

# BREVET DE TECHNICIEN SUPÉRIEUR BÂTIMENT

Épreuve E4 – Étude technique

Sous - épreuve E41  
Dimensionnement et vérification d'ouvrages

**SESSION 2018**

**Durée : 4 heures**

**Coefficient : 2**

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

« Le document réponse (page 20), même vierge, doit être rendu avec la copie. »

Dès que le sujet vous est remis, assurez-vous qu'il est complet. Ce sujet comporte 20 pages numérotées de 1/20 à 20/20.

# PROJET « ÉTUDE D'UNE FROMAGERIE »

## Contenu du dossier

### Dossier sujet

- Présentation de l'ouvrage Page 2
- Caractéristiques des matériaux et charges surfaciques Page 3
- Travail demandé Pages 4 et 5

### Dossier de plans

- DT1 Plan architecte du sous-sol Page 6
- DT2 Plan architecte du rez-de-chaussée Page 7
- DT3 Coupe architecte BB Page 8
- DT4 Charpente – Vue en plan Page 9
- DT5 Charpente – Coupe AA – Perspectives Page 10
- DT6 Plan de fondations partiel Page 11

### Dossier annexes et formulaire

- DT7 Extraits de note de calculs – Extraits Eurocode 5 Page 12
- DT8 Coupe définissant la ferme – Modélisation de la ferme Page 13
- DT9 Portées utiles – Organigramme Page 14
- DT10 Rotations aux appuis – Flèches – Théorème des 3 moments Page 15
- DT11 Vérification du lit inférieur – Sections des aciers en barres – Boîtes d'armatures en attente Page 16
- DT12 Plan d'armatures de la longrine LG8 Page 17
- DT13 Documentation technique goujons TITAN Page 18
- DT14 Calcul de la flèche à l'ELS Page 19

### Document réponse

- DR Étude B et Étude C Page 20

## Barème

Les études sont indépendantes.

ÉTUDE A	Vérification d'un élément de charpente	4 points
ÉTUDE B	Étude d'une longrine continue en béton armé	8 points
ÉTUDE C	Étude des liaisons d'une dalle portée	4 points
ÉTUDE D	Étude de la déformation d'une panne faitière	4 points
TOTAL		20 points

## Présentation de l'ouvrage

L'étude porte sur la construction de l'extension d'une fromagerie située en Bourgogne-Franche-Comté. Ce nouveau bâtiment et le bâtiment existant ne sont distants que de 4 cm.

Cet ouvrage comporte un sous-sol partiel fondé sur radier et un rez-de-chaussée fondé sur semelles superficielles.

La structure porteuse en béton armé est contreventée par une charpente traditionnelle.

La couverture est en tuiles.



## CARACTÉRISTIQUES DES MATÉRIAUX UTILISÉS SUR L'OUVRAGE :

### Béton armé

- ✓ Béton C25/30 :  $f_{ck} = 25 \text{ MPa}$
- ✓ Armature B500B :  $f_{yk} = 500 \text{ MPa}$
- ✓ Poids volumique du béton armé :  $\gamma_{BA} = 25 \text{ kN/m}^3$
- ✓ Classe d'exposition des ouvrages étudiés : XC4

### Bois de charpente en lamellé collé homogène GL24h

- ✓ Poids volumique :  $\gamma_{GL24h} = 4,2 \text{ kN/m}^3$
- ✓ Classe de service : 2
- ✓ Résistance caractéristique vis-à-vis de la flexion :  $f_{m,k} = 24 \text{ MPa}$
- ✓ Résistance caractéristique vis-à-vis du cisaillement :  $f_{v,k} = 3,5 \text{ MPa}$
- ✓ Valeur caractéristique moyenne du module d'élasticité axiale :  $E_{0,mean} = 11500 \text{ MPa}$
- ✓ Coefficient  $\gamma_M$  :  $\gamma_M = 1,25$
- ✓ Coefficient  $k_{mod}$  (action à court terme : neige) :  $k_{mod} = 0,90$
- ✓ Coefficient  $k_h$  (en fonction de la hauteur de la poutre) : voir sur DT7
- ✓ Coefficient  $k_{def}$  :  $k_{def} = 0,80$

## CHARGES SURFACIQUES :

### Charges permanentes (charges projetées sur une direction horizontale)

- ✓ Tuiles :  $0,45 \text{ kN/m}^2$
- ✓ Lattes + contrelattes + pare-pluie :  $0,05 \text{ kN/m}^2$
- ✓ Chevrons :  $0,05 \text{ kN/m}^2$

### Charge d'exploitation

- ✓ Exercées sur les planchers :  $7,5 \text{ kN/m}^2$

### Charge climatique

- ✓ Neige (altitude 650m, région C1) :  $0,95 \text{ kN/m}^2$

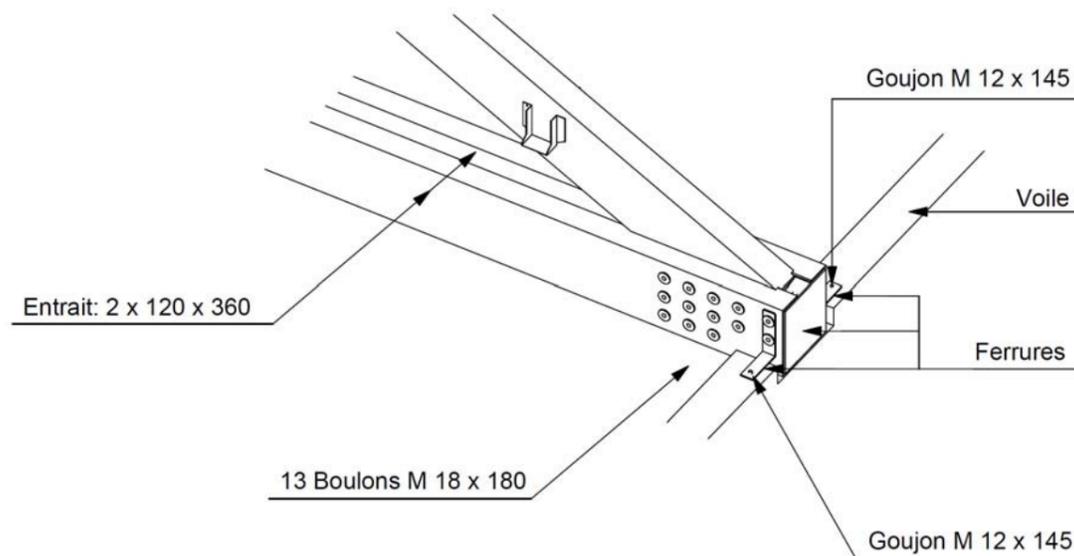
## TRAVAIL DEMANDÉ

### ÉTUDE A – Vérification d'un élément de charpente

On vous demande de vérifier l'entrait d'une ferme, vis-à-vis de la contrainte normale de flexion, sous le cas de charge à l'ELU « 1,35 g + 1,5 s ».

**Documents nécessaires : DT3, DT4, DT5, DT7 et DT8**

**Q1.** Justifier la modélisation à retenir pour la liaison ferme / voile, à partir de la vue ci-dessous :



**Q2.** D'après l'extrait de note de calculs fourni et sans aucun calcul, identifier la nature de la sollicitation dans l'entrait.

**Q3.** Déterminer la contrainte maximum de calcul en flexion notée  $\sigma_{m,d}$ .

**Q4.** En remarquant que le cas de charge envisagé est une action à court terme et à partir de **DT7**, vérifier que la section proposée pour l'entrait satisfait le critère de résistance par rapport aux contraintes normales de flexion.

**Q5.** Préciser le rôle des pièces de maintien de l'entrait représentées sur **DT8**.

**Q6.** Conclure sur le problème abordé par cette étude.

### ÉTUDE B – Étude d'une longrine continue en béton armé

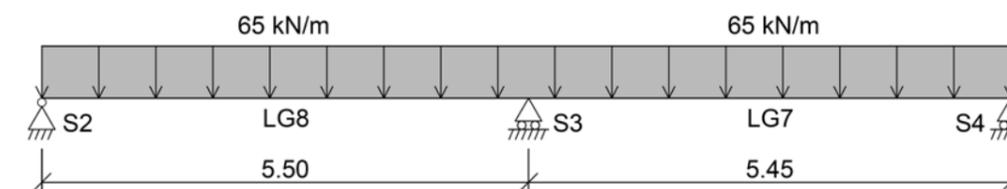
En raison de la proximité d'un bâtiment existant, l'élévation sur la file 1 est réalisée à partir de prémurs. Ces éléments partiellement préfabriqués prennent appui sur une longrine continue LG7-LG8 de section 20 x 60 cm.

Cet élément structural repose sur des semelles superficielles ponctuelles excentrées, dont l'arase supérieure a été définie en fonction des niveaux des semelles existantes sous le bâtiment voisin.

On vous demande de vérifier le ferrailage longitudinal de cette longrine sur l'appui intermédiaire.

**Documents nécessaires : DT6, DT9, DT10, DT11 et DT12**

**Q7.** La modélisation à l'ELU retenue par le bureau d'étude est la suivante :



Vérifier les portées efficaces considérées.

**Q8.** Vérifier que le moment fléchissant à considérer sur l'appui intermédiaire pour le cas de charge envisagé est  $M_{Ed} = - 244 \text{ kN.m}$ .

**Q9.** Montrer que les actions de liaison valent :

$$X_{S2} = 0 \text{ kN} \quad Y_{S2} = 134 \text{ kN} \quad Y_{S3} = 445 \text{ kN} \quad Y_{S4} = 132 \text{ kN}$$

**Q10.** Sur le **DR** (page 20), procéder au tracé des diagrammes de l'effort tranchant  $V_{Ed}$  et du moment fléchissant  $M_{Ed}$ . Préciser toute valeur particulière.

**Q11.** Calculer la section d'armatures longitudinales à mettre en place au nu de l'appui intermédiaire. On prendra pour cela  $M_{Ed} = - 180 \text{ kN.m}$ .

**Q12.** Procéder au choix des armatures précédemment calculées et les représenter sur le **DR** (page 20) à l'aide d'une section transversale.

**Q13.** On prendra  $V_{Ed} = 204 \text{ kN}$  et  $M_{Ed} = - 244 \text{ kN.m}$ .  
Vérifier l'ancrage du lit inférieur de la longrine LG8 sur l'appui S3.

**Q14.** Comparer vos résultats avec ceux définis par **DT12**.

## ÉTUDE C – Étude des liaisons d'une dalle portée

Afin de limiter les risques de désordres dus à d'éventuels tassements différentiels du remblai compacté, une dalle portée a été projetée entre les files 1 et 2 définies par le plan de fondations partiel du rez-de-chaussée. La présence en file 2 d'un joint de dilatation conduit à l'utilisation de goujons tandis que sur la file 1, des boîtes d'aciens en attente sont à disposer dans les longrines.

