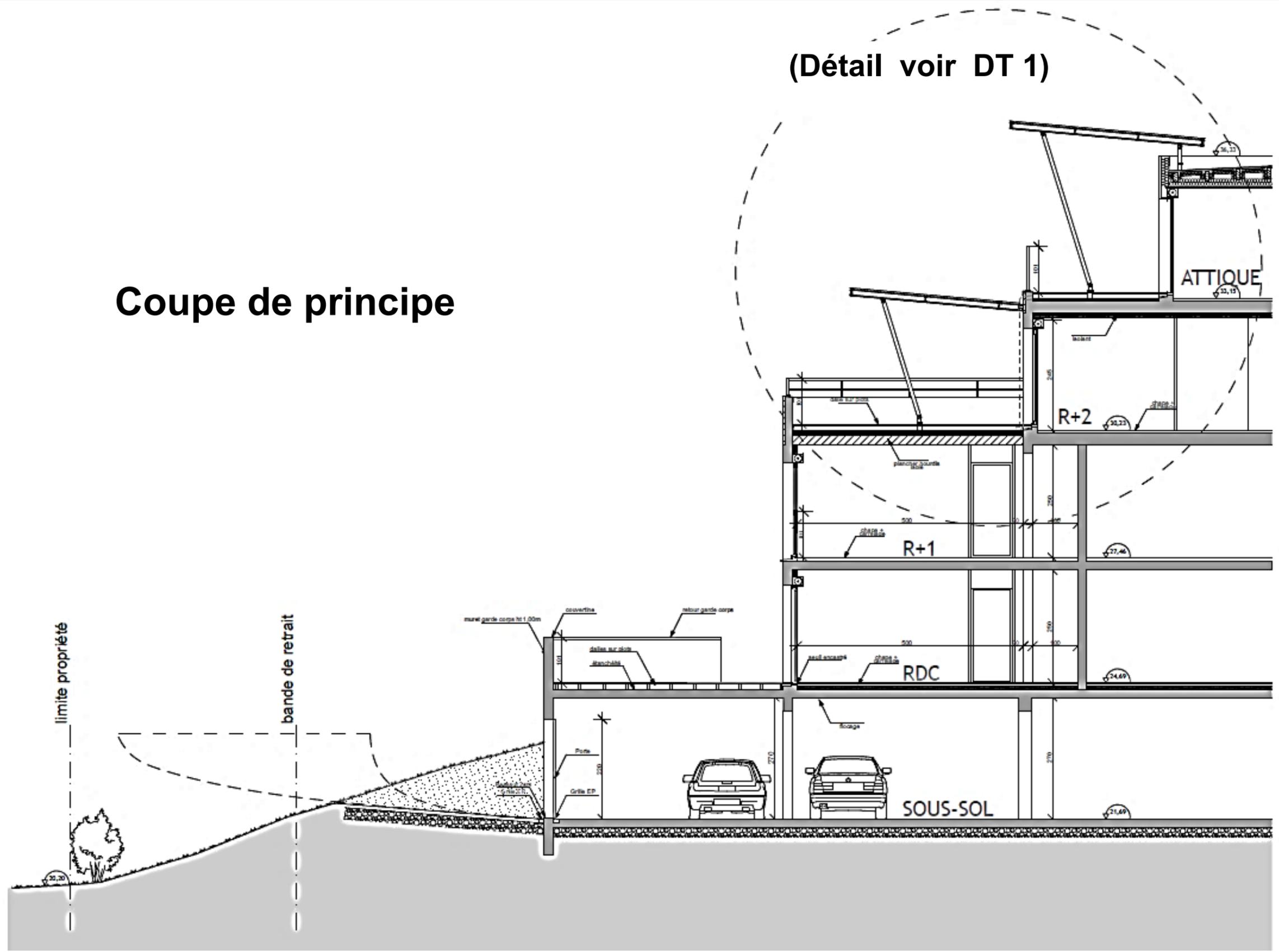
**Q24.** Calculer les armatures de cette fondation et dessiner sur la copie le principe de ferrailage correspondant. On pourra prendre en première approximation  $z = 0,9 \times d$  dans les deux directions pour déterminer la section d'acier.



DOCUMENT TECHNIQUE DT 1

# Coupe de principe

(Détail voir DT 1)



DOCUMENT TECHNIQUE DT 2

Les textes peu lisibles ne sont pas nécessaires pour traiter le sujet

## 8.2 COMBINAISONS FONDAMENTALES :

### 8.2.1 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 :

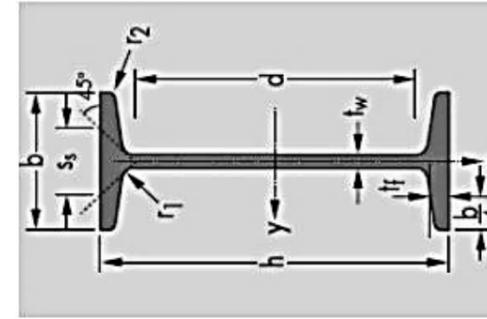
- $G_{k,j}$  : valeur caractéristique de l'action permanente j ;
- $\gamma_{G,j}$  : coefficient de sécurité partiel de l'action permanente j ;
- $Q_{k,1}$  : valeur caractéristique de l'action variable dite dominante ;
- $Q_{k,i}$  : valeurs caractéristiques des autres actions variables dites d'accompagnement ( 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)	<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 <math>\gamma_{G,sup} = 1,35</math> si l'effet total résultant de ces actions est défavorable, et <math>\gamma_{G,inf} = 1,00</math> 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 DT 3



