

BREVET DE TECHNICIEN SUPÉRIEUR BÂTIMENT

Épreuve E4 – Étude technique

Sous - épreuve E41 Dimensionnement et vérification d'ouvrages

SESSION 2021

Durée : 4 heures

Coefficient : 2

Matériel autorisé :

L'usage de calculatrice **avec le mode examen activé** est autorisé.
L'usage de calculatrice **sans mémoire**, « type collège » est autorisé.

« Le document réponse (page 16/16), même vierge, doit être rendu avec la copie. »

Dès que le sujet vous est remis, assurez-vous qu'il est complet. Ce sujet comporte 16 pages numérotées de 1/16 à 16/16

Projet « BIBLIOTHÈQUE - MÉDIATHÈQUE »

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 = Localisation des travaux – Élévations – Coupe type
Page 8	:	DT 2 = Plan rez-de-chaussée (projet)
Page 9	:	DT 3 = Plan haut rez-de-chaussée (EXE)
Page 10	:	DT 4 = Ossature plancher bois – Coupe – Extrait CCTP
Page 11	:	DT 5 = Coupe AA – Coupe BB – Coupe CC
Page 12	:	DT 6 = Diagramme effort tranchant et moment fléchissant Extraits formulaire 1 & 2
Page 13	:	DT 7 = Extraits formulaire 3,4 & 5
Page 14	:	DT 8 = Extraits formulaire 6 & 7
Page 15	:	DT 9 = Extraits formulaire 8 & 9
Page 16	:	DR 1=Document réponse

Barème

Étude A	Étude plancher bois.	
Étude B	Étude poutre continue en béton armé.	
Étude C	Étude poteau en béton armé.	
Étude D	Étude UPN métallique.	

Présentation de l'ouvrage

Voir dossier technique

DT1 à DT5

L'étude porte sur la construction d'une bibliothèque – médiathèque pour le compte d'une petite commune de Vendée. Le projet s'appuie sur un bâtiment existant à restructurer auquel est ajouté un bâtiment en maçonnerie, structure poteaux-poutres en béton armé et ossature bois.

Les travaux consistent en :

1. Pour le bâtiment existant :
 - ✓ Réalisation d'un plancher bas RDC de type dallage béton armé d'épaisseur 160mm.
 - ✓ Reprise et création d'ouvertures dans les murs en pierre.
 - ✓ Création d'un plancher haut RDC de type plancher bois.
 - ✓ Reprise de la charpente et couverture.
2. Pour le bâtiment à créer :
 - ✓ Fondations / soubassement / plancher bas RDC :
 - Semelles filantes béton armé (600x250)
 - Soubassements de hauteur variable en blocs à bancher
 - Massifs réalisés à la tarière, de diamètre 800 mm + longrines béton armé (hauteur 1200 et 660 mm)
 - Semelles isolées béton armé (1000 x 250 mm)
 - Dalle portée en béton armé épaisseur 180 mm
 - ✓ Élévations RDC :
 - Maçonnerie en blocs de béton manufacturés (200x200x500)
 - Système poteaux et poutres en béton armé
 - Ossature bois
 - ✓ Charpente /couverture :
 - Charpente bois massif ou bois lamellé collé suivant localisation
 - Couverture en zinc de pente 10%



CARACTÉRISTIQUES DES MATÉRIAUX UTILISÉS SUR L'OUVRAGE :

Bois de charpente en lamellé collé homogène : L.C. GL24h

- ✓ Poids volumique : $\gamma_{GL24h} = 4,4 \text{ kN/m}^3$
- ✓ Résistance caractéristique vis-à-vis de la flexion : $f_{m,k} = 24 \text{ MPa}$
- ✓ Résistance caractéristique vis-à-vis du cisaillement : $f_{v,k} = 2,7 \text{ MPa}$
- ✓ Valeur caractéristique moyenne du module d'élasticité axiale : $E_{0,mean} = 11600 \text{ MPa}$
- ✓ Coefficient γ_M : $\gamma_M = 1,25$
- ✓ Coefficient k_{mod} (charge exploitation moyen terme) : $k_{mod} = 0,8$
- ✓ Coefficient k_h (poutre de 315 mm de hauteur < 600) : $k_h = 1,067$