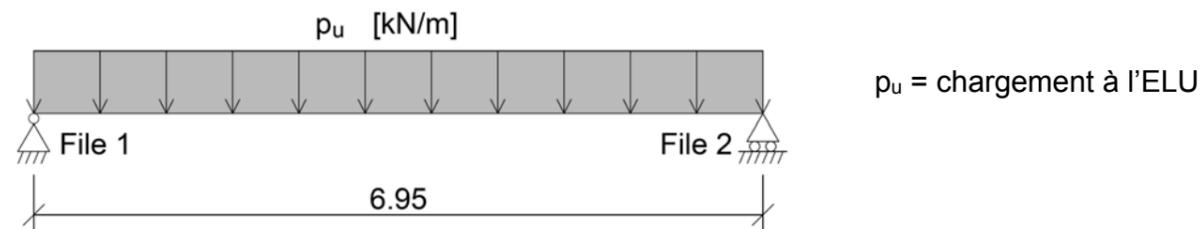
Vous êtes chargé de dimensionner ces éléments.

**Documents nécessaires : DT6, DT11 et DT13**

**Q15.** Évaluer les charges permanentes notées  $g$  [kN/m<sup>2</sup>] et variables d'exploitation notées  $q$  [kN/m<sup>2</sup>] supportées par cette dalle.

**Q16.** Le calcul sera conduit sur une bande de 1 mètre.

La dalle portée a été modélisée comme suit :



Justifier la modélisation de l'appui sur la file 2.

**Q17.** En considérant une charge à l'ELU  $p_u = 17,3 \text{ kN/m}$ , déterminer les actions de liaison sur la file 1 et sur la file 2.

**Q18.** La dalle portée sera armée par les treillis soudés suivants :

- 1ST65C en nappe inférieure (6,36 cm<sup>2</sup>/m),
- 1ST25C en nappe supérieure (2,57 cm<sup>2</sup>/m).

L'effort tranchant à transmettre à l'ELU vaut  $V_{Ed} = 60,2 \text{ kN/m}$  (kN par mètre de dalle).

On prendra  $d = 140 \text{ mm}$ .

Procéder au choix des boîtes d'attente à mettre en œuvre en file 1.

Représenter sur le **DR** (page 20) cette liaison entre la dalle portée et la longrine, par le tracé d'une section transversale précisant toutes les armatures présentes.

**Q19.** On considère que la largeur du joint de calcul est  $a=45 \text{ mm}$ .

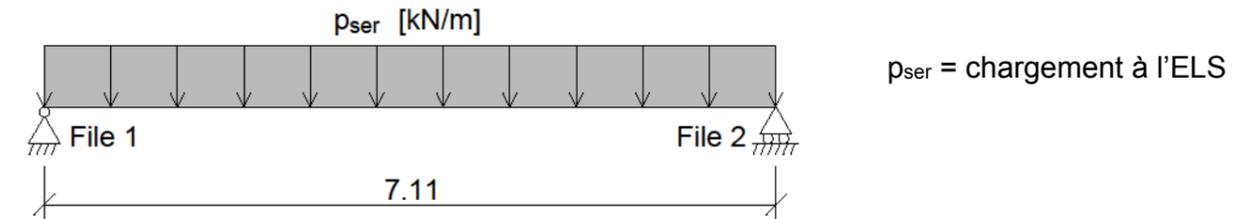
Déterminer, à l'ELU, l'espacement des goujons de la Gamme I-22-0 à disposer file 2.

## ÉTUDE D – Étude de la déformation d'une panne faitière

Dans cette partie, on vous demande de vérifier la déformation à l'ELS de la panne faitière 120x320 mm reposant sur les voiles situés en file 1 et file 2.

Les débords de toiture ont été négligés.

La modélisation retenue est la suivante :



**Documents nécessaires : DT4, DT5, DT10 et DT14**

**Q20.** La structure porteuse du toit entre les files 1 et 2 fait apparaître des éléments repérés « CV GL24h 140 x 240 mm. »

Quel est le rôle assuré par ces éléments ? Vis-à-vis de quelle action interviennent-ils ?

**Q21.** Déterminer les charges linéiques permanentes  $g$  [kN/m] et variables climatiques de neige notées  $s$  [kN/m] sollicitant la panne faitière.

**Q22.** En considérant  $p_{ser} = 2,5 \text{ kN/m}$ , calculer la flèche maximale de cette panne sous le cas de chargement «  $g + s$  ».

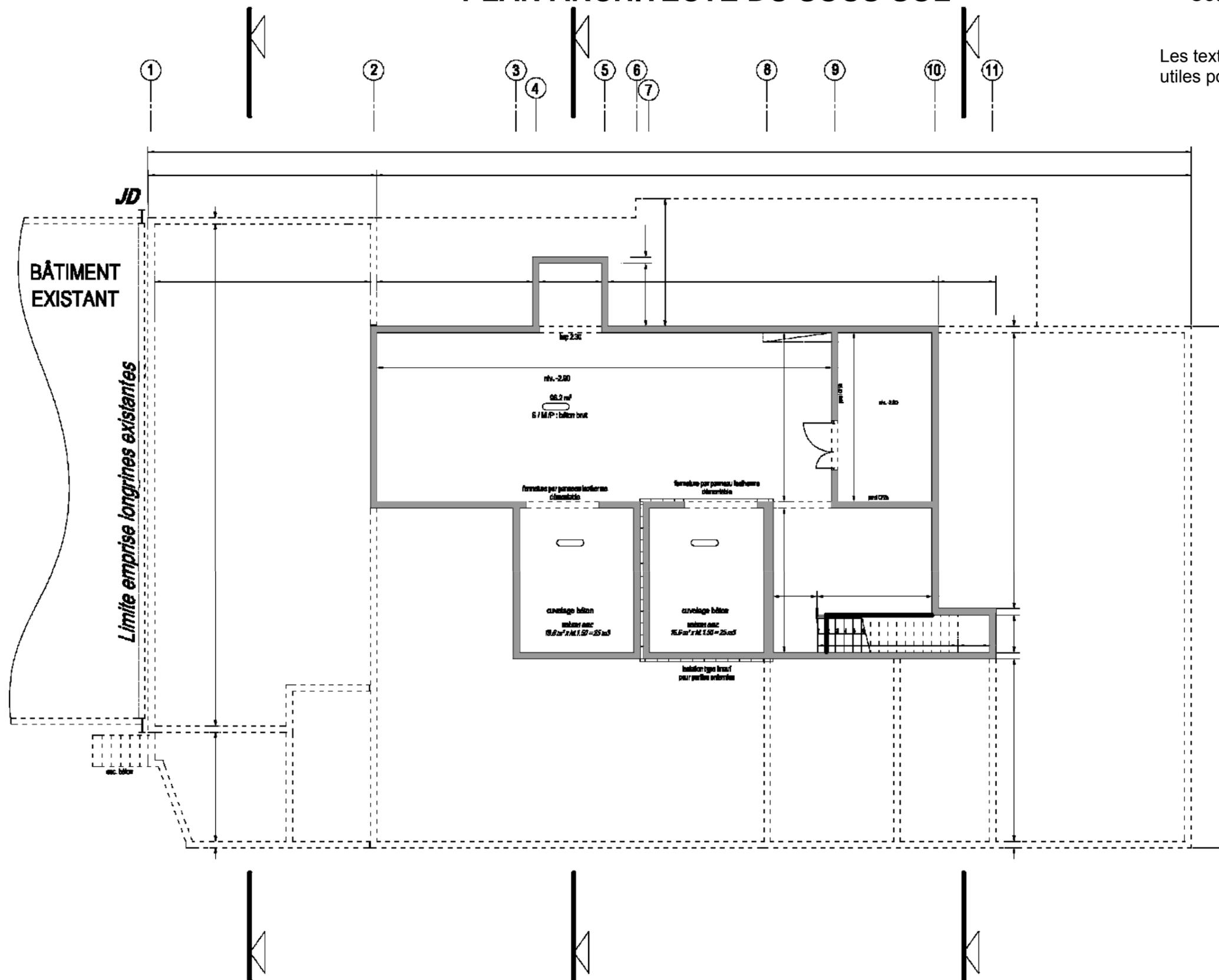
**Q23.** À partir des flèches instantanées suivantes :  $v_{inst}(g) = 9,5 \text{ mm}$  et  $v_{inst}(s) = 12,5 \text{ mm}$ , déterminer la flèche résultante finale  $v_{net,fin}$  tenant compte du fluage.