Profil	h	b	t_w	t_f	t_s	P	A	I_y	W_{el,y}	Module de résistance élastique à la flexion W_{el,y}	Rayon de giration i_y	2 x S_y		I_z	W_{el,z}	i_z	2 x S_z	
												Module plastique W_{pl,y}	A_{wz}				W_{pl,z}	W_{pl,z}
80	80	42	3,9	5,9	5,94	7,57	77,8	19,5	3,2	22,8	3,41	6,29	3	0,91	5	5	5	
100	100	50	4,5	6,8	8,34	10,6	171	34,2	4,01	39,8	4,85	12,2	4,88	1,07	11	11	11	
120	120	58	5,1	7,7	11,1	14,2	328	54,7	4,81	63,6	6,63	21,5	7,41	1,23	12,4	12,4	12,4	
140	140	66	5,7	8,6	14,3	18,2	573	81,9	5,61	95,4	8,65	35,2	10,7	1,4	17,9	17,9	17,9	
160	160	74	6,3	9,5	17,9	22,8	935	117	6,4	136	10,83	54,7	14,8	1,55	24,9	24,9	24,9	
180	180	82	6,9	10,4	21,9	27,9	1450	161	7,2	187	13,35	81,3	19,8	1,71	32,2	32,2	32,2	
200	200	90	7,5	11,3	26,2	33,4	2140	214	8	250	16,03	117	26	1,87	43,5	43,5	43,5	
220	220	9	8,1	12,2	31,1	39,5	3060	278	8,8	324	19,06	162	33,1	2,02	55,7	55,7	55,7	
240	240	106	8,7	13,1	36,2	46,1	4250	354	9,59	412	22,33	221	41,7	2,2	70	70	70	
260	260	113	9,4	14,1	41,9	53,3	5740	442	10,4	514	26,08	288	51	2,32	85,9	85,9	85,9	
280	280	119	10,1	15,2	47,9	61	7590	542	11,1	632	30,18	364	61,2	2,45	103	103	103	
300	300	125	10,8	16,2	54,2	69	9800	653	11,9	762	34,58	451	72,2	2,56	121	121	121	
320	320	131	11,5	17,3	61	77,7	12510	782	12,7	914	39,26	555	84,7	2,67	143	143	143	
340	340	137	12,2	18,3	68	86,7	15700	923	13,5	1080	44,27	674	98,4	2,8	166	166	166	
360	360	143	13	19,5	76,1	97	19610	1090	14,2	1276	49,95	818	114	2,9	194	194	194	
380	380	149	13,7	20,5	84	107	24010	1260	15	1482	55,55	975	131	3,02	221	221	221	
400	400	155	14,4	21,6	92,4	118	29210	1460	15,7	1714	61,69	1160	149	3,13	253	253	253	
450	450	170	16,2	24,3	115	147	45850	2040	17,7	2400	77,79	1730	203	3,43	345	345	345	
500	500	185	18	27	141	179	68740	2750	19,6	3240	95,6	2480	268	3,72	456	456	456	
550	550	200	19	30	166	212	99180	3610	21,6	4240	111,3	3490	349	4,02	592	592	592	
600	600	215	21,6	32,4	199	254	139000	4630	23,4	5452	138	4670	434	4,3	752	752	752	

## Extraits de l'Eurocode 3

### 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.

Section de classe 1 ou 2	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.

DOCUMENT TECHNIQUE DT 4

## Traction : 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<sub>net</sub>)

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

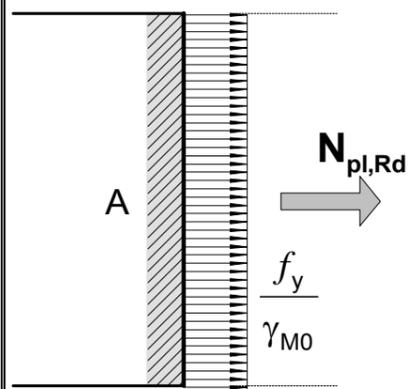
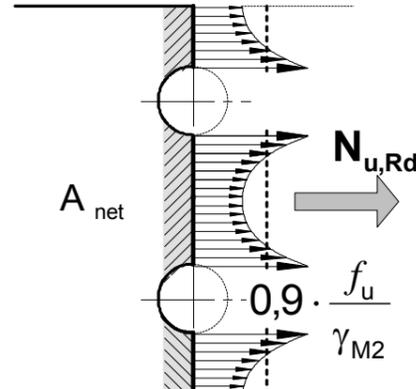
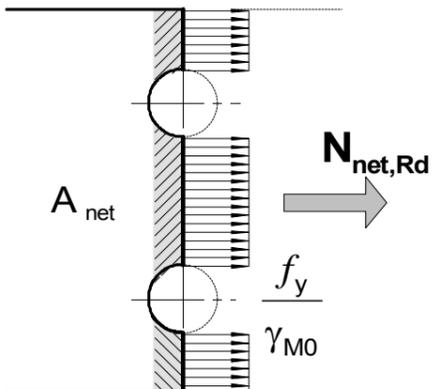
#### Effort axial de traction (N)

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 section

= Résistance de calcul à la traction de la section, prise comme la plus petite des trois valeurs ci-dessous :

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)	
<p>On considère que l'état de plastification est atteint sur toute la section transversale.</p> 	<p><b>Assemblage par boulons ordinaires :</b> Il y a amplification des contraintes de traction au droit des perçages.</p> 	<p><b>Assemblage par boulons précontraints (HR) :</b> L'étreinte latérale permet une répartition quasi uniforme des contraintes de traction</p> 
<p>Résistance plastique de calcul de la section brute</p> $N_{pl,Rd} = A \frac{f_y}{\gamma_{M0}}$	<p>Résistance ultime de calcul de la section nette au droit des trous de fixations</p> $N_{u,Rd} = 0,9 A_{net} \frac{f_u}{\gamma_{M2}}$ <p>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</p>	<p>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.</p> $N_{net,Rd} = A_{net} \frac{f_y}{\gamma_{M0}}$

# Zone Poutre béton armé 1-2

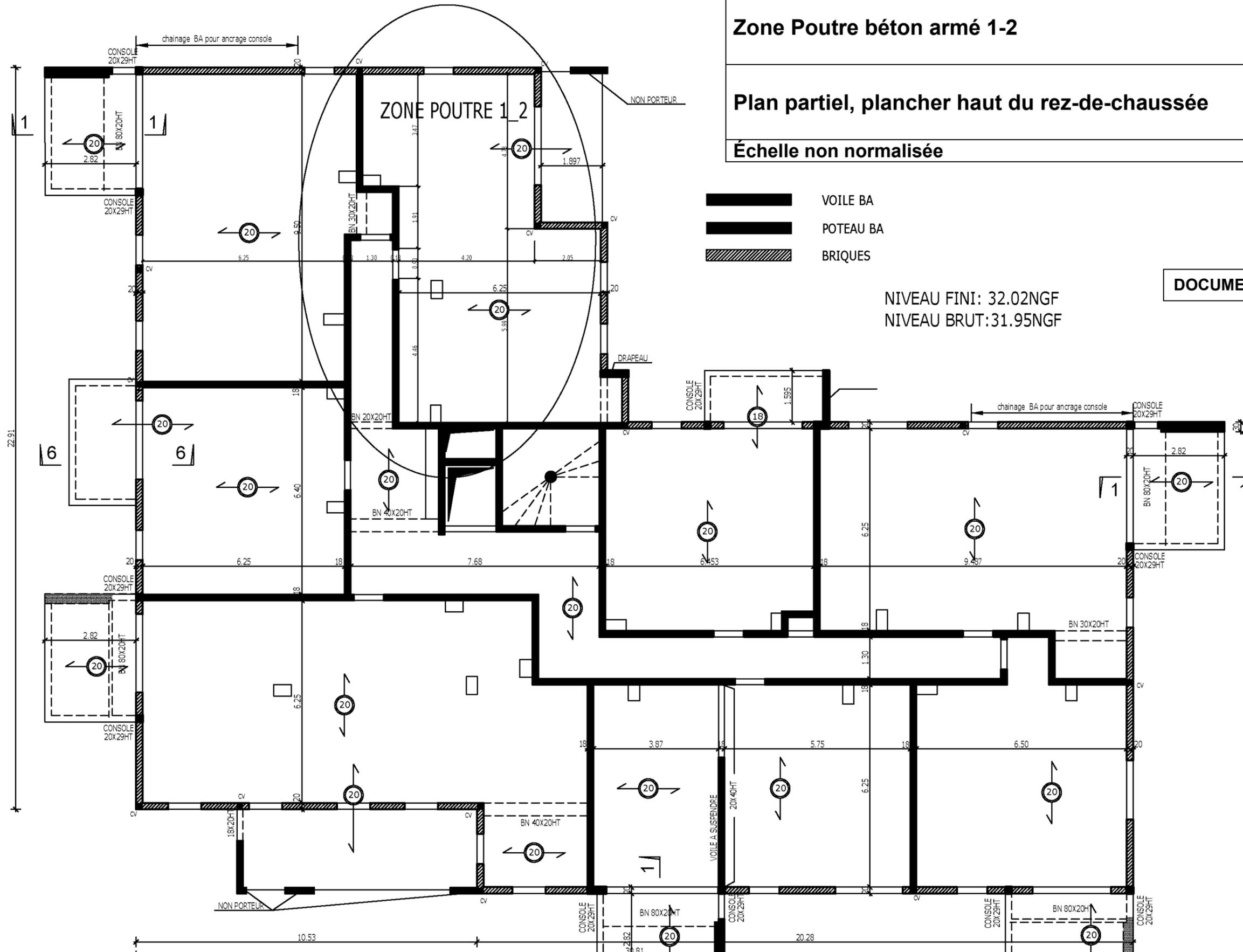
## Plan partiel, plancher haut du rez-de-chaussée