Bois de charpente en bois massif C24 :

- ✓ Poids volumique : $\gamma_{C24} = 5,0 \text{ kN/m}^3$
- ✓ Résistance caractéristique vis-à-vis de la flexion : $f_{m,k} = 24 \text{ MPa}$
- ✓ Résistance caractéristique vis-à-vis du cisaillement : $f_{v,k} = 2,5 \text{ MPa}$
- ✓ Valeur caractéristique moyenne du module d'élasticité axiale : $E_{0,mean} = 11000 \text{ MPa}$
- ✓ Coefficient γ_M : $\gamma_M = 1,3$
- ✓ Coefficient k_{mod} (action permanente) : $k_{mod} = 0,6$
- ✓ Coefficient k_h (poutre de 175mm de hauteur) : $k_h = 1,0$

Béton armé

- ✓ Béton C25/30 : $f_{ck} = 25 \text{ MPa}$
: $f_{ctm} = 2,6 \text{ MPa}$
- ✓ Armature B500B : $f_{yk} = 500 \text{ MPa}$
- ✓ Poids volumique du béton armé : $\gamma_{B.A.} = 25 \text{ kN/m}^3$
- ✓ B.A. situés à l'intérieur du bâtiment : classe d'exposition : XC1
- ✓ Enrobage : $C_{nom} = 35 \text{ mm}$
- ✓ Classe structurale du bâtiment : S4

Acier pour structure façade avant bâtiment à créer : S275

- ✓ Limite élastique : $f_y = 275 \text{ MPa}$
- ✓ Module d'élasticité longitudinale (module d'Young) : $E = 2,1 \cdot 10^5 \text{ MPa}$
- ✓ Coefficient partiel de sécurité sur les résistances, ELU : $\gamma_{M0} = 1$
- ✓ Contreflèche dans l'élément structural non chargé : $v_c = 0$
- ✓ Section de classe 2
- ✓ Moment quadratique UPN 200 : $I_y = 1910 \text{ cm}^4$

CHARGES SURFACIQUES :

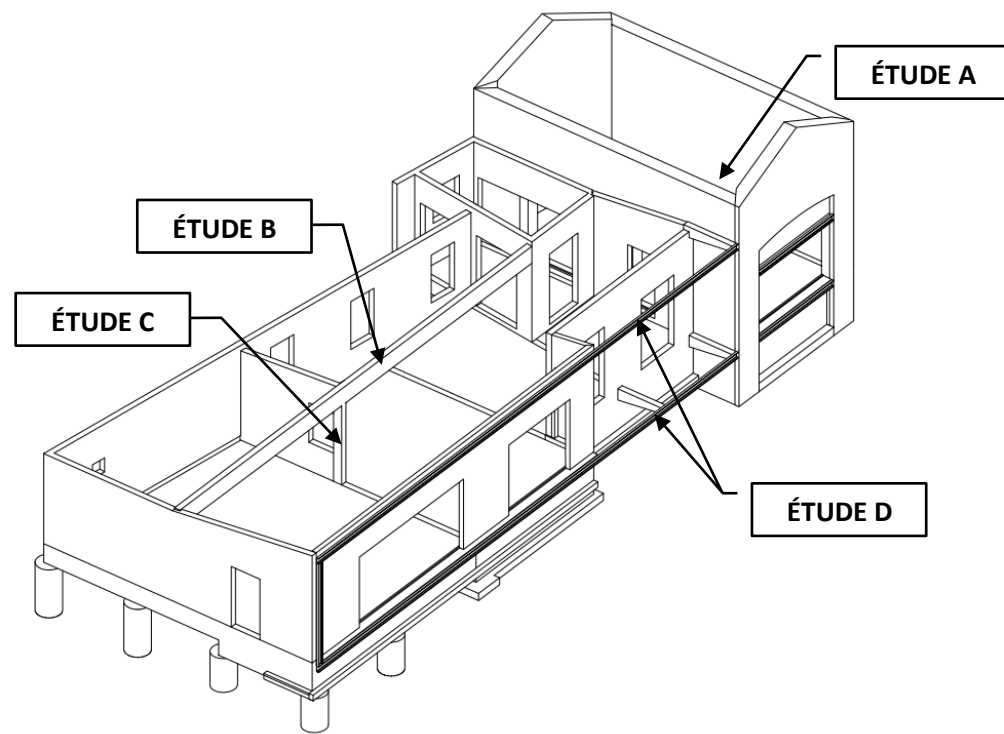
Charges permanentes

- ✓ Poids propre panneaux OSB 2 : $0,13 \text{ kN/m}^2$
- ✓ Isolation sous plancher bois : $0,05 \text{ kN/m}^2$
- ✓ Faux plafond suspendu : $0,20 \text{ kN/m}^2$