**Q24.** Le critère de flèche résultante finale est-il respecté ? Justifier et conclure quant au critère de flèche.

# PLAN ARCHITECTE DU SOUS-SOL

Cotation en m - Échelle indéfinie

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



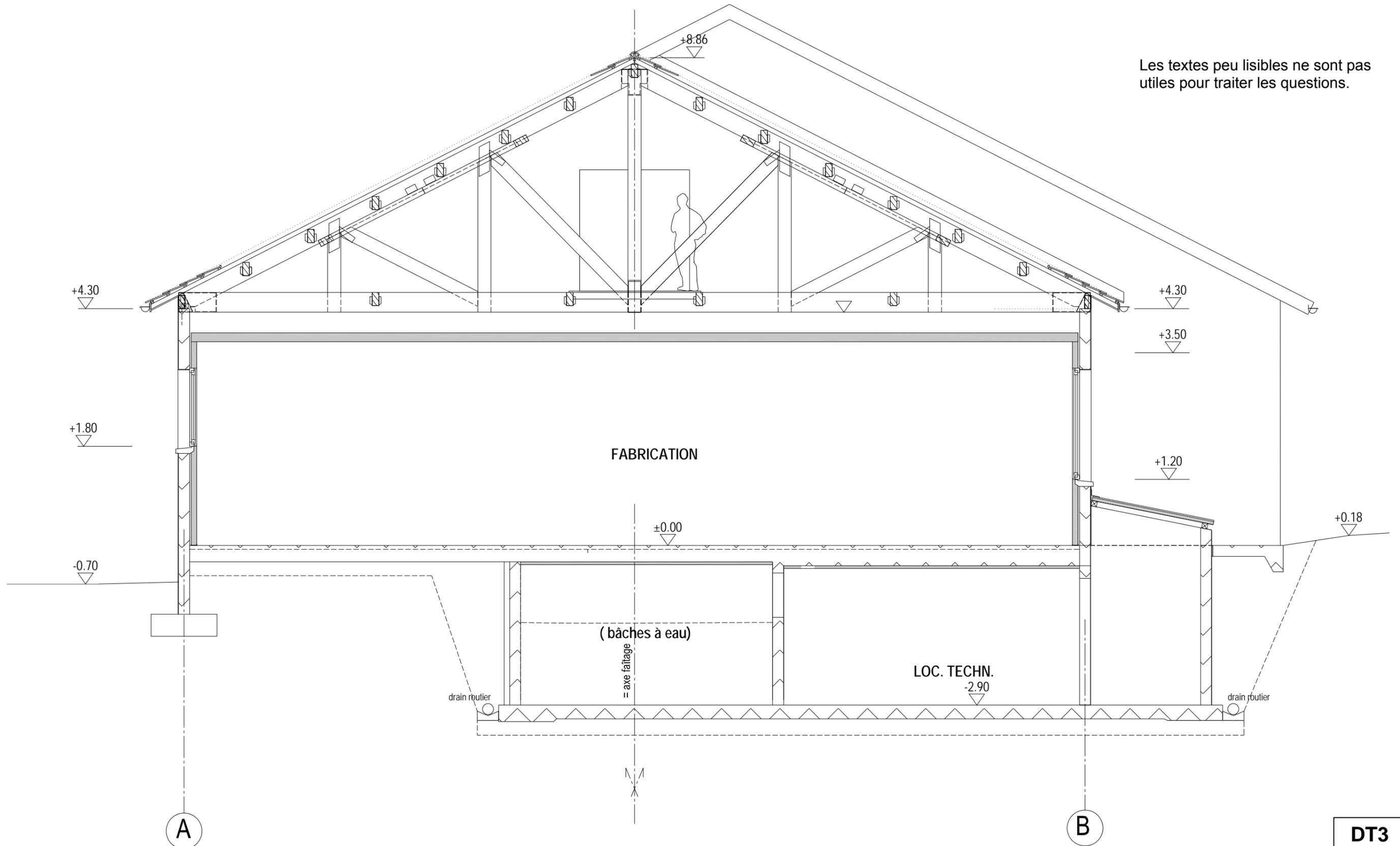
DT1



# COUPE ARCHITECTE BB

Cotation en m - Échelle indéfinie

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

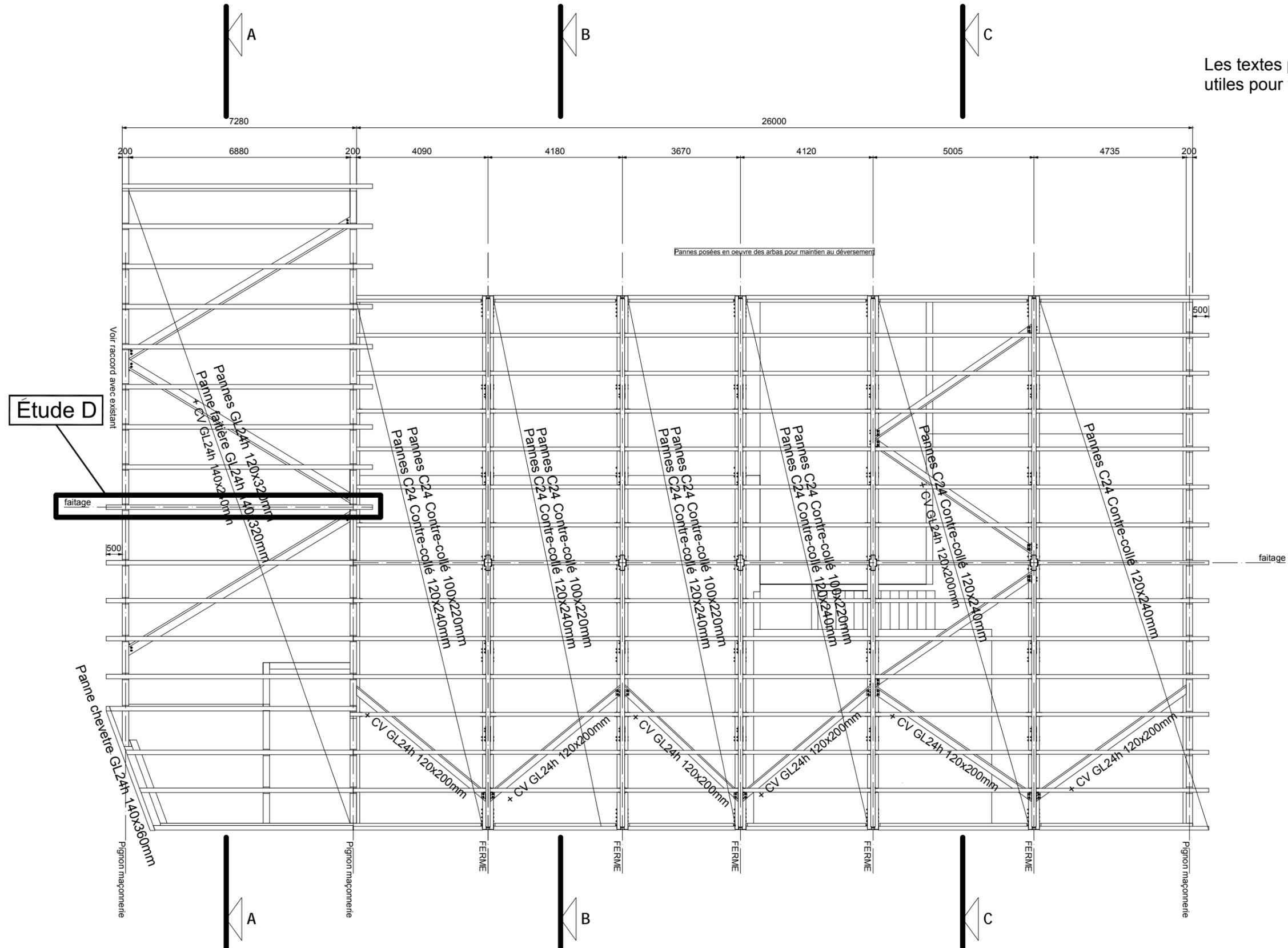


DT3

# CHARPENTE - VUE EN PLAN

Cotation en mm - Échelle indéfinie

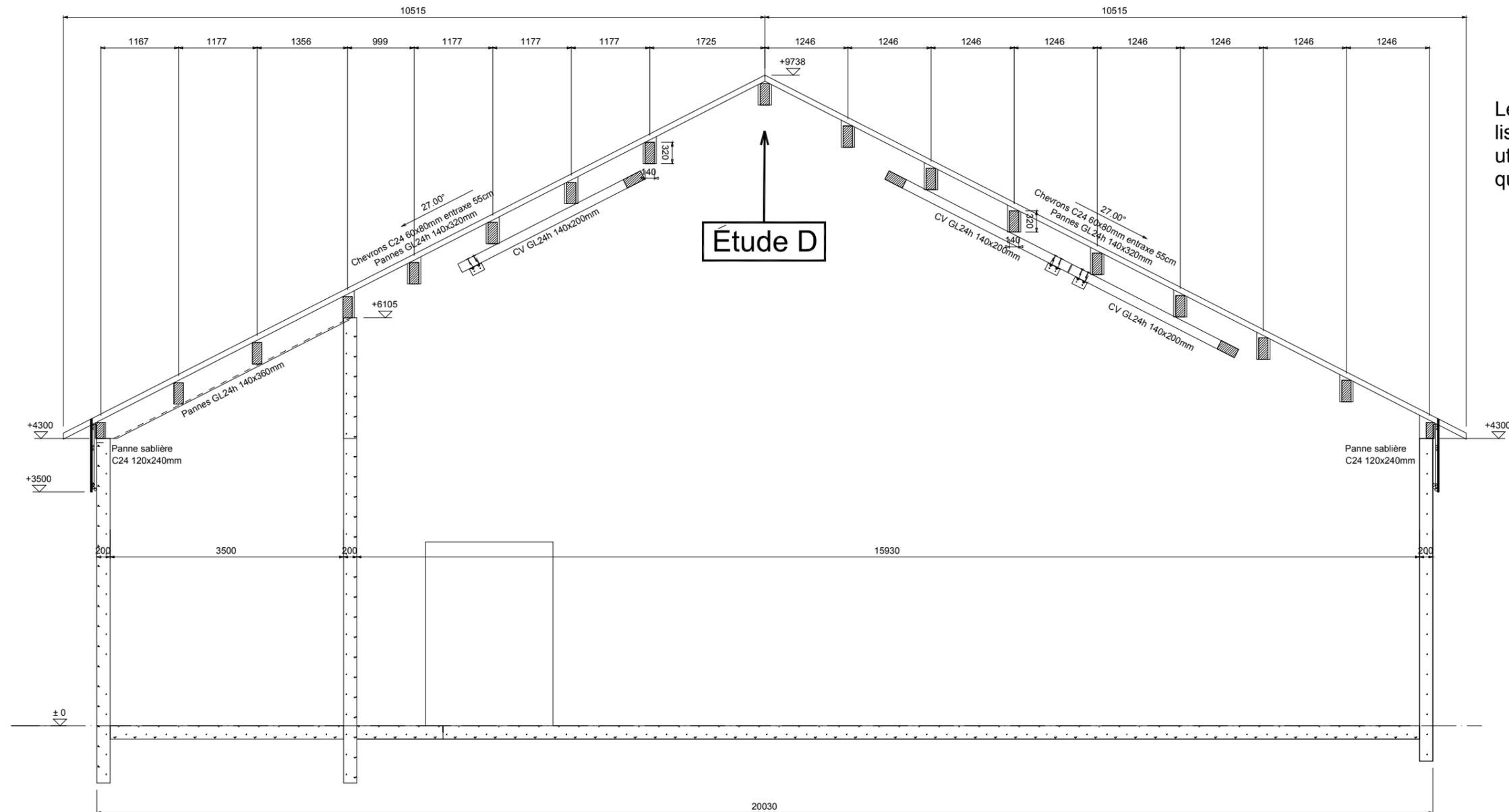
Les textes peu lisibles ne sont pas utiles pour traiter les questions.