Échelle non normalisée

- VOILE BA
- POTEAU BA
- BRIQUES

NIVEAU FINI: 32.02NGF  
NIVEAU BRUT: 31.95NGF

DOCUMENT TECHNIQUE DT 5



Les textes peu lisibles ne sont pas nécessaires pour traiter le sujet

BTS BÂTIMENT

E41 - Dimensionnement et vérification d'ouvrages

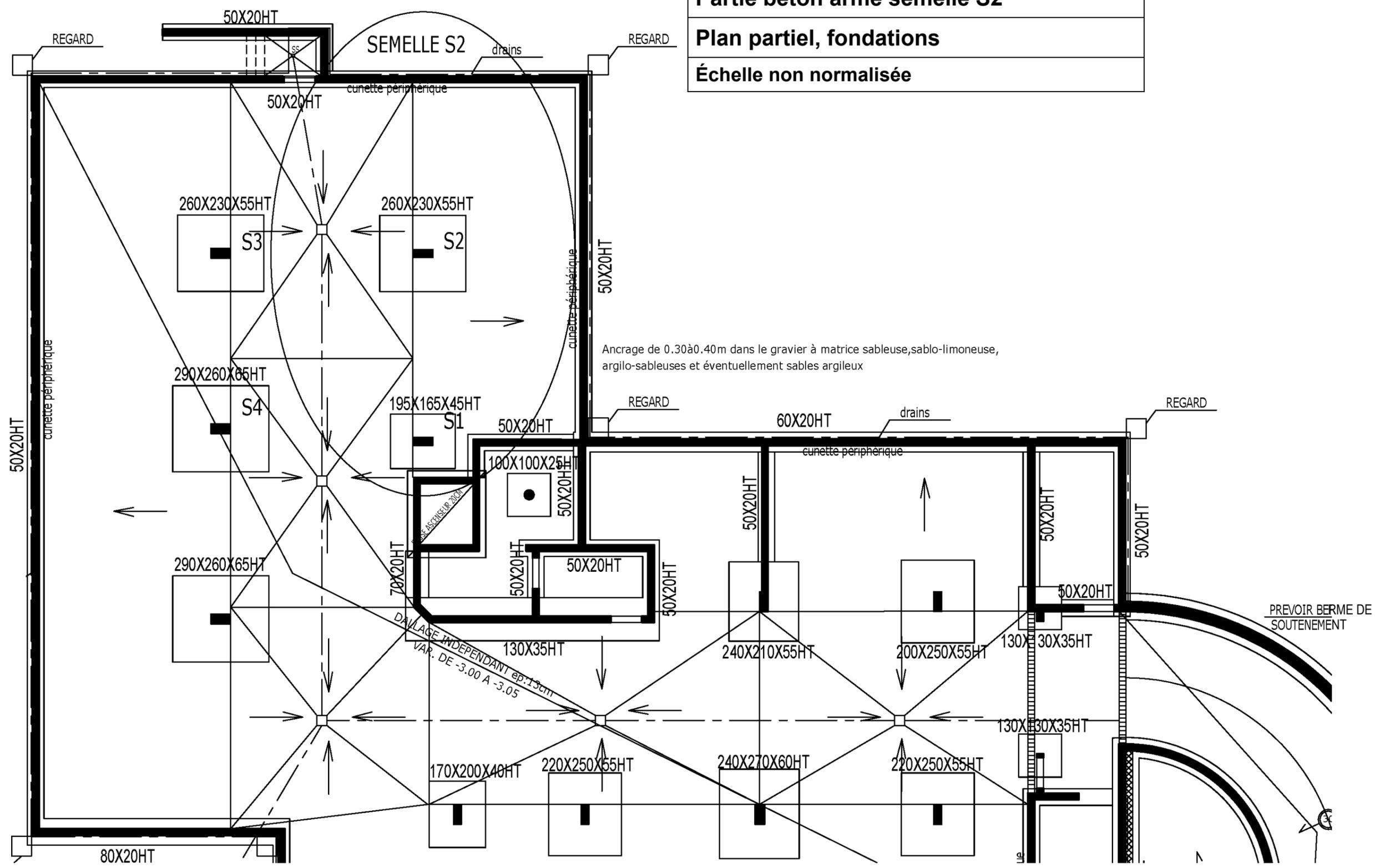
Code : BTE4DVO

SESSION 2020

Page 11 / 18



**Partie béton armé semelle S2**  
**Plan partiel, fondations**  
**Échelle non normalisée**



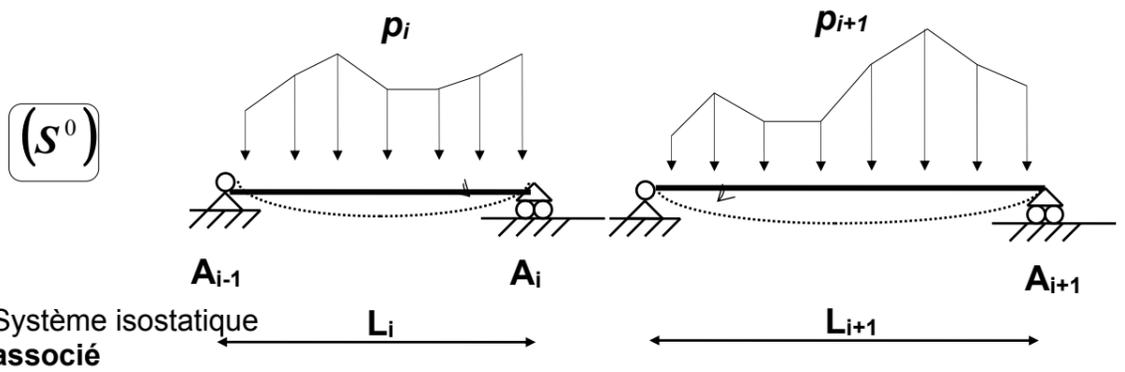
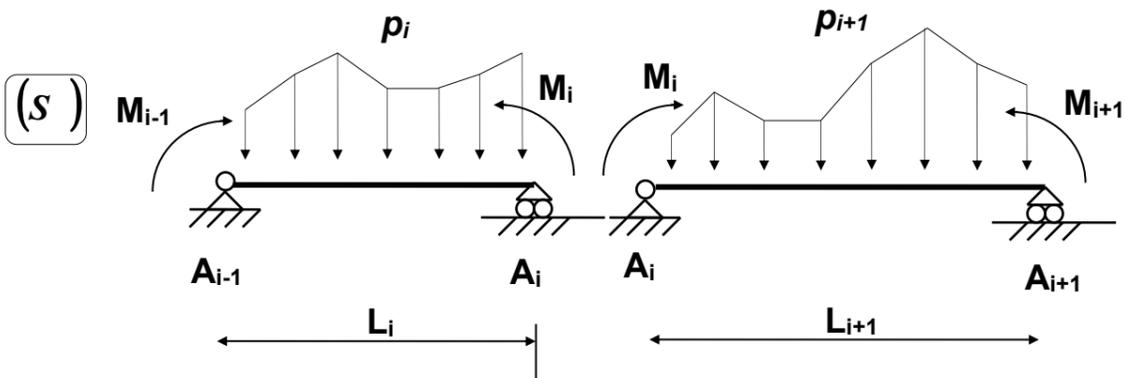