Charges d'exploitation

- ✓ Charge sur plancher bois bâtiment existant : $1,50 \text{ kN/m}^2$

TRAVAIL DEMANDÉ



ÉTUDE A – Étude du plancher bois [bâtiment existant].

- DT 4 et DT 6 -

On s'intéresse dans cette partie à la structure bois constituant le plancher haut rez-de-chaussée créé dans la partie existante et on souhaite analyser et contrôler les solutions prévues par le bureau d'étude pour les poutres principales et les solives.

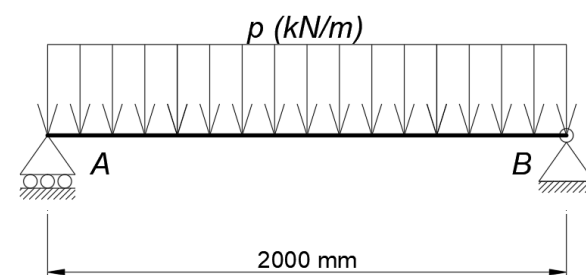
Le bureau d'étude a, en effet, fait le choix d'une structure bois composée de :

- ✓ Poutres en lamellé-collé de 90x315 mm en appui sur les murs en pierre par l'intermédiaire de sommier BA.
- ✓ Solives en bois massif de 75x175 mm prenant appui sur ces poutres.

Cette structure supporte un plancher en OSB 2, une isolation et un faux plafond en sous-face.

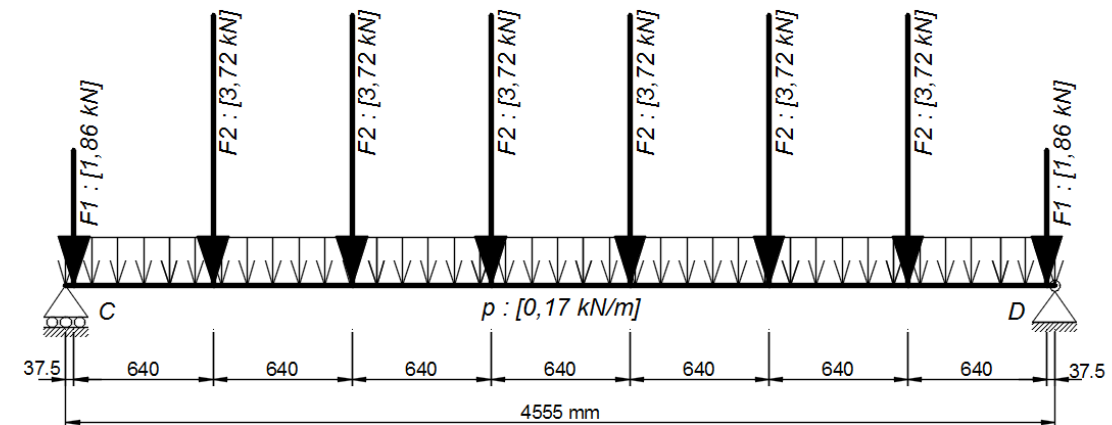
Q1. Commenter sans calcul, le choix de lamellé-collé et de bois massif pour ces deux types de poutres.

On étudie dans un premier temps une solive courante 75x175 mm et on se propose de définir les efforts qu'elle transmet aux poutres principales en lamellé-collé. La modélisation de la géométrie et des liaisons à considérer est donnée ci-contre :



- Q2.** Déterminer par le calcul aux ELU la charge linéique « p » reprise par une solive courante.
- Q3.** En déduire les caractéristiques (direction et intensité) des actions de liaisons en A et B.