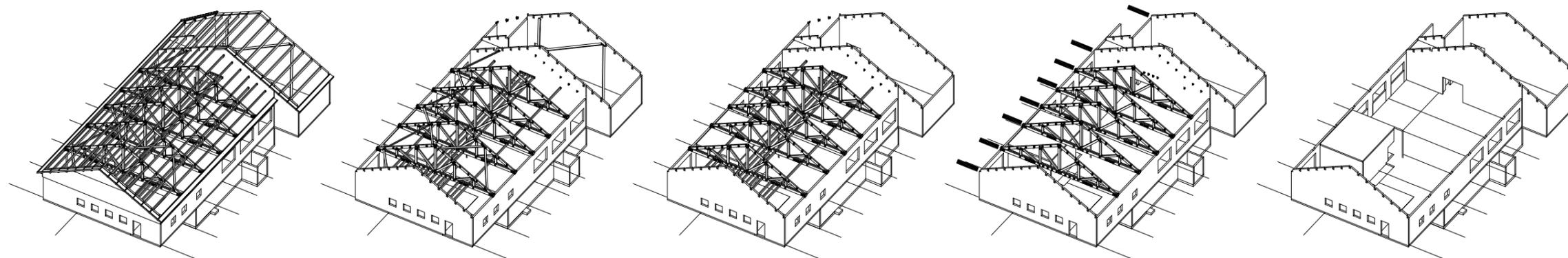
DT4

# CHARPENTE - COUPE AA

Cotation en mm - Échelle indéfinie



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



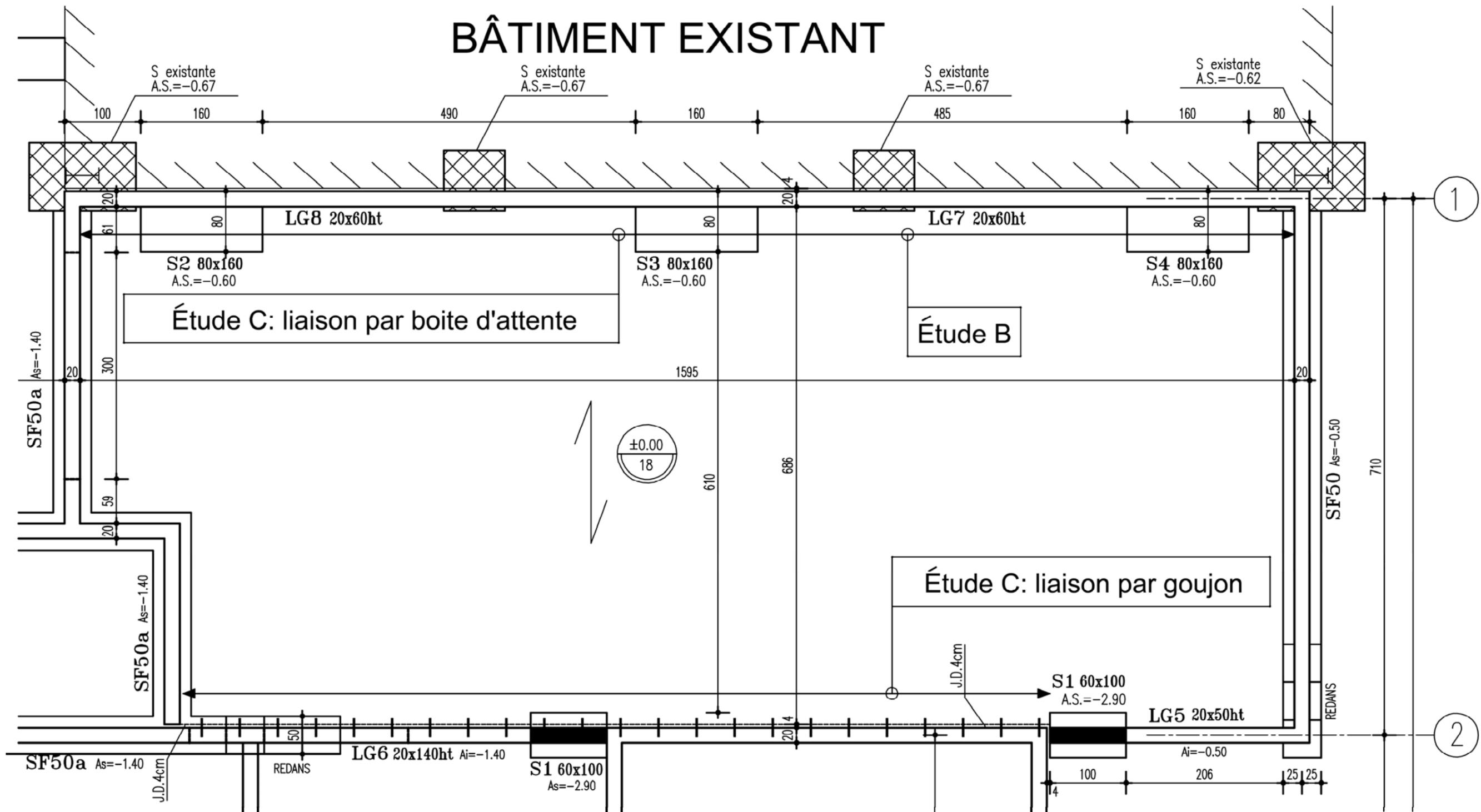
**PERSPECTIVES**

**DT5**

# PLAN DE FONDATIONS PARTIEL

Cotation en cm - Échelle indéfinie

## BÂTIMENT EXISTANT



DT6

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

EXTRAITS DE NOTE DE CALCULS D'UNE FERME

**Cas de chargement : 1,35\*G + 1,5\*S**

Barre	Effort normal [kN]	Contrainte normale réelle [MPa]	Contrainte normale limite [MPa]	Moment fléchissant [kN.m]	$\sigma_{m,d}$ [MPa]	$f_{m,d}$ [MPa]
1-4	-219,5	4,90	17,28	9,35	3,91	18,40
4-8	-219,5	4,90	17,28	9,35	3,91	18,40
<b>1-8</b>	<b>195,2</b>	<b>2,26</b>	<b>14,55</b>	<b>11,51</b>	<b>?</b>	<b>?</b>
9-22	-34,2	1,02	17,28	0,20	0,15	18,93
12-7	-58,1	1,73	17,28	0,26	0,19	18,93
7-15	-58,1	1,73	17,28	0,26	0,19	18,93
23-18	-34,2	1,02	17,28	0,20	0,15	18,93
7-4	98,9	1,72	15,15	-	-	-
21-9	-2,6	0,08	17,28	-	-	-
22-12	25,3	0,75	15,15	-	-	-
23-15	25,3	0,75	15,15	-	-	-
24-18	-2,6	0,08	17,28	-	-	-

**EXTRAITS EUROCODE 5**

**VÉRIFICATION SIMPLIFIÉE DES CONTRAINTES NORMALES LIMITÉE À LA FLEXION SIMPLE**

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

$\sigma_{m,d}$  : contrainte maximum de calcul en flexion (sur les fibres extrêmes) engendrée par le moment de flexion  $M$  à l'ELU,

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

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

$\gamma_M$  : coefficient partiel de propriété du matériau pour le bois à l'ELU ;

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

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

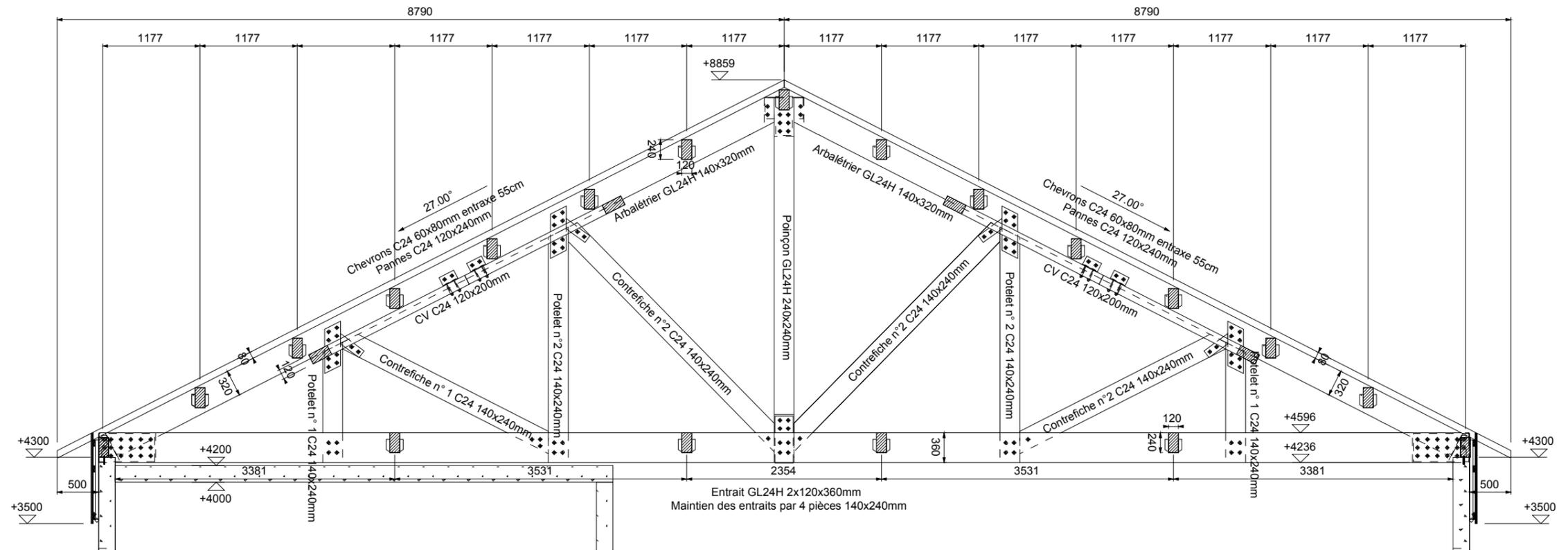
**COEFFICIENT DE HAUTEUR  $k_h$**

$h$  est la hauteur de la pièce (pour la flexion).

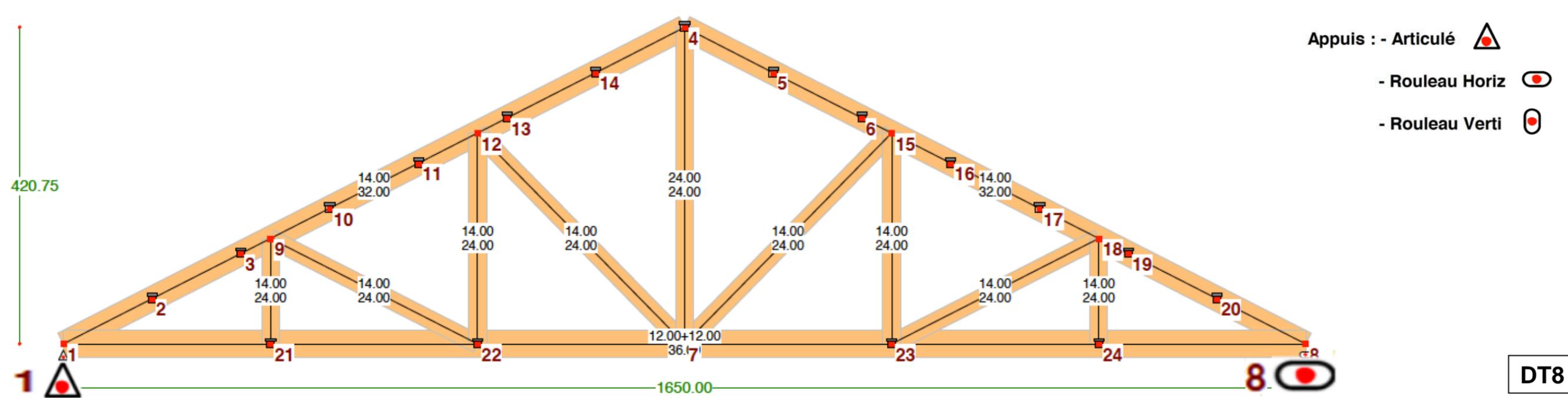
BM bois massif	LC lamellé collé
si $h \geq 150 \text{ mm}$ $k_h = 1$	si $h \geq 600 \text{ mm}$ $k_h = 1$
si $h \leq 150 \text{ mm}$ $k_h = \min \left\{ 1,3 ; \left( \frac{150}{h} \right)^{0,2} \right\}$	si $h \leq 600 \text{ mm}$ $k_h = \min \left\{ 1,1 ; \left( \frac{600}{h} \right)^{0,1} \right\}$