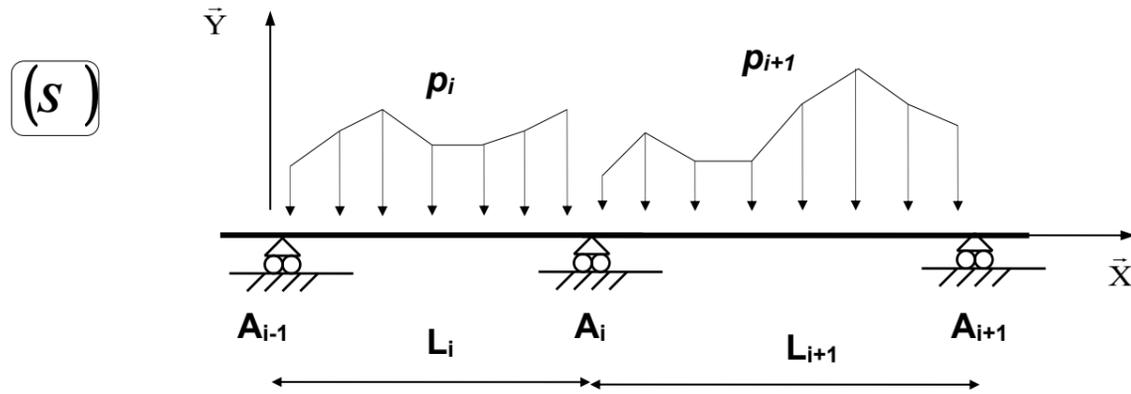
**DOCUMENT TECHNIQUE DT 7**

Les textes peu lisibles ne sont pas nécessaires pour traiter le sujet

<b>BTS BÂTIMENT</b>	<b>SESSION 2020</b>
<b>E41 - Dimensionnement et vérification d'ouvrages</b>	Code : <b>BTE4DVO</b> Page 13 / 18

**Théorème des 3 moments (formule de Clapeyron) :**

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

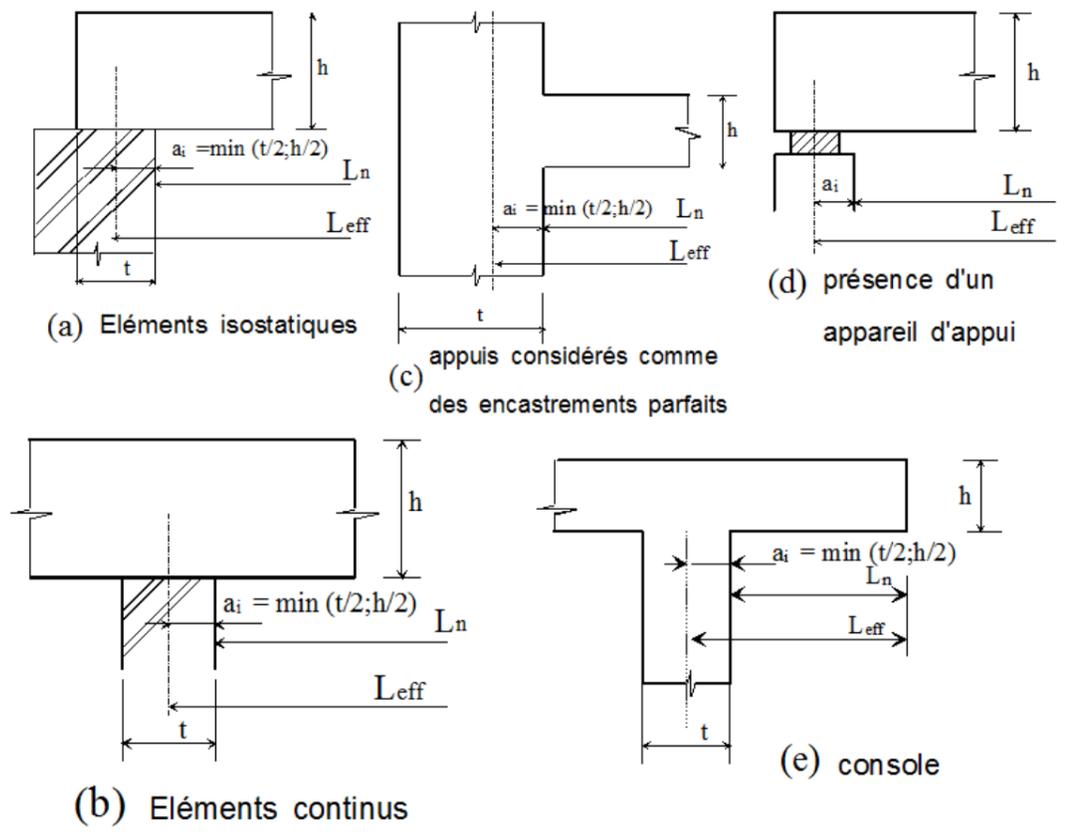


$$L_i M_{i-1} + 2(L_i + L_{i+1}) M_i + L_{i+1} M_{i+1} = 6EI(\omega_{di}^0 - \omega_{gi}^0)$$