On étudie maintenant une des poutres en lamellé-collé 90x315 mm et on se propose de vérifier les dimensions prévues par rapport aux critères de résistance. La modélisation de la géométrie, des liaisons et du chargement aux ELU à considérer, est donnée ci-dessous :

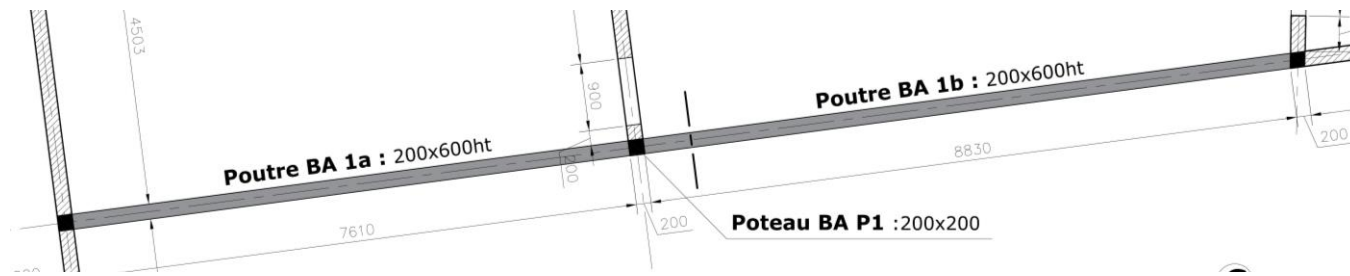


- Q4.** Concernant les appuis, justifier, d'un point de vue mécanique, la solution technologique des sommiers en béton armé préconisée par le bureau d'étude. Faire à main levée, un croquis légendé représentant cette solution et justifier la modélisation proposée.
- Q5.** Concernant le chargement, que représentent les charges p, F1 et F2 ? Justifier leur intensité.
- Q6.** Considérant maintenant les diagrammes de variations aux ELU de V(x) effort tranchant et M(x) moment fléchissant donnés dans le DT6,
- donner, pour ce type de sollicitation, l'expression littérale permettant de calculer la contrainte normale maximum $\sigma_{m,d}$
 - calculer la contrainte maximum de flexion $\sigma_{m,d}$ et la contrainte maximum de cisaillement τ_d
- Q7.** Vérifier les critères de résistance de cette poutre par rapport aux contraintes normales et contraintes de cisaillement.
- Q8.** Commenter les résultats par rapport à la solution préconisée par le bureau d'étude pour ces poutres en lamellé-collé. Ces seuls résultats suffisent-ils ?

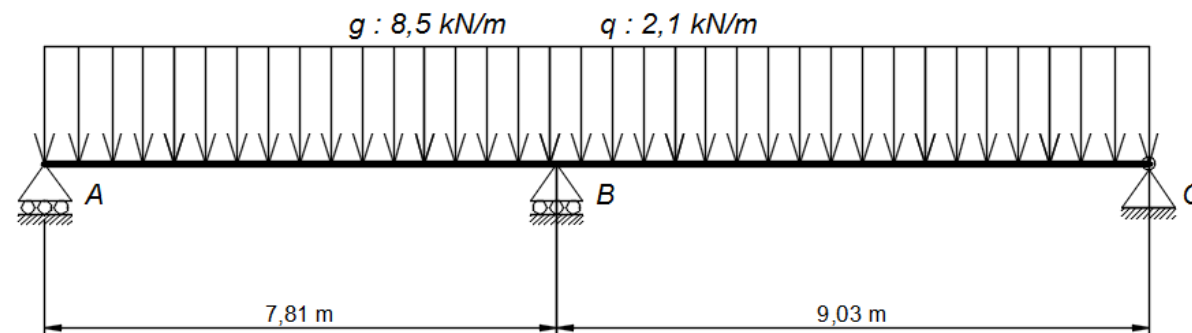
ÉTUDE B – Étude de la poutre continue en béton armé [bâtiment à créer].

- DT 3, DT 7 et DT 8 -

On s'intéresse dans cette partie à la poutre continue [1a-1b] en béton armé située dans la partie à créer et on souhaite contrôler la modélisation puis vérifier et dessiner les armatures nécessaires.