**DT7**

# COUPE DÉFINISSANT LA FERME



# MODÉLISATION DE LA FERME



- Appuis : - Articulé   
 - Rouleau Horiz   
 - Rouleau Verti 

DT8

Unité de cotation : cm

BTS BÂTIMENT	SESSION 2018
E41 - Dimensionnement et vérification d'ouvrages	Code : BTE4DVO Page 13 sur 20

## PORTÉES UTILES

Différents cas sont envisagés :

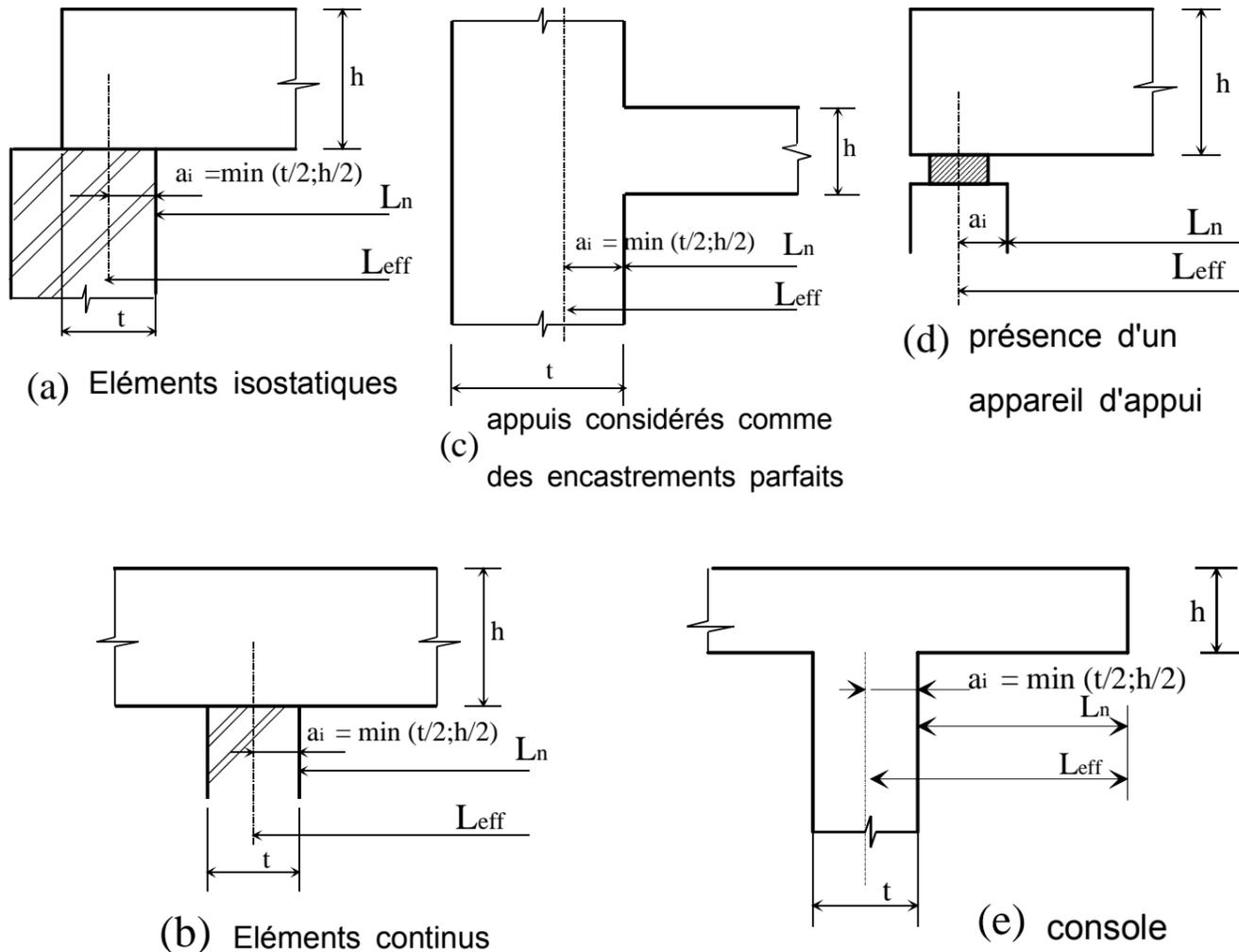
- (a) Éléments isostatiques
- (b) Éléments continus
- (c) Appuis considérés comme des encastremets parfaits
- (d) Présence d'un appareil d'appui
- (e) Console

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

$$L_{eff} = L_n + a_1 + a_2$$

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

Détermination de la portée de calcul  $L_{eff}$  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  
Environnement : Classe d'exposition X..  
 $b_w ; h$   
béton C.. / ..  $f_{ck}$   
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  $M_{Ed} = M_u$

$$d \leq 0,9h$$

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

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

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

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

$$\mu_u \leq 0,3717$$

Oui

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

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

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

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

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

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

NON

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 :  $s \leq 15\phi$ .

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

Sections minimale et maximale d'armatures longitudinales tendues : Clause 9.2.1.1

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

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

$b_t$  : la valeur moyenne de la largeur tendue, pour une section rectangulaire et une section en T :  $b_t = b_w$

DT9

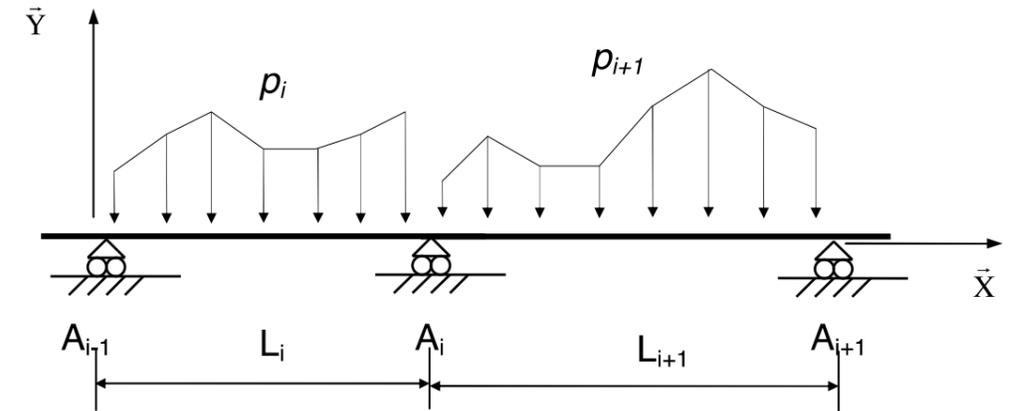
# ROTATIONS AUX APPUIS - FLÈCHES

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> $f_{(L/2)} = \frac{Fa}{48EI}(3L^2 - 4a^2)$
	$\omega_A = \frac{CL}{3EI}$ $\omega_B = -\frac{CL}{6EI}$	$f_{(L/2)} = \frac{CL^2}{16EI}$
	$\omega_B = -\frac{pL^3}{6EI}$	$f_{(L)} = \frac{pL^4}{8EI}$
	$\omega_B = -\frac{FL^2}{2EI}$	$f_{(L)} = \frac{FL^3}{3EI}$

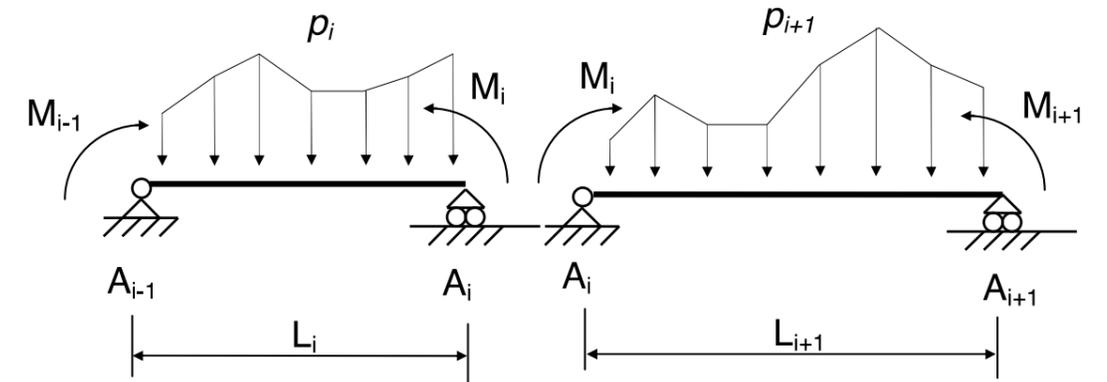
# THÉORÈME DES TROIS MOMENTS (Formules de Clapeyron)

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

(S)

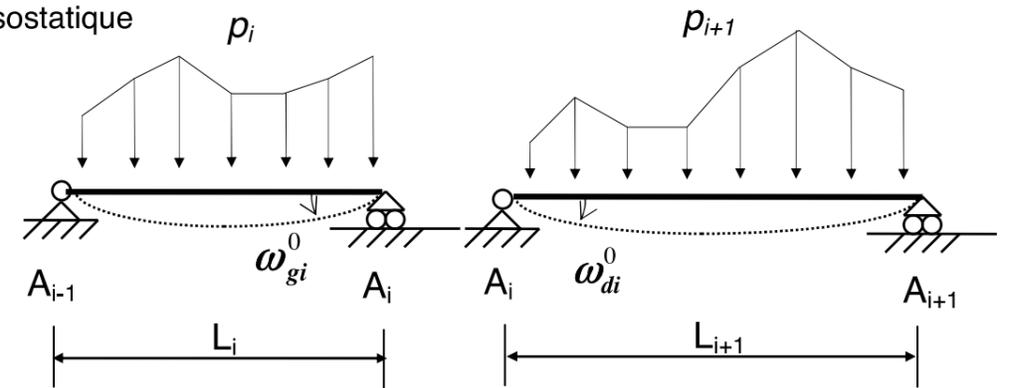


(S)



Système isostatique associé

(S<sup>0</sup>)



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

DT10

## VÉRIFICATION DU LIT INFÉRIEUR SUR APPUI

L'effort de traction à ancrer sur les appuis de rive et intermédiaires est noté  $F_{Ed}$ .  
Cet effort  $F_{Ed}$  conditionne la section droite du 1<sup>er</sup> lit d'armatures longitudinales et son ancrage.