DOCUMENT TECHNIQUE DT 8

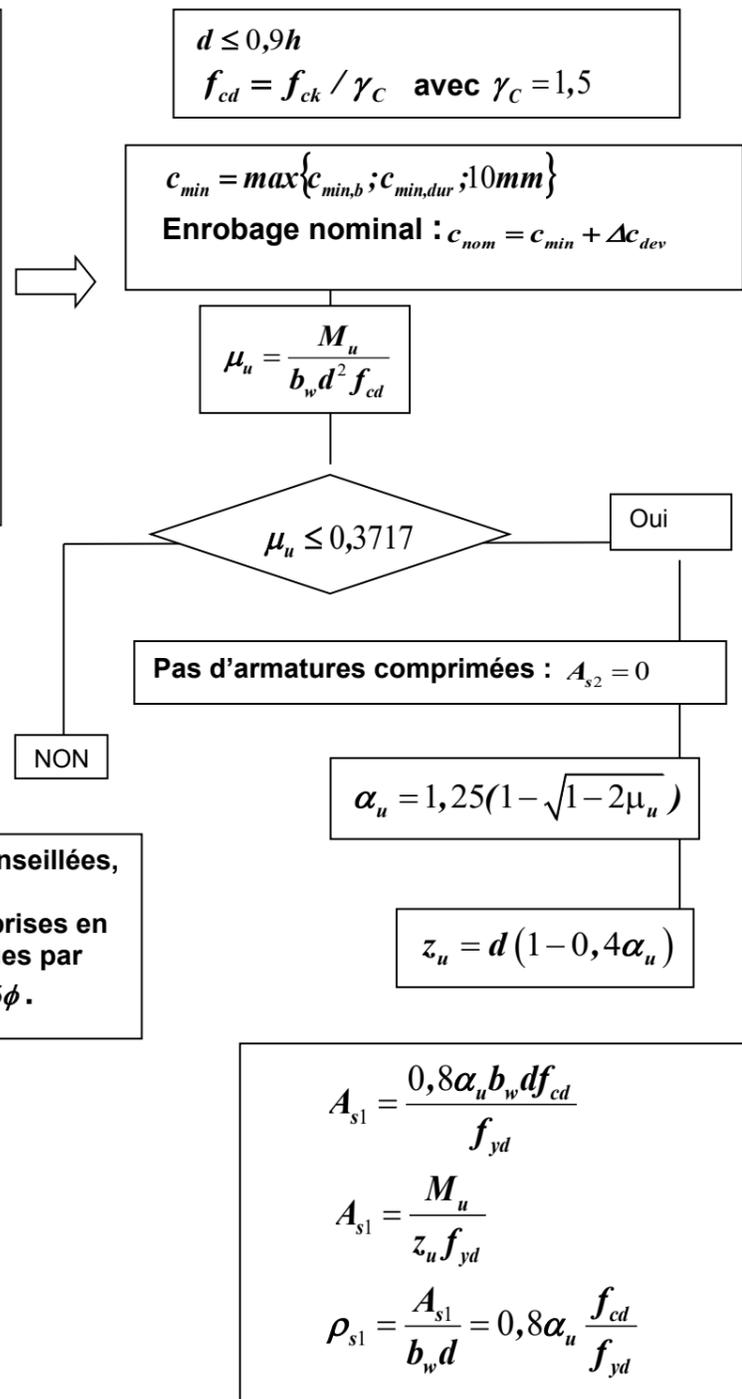
Schéma mécanique	Rotation aux appuis	Flèche
	$\omega_A = -\frac{pL^3}{24EI}$ $\omega_B = \frac{pL^3}{24EI}$	$f_{(L/2)} = \frac{5pL^4}{384EI}$
	$\omega_A = -\frac{Fa}{6EIL}(L-a)(2L-a)$ $\omega_B = \frac{Fa}{6EIL}(L^2 - a^2)$	<p>pour <math>a \leq \frac{L}{2}</math></p> $f_{(L/2)} = \frac{Fa}{48EI}(3L^2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

Détermination de la portée de calcul  $l_{eff} = l_n + a_1 + a_2$  pour différents cas d'appuis.



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

**Données**  
 Catégorie de durée d'utilisation de projet  
**Environnement : Classe d'exposition X..**  
 $b_w ; h$   
 béton  $C_{20}/20$   $f_{ck}$   
 acier B500  $f_{yk} = 500 \text{ MPa}$   
 diagramme élasto-plastique parfait  
 $f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s} = \frac{500}{1,15} = 435 \text{ MPa}$   
 $p_u = 1,35g + 1,5q \text{ kN/m}$   
**Moment de flexion ELU  $M_{Ed} = M_u$**



Les armatures comprimées sont conseillées, car les aciers seraient mal utilisés. Si les armatures comprimées sont prises en compte, elles seront alors maintenues par des armatures transversales :  $s \leq 15\phi$ .

Le pourcentage d'armatures  $\rho_{s1} = \frac{A_{s1}}{b_w d}$

**Sections minimale et maximale d'armatures longitudinales tendues : Clause 9.2.1.1**  
 $A_{s1} > A_{s,min} = \max \left[ 0,26 \frac{f_{ctm}}{f_{yk}} b_t d ; 0,0013 b_t d \right]$  Condition de non-fragilité.  
 $A_{s1} < 0,04 A_c$  Avec  $A_c$  aire de la section droite de béton  
 $b_t$  : la valeur moyenne de la largeur tendue, pour une section rectangulaire et une section en T, avec:  $b_t = b_w$

### 1.2 Calcul des semelles filantes et rectangulaires sous charge centrée

#### 1.2.1 Sol de fondation

- Soit  $V_d$  la charge verticale agissante de calcul (ELU) au niveau de la base de la fondation (assise). Cette charge ultime extérieure tient compte du poids de la semelle, du sol situé au-dessus, du dallage éventuel et de la charge variable sur le dallage.
- Soit  $A'$  aire de la surface effective de la fondation (en compression centrée, aire totale de la surface horizontale de la fondation en contact avec le sol ; si le chargement est excentré, utiliser la méthode de Meyerhof)
- La valeur de la portance de calcul du sol de fondation est notée :  $R_d$  ; (soit la contrainte de calcul :  $q_d = \frac{R_d}{A'}$  ; la notation  $q_d$  n'existe pas dans l'EN 1997)
- Critère de résistance :  $V_d \leq R_d = q_d A'$

#### 1.2.2 Dimensionnement du coffrage

Lorsque la hauteur  $h$  de la semelle est inconnue, on utilisera la condition de rigidité qui fixe la hauteur utile minimum  $d$ .