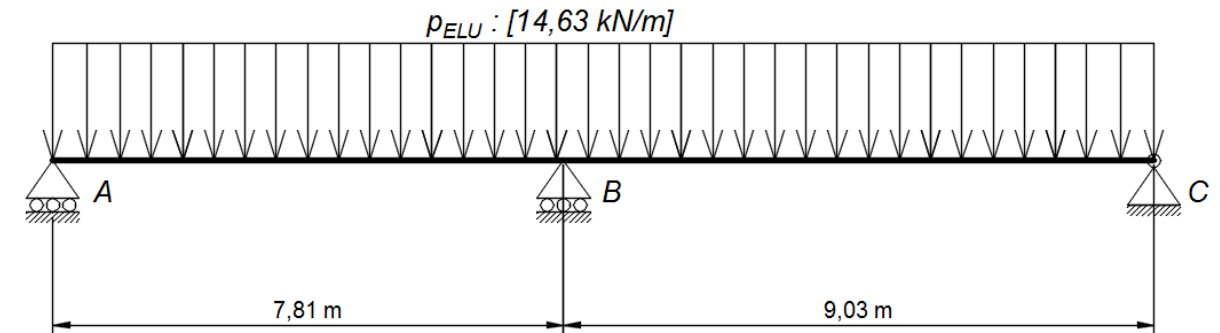


Compte tenu des poutres en bois massif 50x150 chevillées sur cette poutre béton et reprenant la charpente, le principe de modélisation adopté par le bureau d'étude est le suivant :



Q9. Concernant le calcul des sollicitations, justifier les longueurs des portées [AB] et [BC] et donner, en précisant les zones concernées, les cas de charges à étudier aux ELU pour avoir les sollicitations maxima.

Q10. On considère dans ce qui suit le seul cas de charge figurant sur la modélisation suivante :



- Vérifier que la valeur du moment fléchissant sur l'appui B est égale à 132 kN.m
- À partir des valeurs données dans le DR1 (page 16), tracer sur ce même document le diagramme du moment fléchissant $M(x)$. Préciser les valeurs significatives.
- En déduire le tracé des armatures longitudinales de principe à mettre en œuvre.

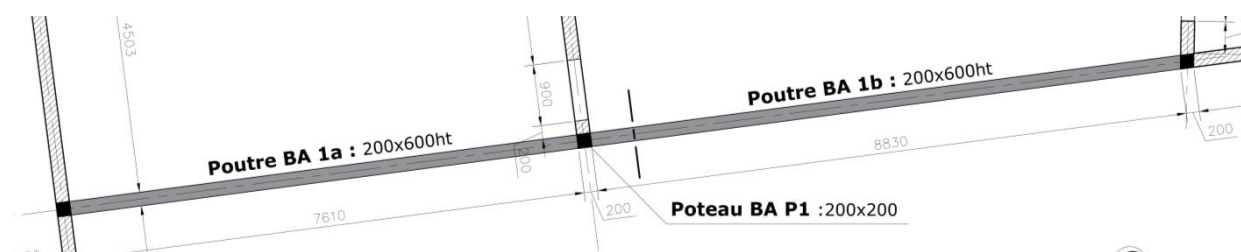
Q11. En considérant l'emploi exclusif de barres de 6,00 m de longueur :

- Proposer une solution pour résoudre le problème posé par la longueur des portées.
- Calculer la section des aciers longitudinaux à mettre en œuvre au niveau de l'appui B.
- Tracer sur la copie le schéma d'une section de la poutre sur l'appui B avec les armatures mises en œuvre.

Étude C – Étude du poteau béton armé supportant la poutre continue.

- DT 5, DT7 et DT8 -

On s'intéresse dans cette partie au poteau BA 200x200 situé en bout de mur pour supporter la poutre continue étudiée dans l'étude B.



Le bureau d'étude a déterminé une charge maximale en tête de poteau égale à 155 kN et demande de vérifier la section de béton prévue, puis de calculer les aciers nécessaires au bon fonctionnement de cet élément de structure.

On considèrera une longueur de flambement $l_f = 4,34$ m.