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

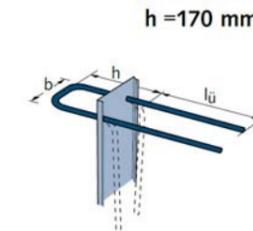
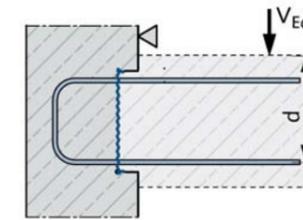
Valeurs de $F_{Ed}$	Poutres
<b>Appui d'extrémité</b> Pour simplifier nous prenons $\cot\theta_A = 1$	$F_{Ed} =  V_{Ed} $
<b>Appui intermédiaire</b> Si $F_{Ed} \leq 0$ , il faut ancrer les barres de $10\phi$ dans l'appui. $M_{Ed}$ est la valeur algébrique du moment sur l'appui intermédiaire.	$ V_{Ed}  + \frac{M_{Ed}}{0,9d}$

## SECTIONS DES 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

## BOITES D'ARMATURES EN ATTENTE

Hypothèse :  
Fiche technique "Repliage",  
figure 8, cas C  
 $\sigma_{cd} = 0$   
d [mm] : voir figure



sans armature d'effort tranchant

$\Delta$  = Limite de section bétonnée

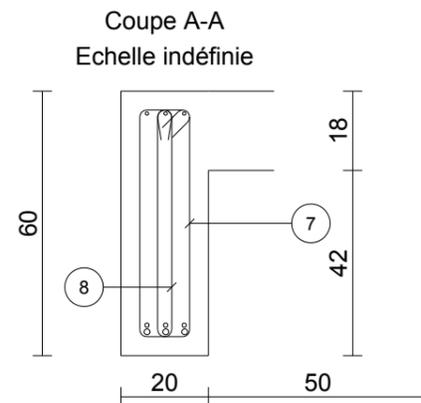
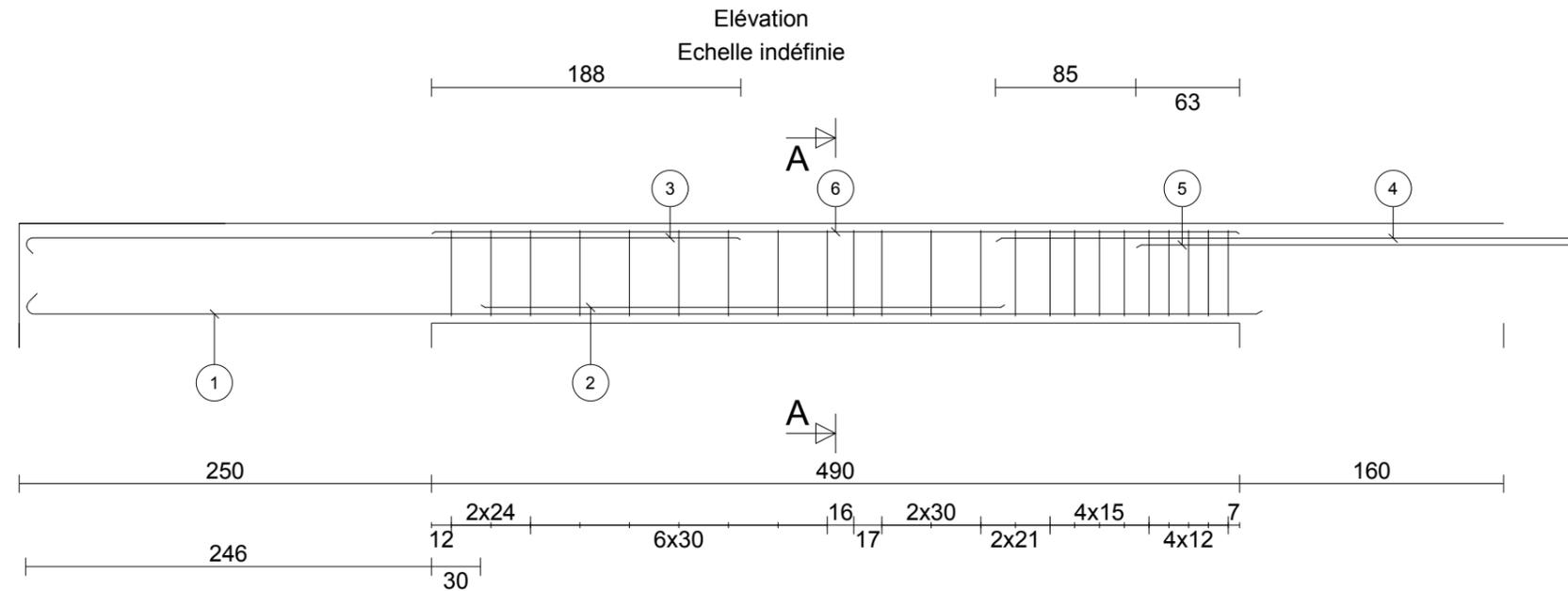
Reprise de l'effort de cisaillement $V_{Rd,ct}$ [kN/m] ( $\leq V_{Rd,max}$ ) pour HBT 120 <sup>①</sup> , 150, 190 et 220										
Barre- $\phi$ d <sub>s</sub> / - entraxe s [mm/ cm]	d = 100 mm	d = 120 mm	d = 140 mm	d = 160 mm	d = 180 mm	d = 200 mm	d = 220 mm	d = 240 mm	d = 260 mm	d = 280 mm
Qualité de béton C20/25										
8/25	29,5	33,3	36,9	40,4	43,7	46,9	48,8	50,6	52,4	54,1
8/20	31,8	35,9	39,8	43,5	47,1	50,5	52,5	54,5	56,4	58,3
8/15	35,0	39,5	43,8	47,9	51,8	55,6	57,8	60,0	62,1	64,2
10/25	34,2	38,6	42,8	46,7	50,6	54,2	56,4	58,6	60,6	62,6
10/20	36,8	41,6	46,1	50,3	54,5	58,4	60,8	63,1	65,3	67,5
10/15	40,5	45,7	50,7	55,4	59,9	64,3	66,9	69,5	71,9	74,2
12/25	35,8	40,4	44,8	48,9	52,9	56,8	59,1	61,3	63,5	65,6
12/20	38,5	43,5	48,2	52,7	57,0	61,2	63,7	66,1	68,4	70,6
12/15	42,4	47,9	53,1	58,0	62,8	67,3	70,1	72,7	75,3	77,8
Qualité de béton C25/30										
8/25	31,8	35,9	39,8	43,5	47,1	50,5	52,5	54,5	56,4	58,3
8/20	34,3	38,7	42,9	46,9	50,7	54,4	56,6	58,7	60,8	62,8
8/15	37,7	42,6	47,2	51,6	55,8	59,9	62,3	64,6	66,9	69,1
10/25	36,9	41,7	46,2	50,5	54,6	58,6	61,0	63,3	65,5	67,6
10/20	39,8	44,9	49,8	54,4	58,8	63,1	65,7	68,2	70,5	72,9
10/15	43,8	49,4	54,8	59,9	64,7	69,5	72,3	75,0	77,6	80,2
12/25	40,7	45,9	50,9	55,6	60,2	64,5	67,2	69,7	72,2	74,5
12/20	43,8	49,5	54,8	59,9	64,8	69,5	72,4	75,1	77,7	80,3
12/15	48,2	54,4	60,3	65,9	71,3	76,5	79,6	82,7	85,5	88,4
Qualité de béton C30/37										
8/25	33,8	38,2	42,3	46,2	50,0	53,6	55,8	57,9	60,0	61,9
8/20	36,4	41,1	45,6	49,8	53,9	57,8	60,2	62,4	64,6	66,7
8/15	40,1	45,2	50,1	54,8	59,3	63,6	66,2	68,7	71,1	73,4
10/25	39,2	44,3	49,1	53,6	58,0	62,3	64,8	67,2	69,6	71,9
10/20	42,2	47,7	52,9	57,8	62,5	67,1	69,8	72,4	75,0	77,4
10/15	46,5	52,5	58,2	63,6	68,8	73,8	76,8	79,7	82,5	85,2
12/25	44,3	50,0	55,4	60,6	65,5	70,3	73,2	75,9	78,6	81,2
12/20	47,7	53,9	59,7	65,3	70,6	75,7	78,8	81,8	84,7	87,4
12/15	52,5	59,3	65,7	71,8	77,7	83,4	86,8	90,0	93,2	96,2

Remarque :  
 • Pour un entraxe des barres de 10 cm, voir agrément technique.  
 ① Dans le cas d'une boîte HBT 120 la quantité d'armature est trop importante, la longueur de recouvrement standard ne peut pas être respectée, en partie pour des raisons géométriques (pages 8 et 9). Il faut donc adapter la capacité de charge en conséquence.

DT11

# PLAN D'ARMATURES DE LA LONGRINE LG8

LG8		Béton=0.84 m3 Acier=81.7 kg d=97.6 kg/m3 Fi=9.7 mm Cof=6.0 m²	Eb=4.0 cm Eh=4.0 cm El=4.0 cm	1 2
Epreuve E41 2018				
Section : 20 x 60ht				
fck= 25 MPa fyk= 500 MPa Classe de ductilité B				



Barre	Lg	Forme
1	3HA14	762 135° 9 750
2	3HA10	318
3	3HA8	443 8 135° 434
4	3HA14	451
5	3HA12	281
6	3HA8	490
7	23HA6	138 52 12
8	23HA6	122 52

Barre	Lg/Poids
HA6	59.8/13.3
HA8	28.0/11.1
HA10	9.5/5.9
HA12	8.4/7.5
HA14	36.4/44.0

DT12

# DOCUMENTATION TECHNIQUE GOUJONS TITAN

## Extraits du cahier des prescriptions techniques particulières

- L'écartement maximal entre deux goujons successifs destinés à s'opposer au même mouvement relatif est fixé à 8 fois l'épaisseur des éléments en béton reliés par des goujons. Pour l'application de cette prescription, l'épaisseur se mesure selon le sens de l'effort tranchant transmis par le goujon.
- L'ancrage minimal nécessaire du goujon pour que son bon fonctionnement puisse être assuré est de 6,5 fois son diamètre  $\phi$ . Cet ancrage minimal doit être vérifié dans le cas le plus défavorable pour l'ouverture du joint.
- L'utilisation du procédé TITAN en dalle est subordonnée au respect des limitations résultant du tableau ci-après concernant les diamètres  $\phi$  des goujons en fonction de l'épaisseur H des dalles destinées à les recevoir :

Épaisseur H en cm	Liste des diamètres $\phi$ compatibles en mm
H < 15	Aucun
15 ≤ H < 18	20 et 22
18 ≤ H < 20	20, 22 et 25
20 ≤ H < 25	20, 22, 25 et 30
H ≥ 25	20, 22, 25, 30 et 40

- Ces efforts tranchants VRu, VRs et VRa doivent être frappés du coefficient réducteur suivant, défini en fonction du nombre de goujons simultanément concernés par le mouvement relatif des deux éléments de structure qu'ils relient :
  - 0,75 si le goujon est unique,
  - 0,90 dans le cas de deux goujons,
  - 1,00 à partir de trois goujons.
- Le dimensionnement des goujons doit être effectué par la vérification de chacune des trois inégalités suivantes correspondant aux combinaisons d'actions fondamentales, de service et accidentelle.

$$\begin{aligned} V_u &\leq VR_u \\ V_s &\leq VR_s \\ V_a &\leq VR_a \end{aligned}$$

Ces inégalités comparent les efforts tranchants agissants  $V_u$ ,  $V_s$  et  $V_a$  aux efforts tranchants résistants VRu, VRs et VRa. La première est à vérifier dans tous les cas. La vérification de la seconde n'est exigée que dans les cas pour lesquels la fissuration est jugée préjudiciable. La troisième ne s'impose qu'aux cas de situations accidentelles.