Pour une semelle rectangulaire :  $d \geq \max \left[ \frac{b'-b}{4} ; \frac{c'-c}{4} \right]$

On admet que lorsque les dimensions de la semelle vérifient la condition de rigidité ci-dessus le cisaillement limite de poinçonnement est implicitement vérifié (il n'y a donc pas lieu de prévoir des armatures d'effort tranchant).

#### 1.2.3 Expression du moment réglementaire et ancrage des armatures (on prendra $l_{bd} = 40 \cdot \Phi$ )

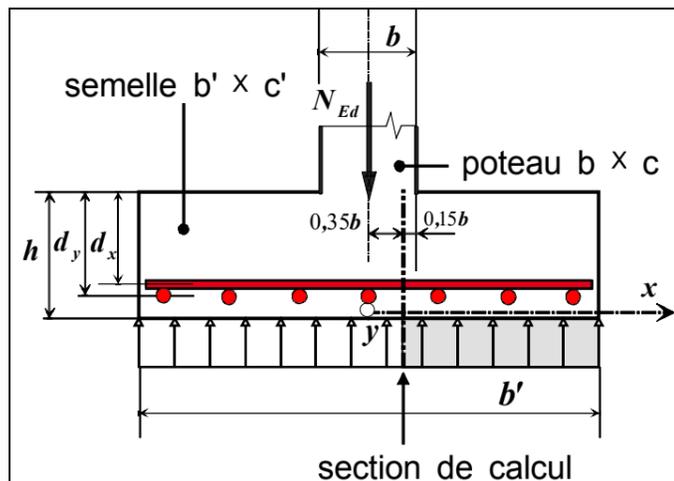
**Semelle filante**

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:

$$M_{Ed} = \frac{N_{Ed}}{8b'} [b' - 0,7b]^2$$

Cas des semelles filantes ou isolées :  
 si  $l_{bd} \leq \frac{[b' - 0,70b]}{4}$ , il n'est pas nécessaire de prévoir des crochets aux extrémités



### Semelle rectangulaire

$$M_{Edx} = \frac{N_{Ed}}{2b'} \left[ \frac{b'}{2} - 0,35b \right]^2 = \frac{N_{Ed} [b' - 0,7b]^2}{8b'}$$

$$M_{Edy} = \frac{N_{Ed}}{2c'} \left[ \frac{c'}{2} - 0,35c \right]^2 = \frac{N_{Ed} [c' - 0,7c]^2}{8c'}$$

### 1.2.4 Enrobage (semelles de fondation)

L'enrobage  $c_{nom}$ , est de 30 mm pour un béton de semelle coulé sur un béton de propreté, ou bien 65 mm pour un coulage directement au contact du sol.

### 1.2.5 Dispositions constructives

Diamètre minimal d'armatures :  $\phi_{min} = 8 \text{ mm}$  clause 9.8.2.1(1) Note AN

L'article 9.8.2 relatif aux semelles de fondation de poteaux et de voiles n'indique pas de section minimale d'armatures.

### 1.2.6 Ancrages des armatures

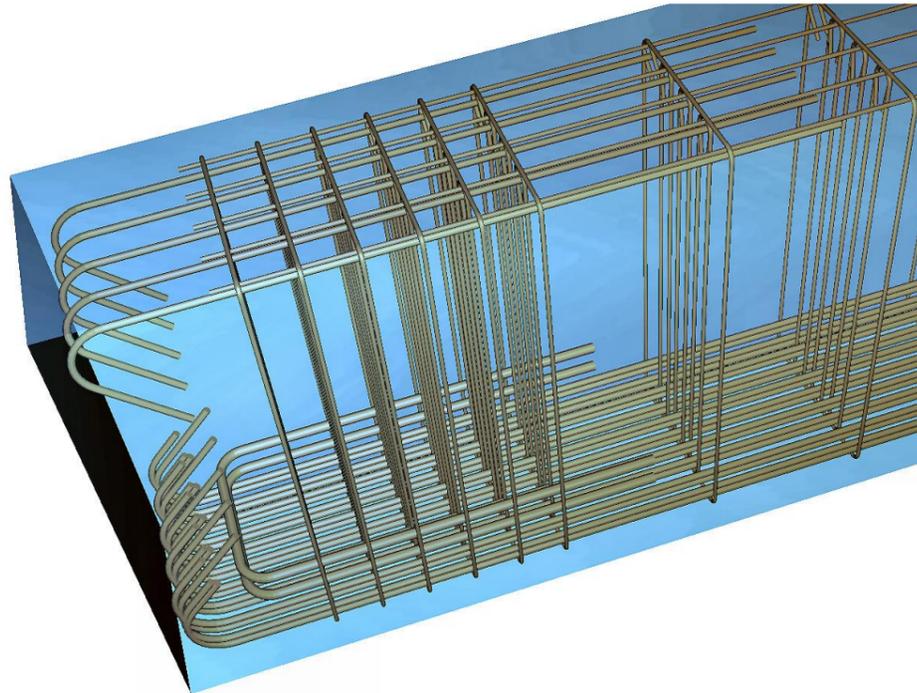
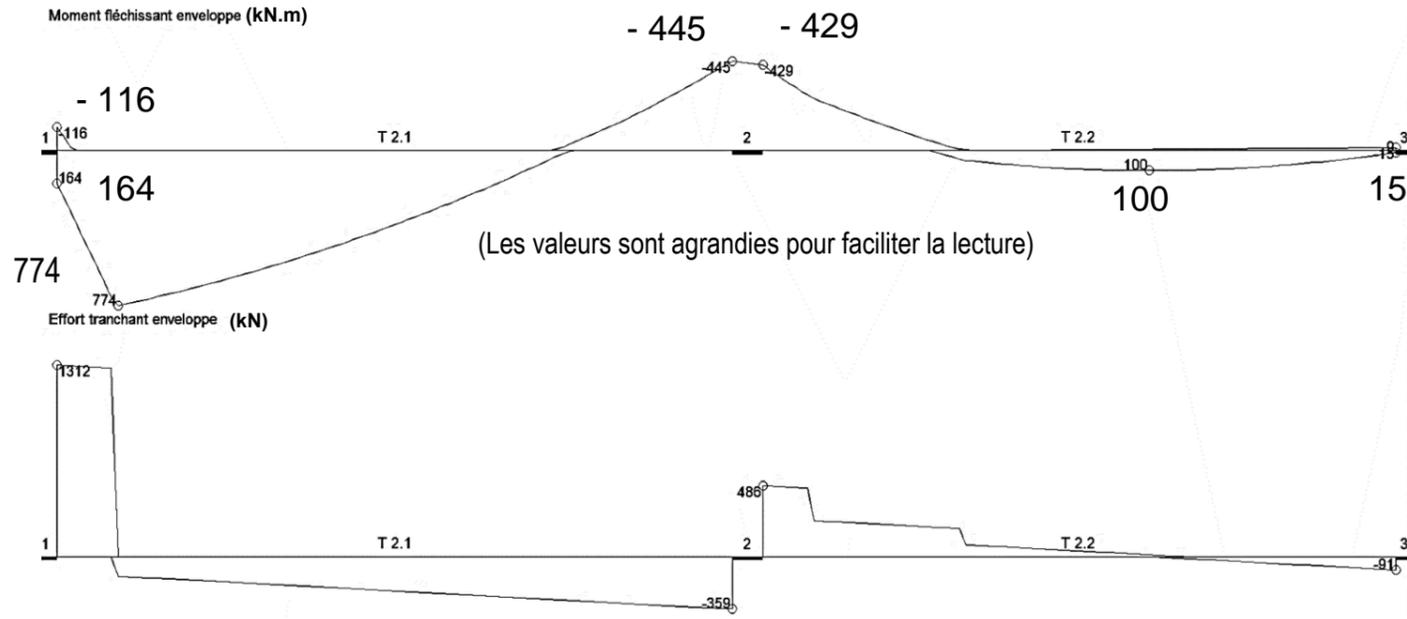
Cas des semelles filantes ou isolées :