- Q12.** Expliquer le fonctionnement mécanique d'un poteau béton armé.
- Q13.** Déterminer l'élanement λ du poteau étudié. Comparer la valeur aux limites proposées par les méthodes de calcul et justifier les dimensions prévues par le bureau d'étude.
- Q14.** Calculer la charge totale à considérer et déterminer ensuite les sections d'aciers longitudinaux et transversaux nécessaires.
Calculer les armatures à mettre en œuvre en zone courante exclusivement.
Tracer sur la copie une section transversale courante dans laquelle sont représentés les aciers calculés.
- Q15.** Conclure sur les choix dimensionnels adoptés par le bureau d'étude pour ce poteau.

Étude D – Étude du profilé métallique UPN 200 élévation Est zone balcon.

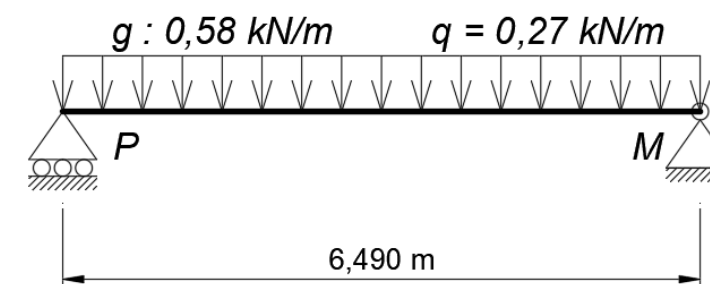
- DT 5, et DT9 -

On s'intéresse dans cette partie aux profilés UPN 200 mis en œuvre sur la façade principale du bâtiment à créer et considérés comme « élément de toiture en général ». Le bureau d'étude demande d'analyser la solution prévue par la maîtrise d'œuvre et de valider les solutions retenues.

- Q16.** Commenter la volonté de la maîtrise d'œuvre de mettre en place des profilés UPN 200 sur la façade principale en partie basse et en partie haute sur toute la longueur de celle-ci. Préciser les objectifs recherchés par l'architecte.

On s'intéresse maintenant plus particulièrement à la zone balcon en partie supérieure et vous êtes chargé de vérifier le profilé.