Les efforts agissants sont définis par les équations ci-après. Ils sont établis à partir de l'effort tranchant dû aux actions permanentes  $V_g$ , celui dû à l'ensemble des actions variables défavorables  $V_q$ , celui dû à la valeur fréquente de l'action variable  $\psi_1 V_q$  et enfin celui dû à l'action accidentelle  $V_{Fa}$

$$\begin{aligned} V_u &= 1,35V_g + 1,5V_q \\ V_s &= V_g + V_q \\ V_a &= V_g + \psi_1 V_q + V_{Fa} \end{aligned}$$

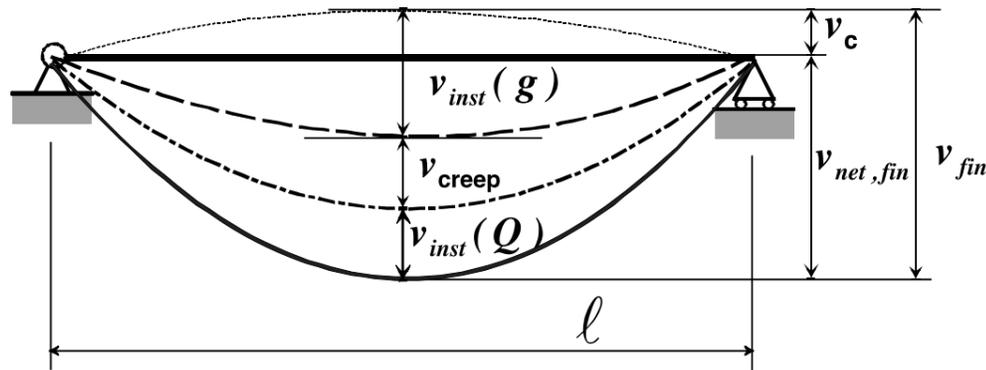
H = 17 cm		$f_{ck} = 25 \text{ MPa}$						$f_{ck} = 35 \text{ MPa}$					
a		5	15	25	35	45	55	5	15	25	35	45	55
I 20 - 0	VRu	32,39	32,39	32,39	27,48	22,16	18,57	38,22	38,22	36,16	27,48	22,16	18,57
	VRs	16,83	16,83	16,83	13,92	11,22	9,40	18,65	18,65	18,31	13,92	11,22	9,40
	VRa	46,28	46,28	46,28	36,03	29,05	24,34	55,45	55,45	47,40	36,03	29,05	24,34
I 22 - 0	VRu	32,39	32,39	32,39	32,39	29,12	24,45	38,22	38,22	38,22	36,00	29,12	24,45
	VRs	16,83	16,83	16,83	16,83	14,75	12,38	18,65	18,65	18,65	18,23	14,75	12,38
	VRa	46,28	46,28	46,28	46,28	38,18	32,05	55,45	55,45	55,45	47,19	38,18	32,05
H = 18 cm		$f_{ck} = 25 \text{ MPa}$						$f_{ck} = 35 \text{ MPa}$					
a		5	15	25	35	45	55	5	15	25	35	45	55
I 20 - 0	VRu	36,31	36,31	36,16	27,48	22,16	18,57	42,85	42,85	36,16	27,48	22,16	18,57
	VRs	18,87	18,87	18,31	13,92	11,22	9,40	20,90	20,90	18,31	13,92	11,22	9,40
	VRa	51,89	51,89	47,40	36,03	29,05	24,34	62,17	62,17	47,40	36,03	29,05	24,34
I 22 - 0	VRu	36,31	36,31	36,31	36,00	29,12	24,45	42,85	42,85	42,85	36,00	29,12	24,45
	VRs	18,87	18,87	18,87	18,23	14,75	12,38	20,90	20,90	20,90	18,23	14,75	12,38
	VRa	51,89	51,89	51,89	47,19	38,18	32,05	62,17	62,17	61,79	47,19	38,18	32,05
I 25 - 0	VRu	36,31	36,31	36,31	36,31	36,31	35,31	42,85	42,85	42,85	42,85	41,93	35,31
	VRs	18,87	18,87	18,87	18,87	18,87	17,88	20,90	20,90	20,90	20,90	20,90	17,88
	VRa	51,89	51,89	51,89	51,89	51,89	46,29	62,17	62,17	62,17	62,17	54,97	46,29
H = 19 cm		$f_{ck} = 25 \text{ MPa}$						$f_{ck} = 35 \text{ MPa}$					
a		5	15	25	35	45	55	5	15	25	35	45	55
I 20 - 0	VRu	40,46	40,46	36,16	27,48	22,16	18,57	47,74	47,74	36,16	27,48	22,16	18,57
	VRs	21,03	21,03	18,31	13,92	11,22	9,40	23,29	23,29	18,31	13,92	11,22	9,40
	VRa	57,81	57,81	47,40	36,03	29,05	24,34	69,27	64,33	47,40	36,03	29,05	24,34
I 22 - 0	VRu	40,46	40,46	40,46	36,00	29,12	24,45	47,74	47,74	47,13	36,00	29,12	24,45
	VRs	21,03	21,03	21,03	18,23	14,75	12,38	23,29	23,29	23,29	18,23	14,75	12,38
	VRa	57,81	57,81	57,81	47,19	38,18	32,05	69,27	69,27	61,79	47,19	38,18	32,05
I 25 - 0	VRu	40,46	40,46	40,46	40,46	40,46	35,31	47,74	47,74	47,74	47,74	41,93	35,31
	VRs	21,03	21,03	21,03	21,03	21,03	17,88	23,29	23,29	23,29	23,29	21,24	17,88
	VRa	57,81	57,81	57,81	57,81	54,97	46,29	69,27	69,27	69,27	67,66	54,97	46,29
H = 20 cm		$f_{ck} = 25 \text{ MPa}$						$f_{ck} = 35 \text{ MPa}$					
a		5	15	25	35	45	55	5	15	25	35	45	55
I 20 - 0	VRu	44,83	44,83	36,16	27,48	22,16	18,57	52,90	49,07	36,16	27,48	22,16	18,57
	VRs	23,30	23,30	18,31	13,92	11,22	9,40	25,81	24,85	18,31	13,92	11,22	9,40
	VRa	64,06	64,06	47,40	36,03	29,05	24,34	76,75	64,33	47,40	36,03	29,05	24,34
I 22 - 0	VRu	44,83	44,83	44,83	36,00	29,12	24,45	52,90	52,90	47,13	36,00	29,12	24,45
	VRs	23,30	23,30	23,30	18,23	14,75	12,38	25,81	25,81	23,87	18,23	14,75	12,38
	VRa	64,06	64,06	61,79	47,19	38,18	32,05	76,75	76,75	61,79	47,19	38,18	32,05
I 25 - 0	VRu	44,83	44,83	44,83	44,83	41,93	35,31	52,90	52,90	52,90	51,61	41,93	35,31
	VRs	23,30	23,30	23,30	23,30	21,24	17,88	25,81	25,81	25,81	25,81	21,24	17,88
	VRa	64,06	64,06	64,06	64,06	54,97	46,29	76,75	76,75	76,75	67,66	54,97	46,29
I 30 - 0	VRu	44,83	44,83	44,83	44,83	44,83	38,11	52,90	52,90	52,90	52,90	45,04	38,11
	VRs	23,30	23,30	23,30	23,30	22,81	19,30	25,81	25,81	25,81	25,81	22,81	19,30
	VRa	64,06	64,06	64,06	64,06	59,05	49,96	76,75	76,75	76,75	72,17	59,05	49,96

DT13

# CALCUL DE LA FLÈCHE À L'ELS

## Notations et définitions

- La contreflèche, si elle existe, est notée :  $v_c$ .
  - La flèche instantanée :  $v_{inst}$ .
  - La flèche différée (fluage),  $v_{creep}$  uniquement sous charges permanentes ou quasi permanentes.
  - La flèche finale  $v_{fin} = v_{inst} + v_{creep}$ .
  - La flèche résultante finale  $v_{net,fin} = v_{fin} - v_c = v_{inst} + v_{creep} - v_c$ .
- Dans le cas d'éléments sans contreflèche :  $v_{net,fin} = v_{fin} = v_{inst} + v_{creep}$



### ❖ flèche instantanée

flèche instantanée due aux charges permanentes :  $v_{inst}(g)$

flèche instantanée due aux charges variables :  $v_{inst}(Q)$ , part de la flèche instantanée due uniquement aux actions variables.

$Q$  représente soit les charges variables d'exploitation  $q$ , soit les charges variables de neige  $s$ , soit les charges variables de vent  $w$ , soit une combinaison de plusieurs de ces actions variables.

Il convient de calculer la déformation, à partir d'une combinaison d'actions, comme la combinaison des contributions des actions individuelles. La possibilité d'avoir deux actions variables simultanées peut être prise en compte au travers des facteurs  $\psi_0$ .

$v_{inst}(q)$  flèche instantanée due aux charges variables d'exploitation

$v_{inst}(s)$  flèche instantanée due aux charges variables de neige

$v_{inst}(w)$  flèche instantanée due aux charges variables de vent

❖ **La déformation du bois sous l'effet des charges permanentes s'accroît avec le temps, c'est le phénomène de fluage.** On calculera la flèche due au fluage notée  $v_{creep}$  uniquement pour les charges permanentes ou quasi permanentes de la manière suivante :

Actions permanentes (g)  $v_{creep}(g) = k_{def} \times v_{inst}(g)$  ;

Actions quasi permanentes partie de  $q = \psi_2 \times q$ , ou partie de  $s = \psi_2 \times s$  (si altitude > 1000 m)

$$v_{creep}(Q) = k_{def} \psi_2 \times v_{inst}(Q)$$

$k_{def}$  coefficient prenant en compte l'augmentation de la déformation en fonction du temps sous les effets du fluage pour les 3 classes de service (fonction de l'humidité).