si  $l_{bd} \leq \frac{[b' - 0,70b]}{4}$ , il n'est pas nécessaire de prévoir des crochets aux extrémités

## 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	2,16	2,35	2,54	2,73	2,92	3,11	3,30	3,49
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	3,11	3,39	3,67	3,95	4,23	4,51	4,79	5,07
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	5,53	6,03	6,53	7,03	7,53	8,03	8,53	9,03
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	8,64	9,42	10,21	11,00	11,78	12,57	13,35	14,14
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	12,44	13,57	14,70	15,83	16,96	18,09	19,22	20,35
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	16,93	18,47	20,00	21,54	23,07	24,61	26,14	27,68
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	22,12	24,13	26,14	28,15	30,16	32,17	34,18	36,19
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	34,56	37,70	40,84	43,98	47,12	50,26	53,40	56,54
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	53,99	58,90	63,81	68,72	73,63	78,54	83,45	88,36
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	88,46	96,50	104,54	112,58	120,62	128,66	136,70	144,74
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	138,23	150,80	163,37	175,94	188,51	201,08	213,65	226,22

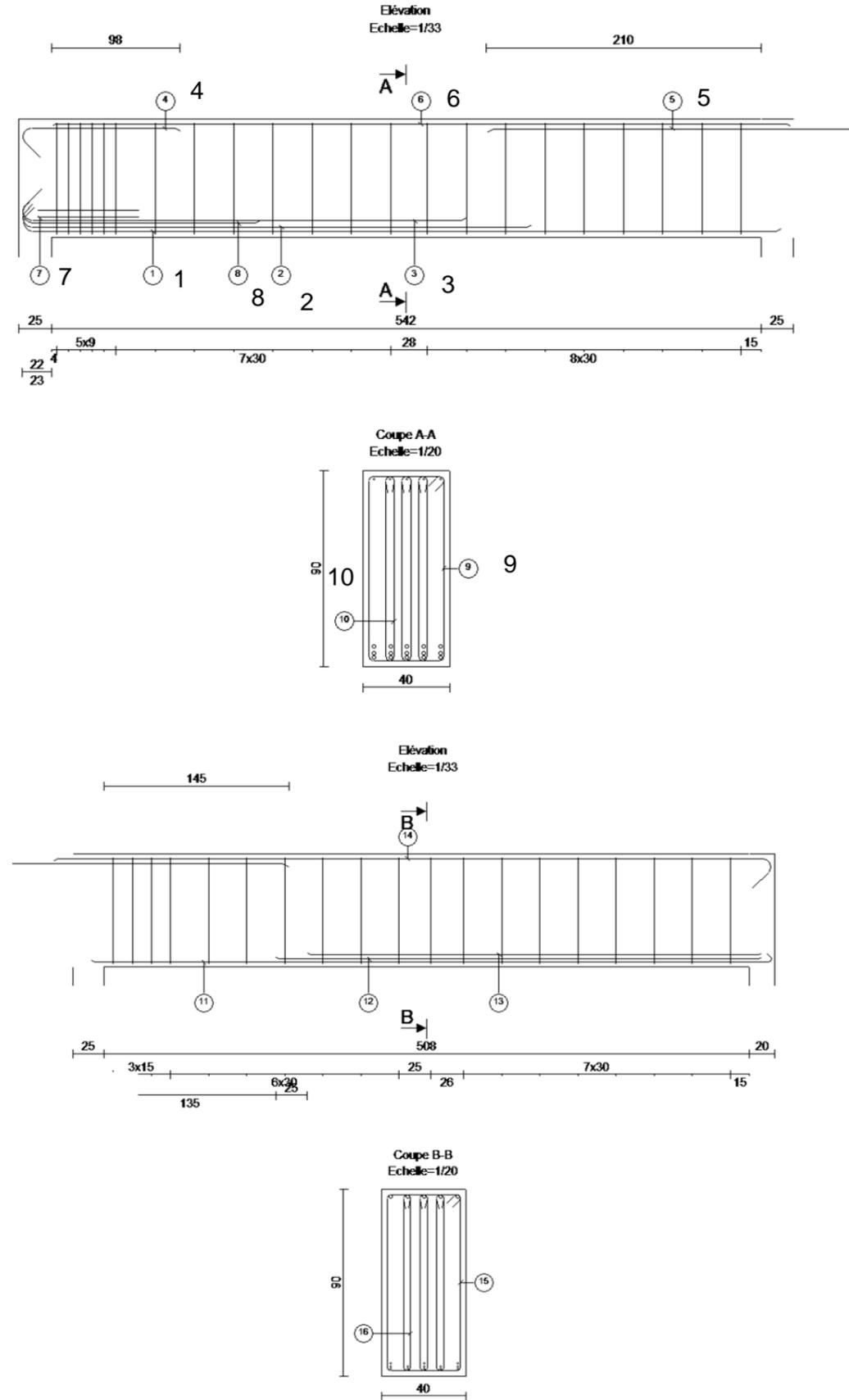
## Résultats de calcul issus du logiciel de béton armé



Vue 3D de l'about de poutre en première travée.