### ❖ flèches finales

flèche finale due aux charges permanentes prenant en compte le fluage et l'humidité

$$v_{fin}(g) = v_{inst}(g) + v_{creep}(g) \quad \text{soit} \quad v_{fin}(g) = v_{inst}(g) \times (1 + k_{def})$$

flèche finale due aux charges variables prenant en compte le fluage et l'humidité

$$v_{fin}(Q) = v_{inst}(Q) + v_{creep}(Q) \quad \text{soit} \quad v_{fin}(Q) = v_{inst}(Q) \times (1 + \psi_2 k_{def})$$

flèche finale due aux charges variables de neige prenant en compte le fluage et l'humidité

$$\text{- si l'altitude de la construction est inférieure à 1000 m} \quad v_{fin}(s) = v_{inst}(s)$$

$$\text{- si l'altitude de la construction est supérieure à 1000 m} \quad v_{fin}(s) = v_{inst}(s) \times (1 + 0,2k_{def})$$

flèche finale due aux charges variables d'exploitation prenant en compte le fluage et l'humidité

$$v_{fin}(q) = v_{inst}(q) \times (1 + \psi_2 k_{def})$$

les valeurs de  $\psi_2$  sont données dans le tableau A1.1(F) du paragraphe 8.2.2

flèche finale due aux charges variables de vent

$$v_{fin}(w) = v_{inst}(w)$$

**On vérifiera que les flèches  $v \leq v_{lim}$  (flèches verticales ou horizontales limites)**

## Valeurs limites recommandées de flèches selon l'Eurocode 5

Valeurs limites pour les flèches verticales ou horizontales	Bâtiments courants			
	Type d'ouvrage	$v_{inst}(Q)$	$v_{net,fin}$	$v_{fin}$
Chevrons	-	$\ell / 150$	$\ell / 125$	$\ell / 125$
Éléments structuraux		$\ell / 300$	$\ell / 200$	$\ell / 125$

- Les trois valeurs doivent être vérifiées.

$\ell$  portée de la poutre ou la hauteur de l'élément étudié pour la flèche horizontale.

- Pour les poutres en porte à faux, la longueur fictive  $\ell$  à considérer est égale à deux fois la longueur réelle du porte à faux ; la valeur limite minimum est de 5 mm.

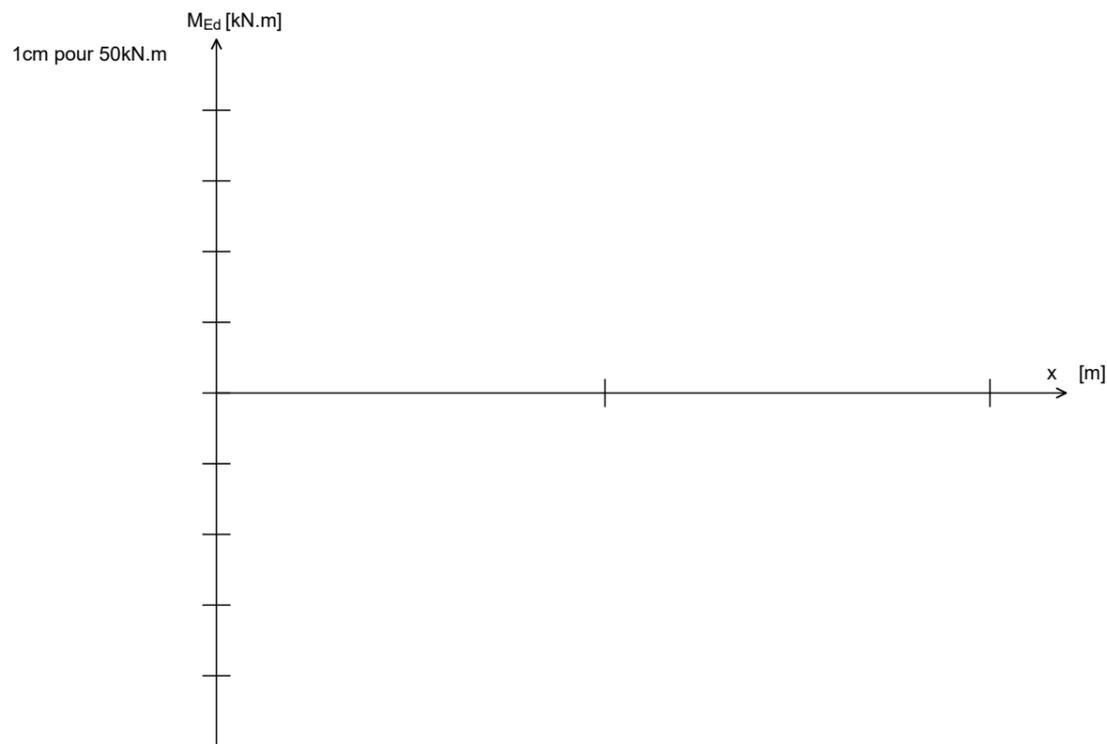
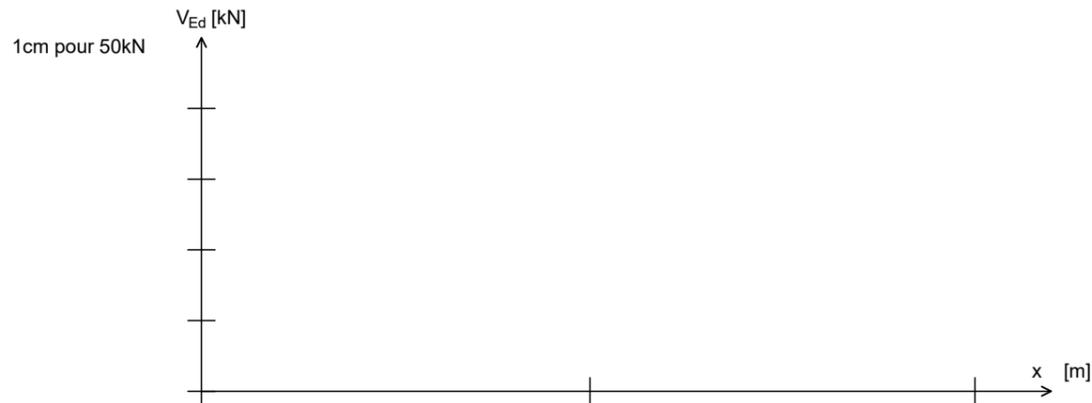
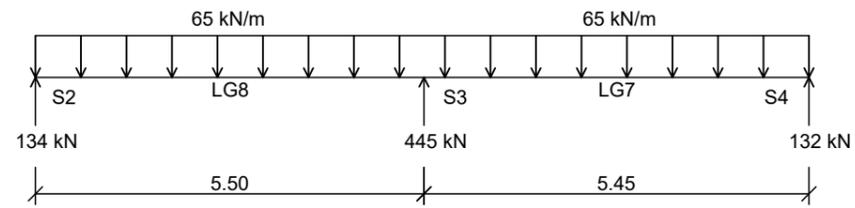
- Panneaux de planchers ou supports de toiture :  $v_{net,fin} \leq \ell / 250$ .

- Dans le cas d'éléments sans contreflèche, la vérification relative à  $v_{net,fin}$  est plus défavorable que celle relative à  $v_{fin}$ .**

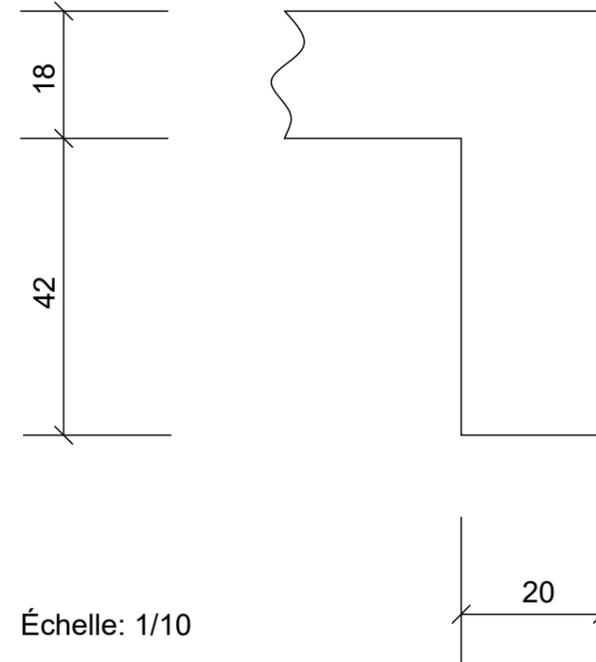
- La flèche horizontale est limitée à  $\ell / 200$  pour les éléments individuels soumis au vent ; pour les autres applications, les valeurs limites sont celles données dans le tableau 7.2 de l'EC5.**

DT14

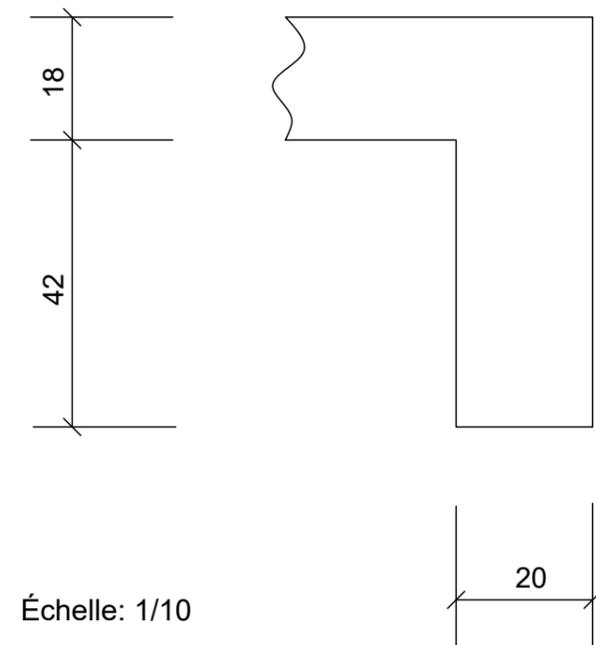
**Q10.** Sur le **DR (à rendre avec la copie)**, procéder au tracé des diagrammes de l'effort tranchant  $V_{Ed}$  et du moment fléchissant  $M_{Ed}$ . Préciser toute valeur particulière.



**Q12.** Procéder au choix des armatures précédemment calculées et les représenter sur le **DR** à l'aide d'une section transversale.



**Q18.** Représenter sur le **DR** cette liaison dalle portée / longrine à l'aide d'une section transversale précisant toutes les armatures présentes.



**DR**