DOCUMENT TECHNIQUE DT 11

(les repères ont été agrandis pour faciliter la lecture)

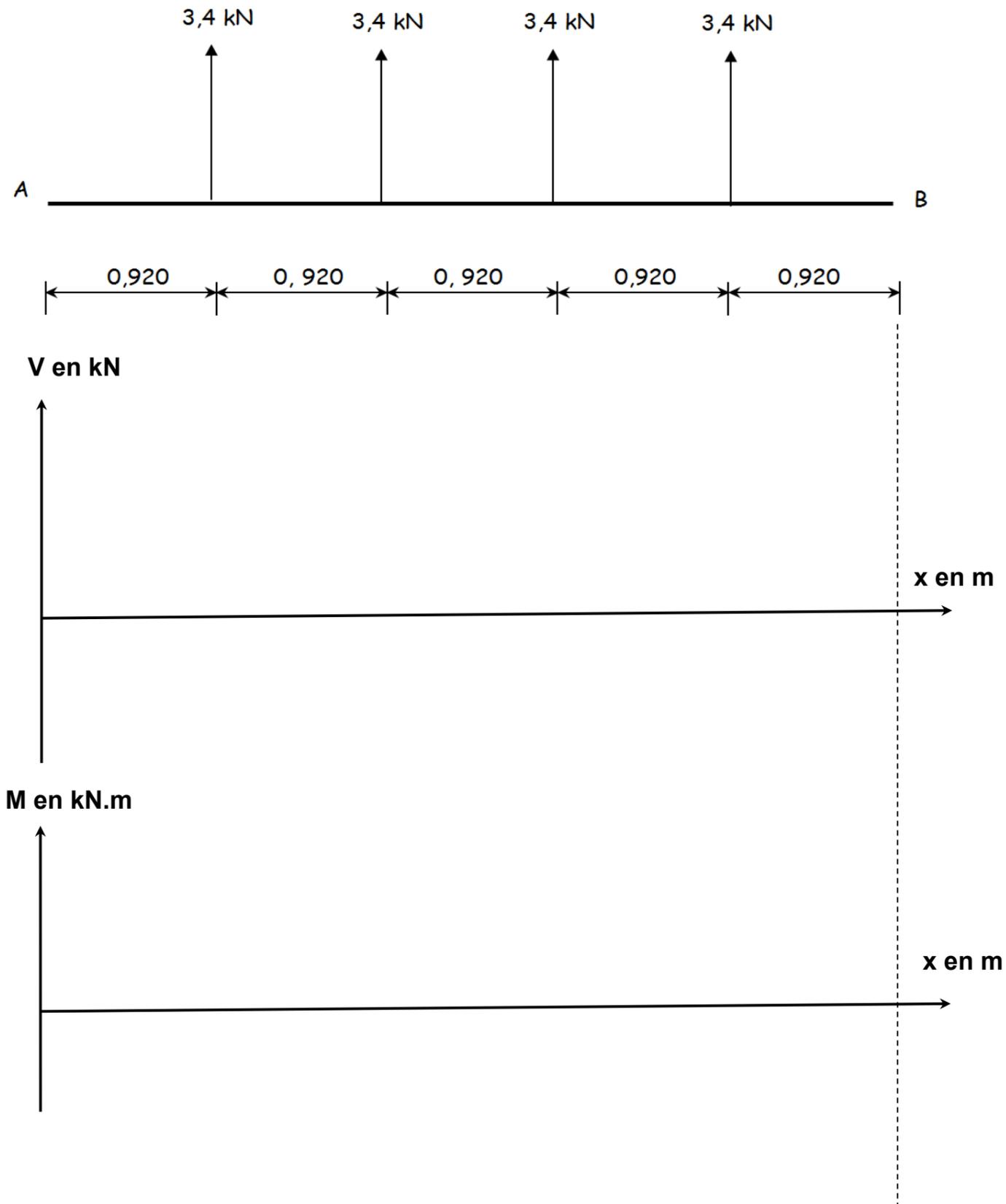


Barre	Lg	Forme
1	5HA16	598 135° 15 581
2	5HA14	406 135° 14 390
3	5HA14	365 135° 15 340
4	5HA12	145 13 121 135°
5	5HA20	380 380
6	5HA8	565 565
7	2HA20	180 78 78
8	5HA14	200 135° 16 183
9	22HA8	250 35
10	66HA8	190 85

Barre	Lg	Forme
11	5HA8	542 536 135°
12	5HA8	383 383
13	3HA8	358 358
14	5HA12	592 13 566 135°
15	19HA6	250 35

Ferrailage de la poutre en première et deuxième travée.

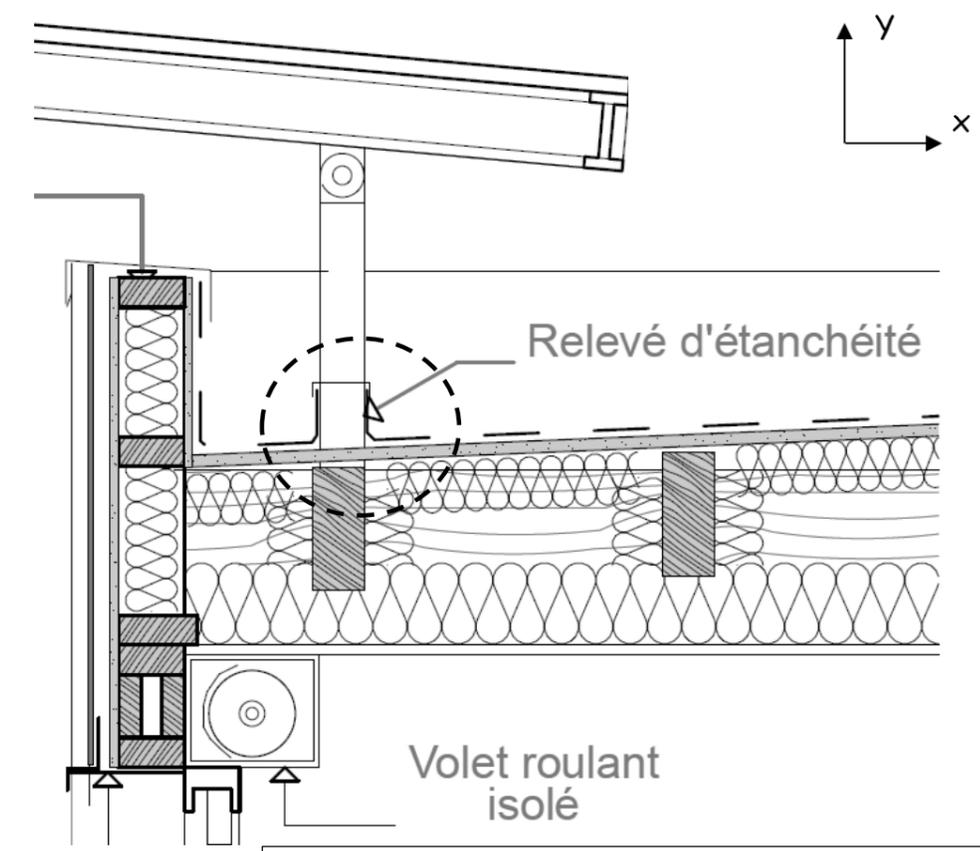
Q4.



DOCUMENT RÉPONSE DR 1 (À RENDRE AVEC LA COPIE)

Q7.

Étude de la liaison au point D



Degrés de liberté bloqués : .....