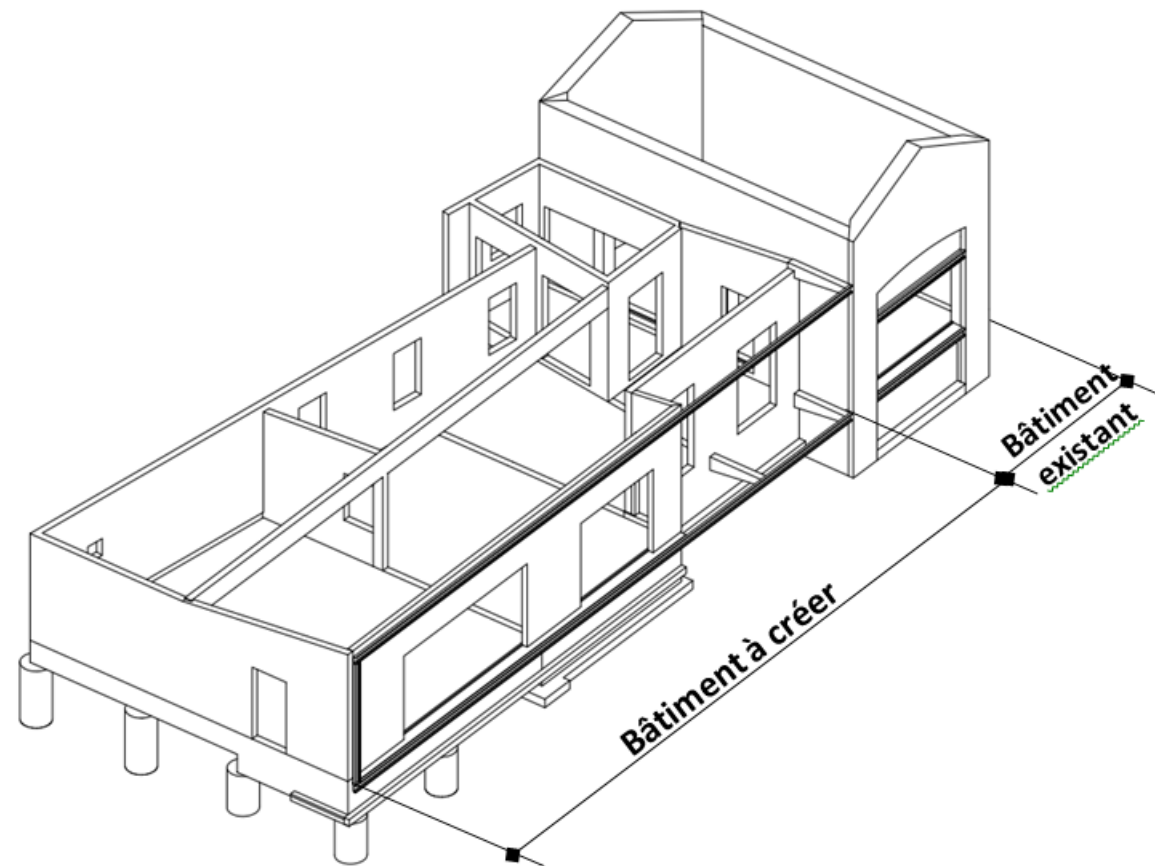
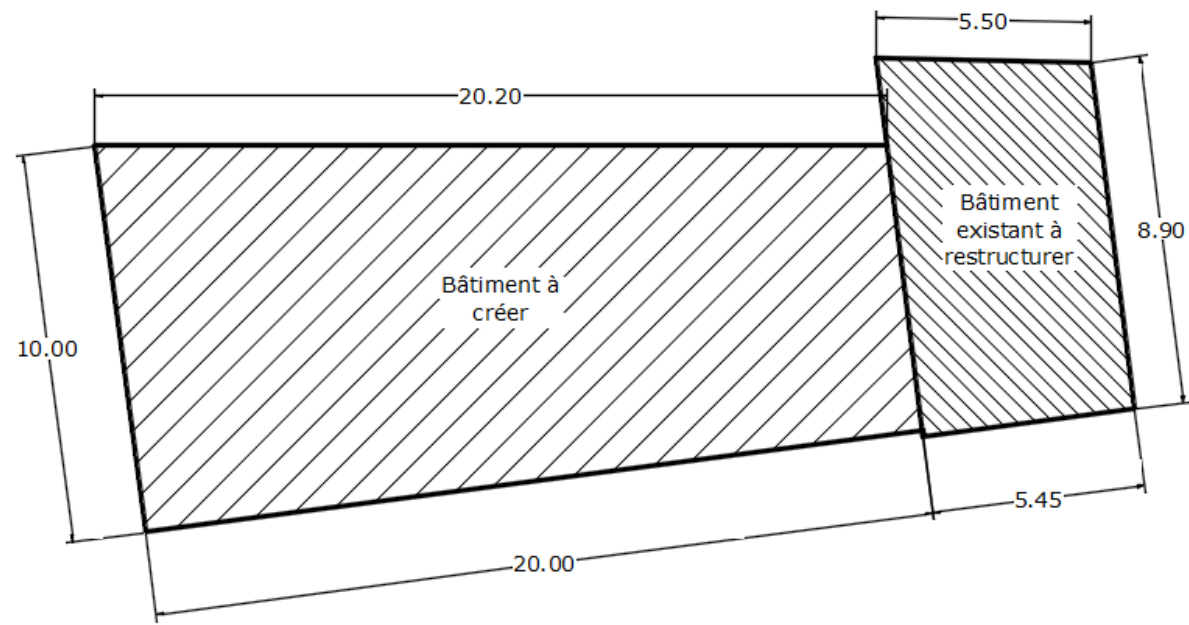
La modélisation à prendre en compte est donnée ci-dessous et les résistances de calcul sont les suivantes :



Moment résistant	Effort tranchant résistant
$M_{c,Rd} = 62,7 \text{ kN.m}$	$V_{c,Rd} = 282,5 \text{ kN}$

- Q17.** Calculer, aux ELU, le moment fléchissant et l'effort tranchant agissant et vérifier que le profilé respecte bien les conditions de résistance.
- Q18.** Vérifier, aux ELS, les conditions de déformations et pour cela :
- Calculer V_g , V_q et V_{tot} et en déduire V_{max} .
 - Comparer ces valeurs aux limites réglementaires.
 - Vérifier le profilé par rapport aux conditions de déformations.
- Q19.** Conclure sur le choix de ce profilé mis en œuvre en façade.

Localisation des travaux (cotation en m) :

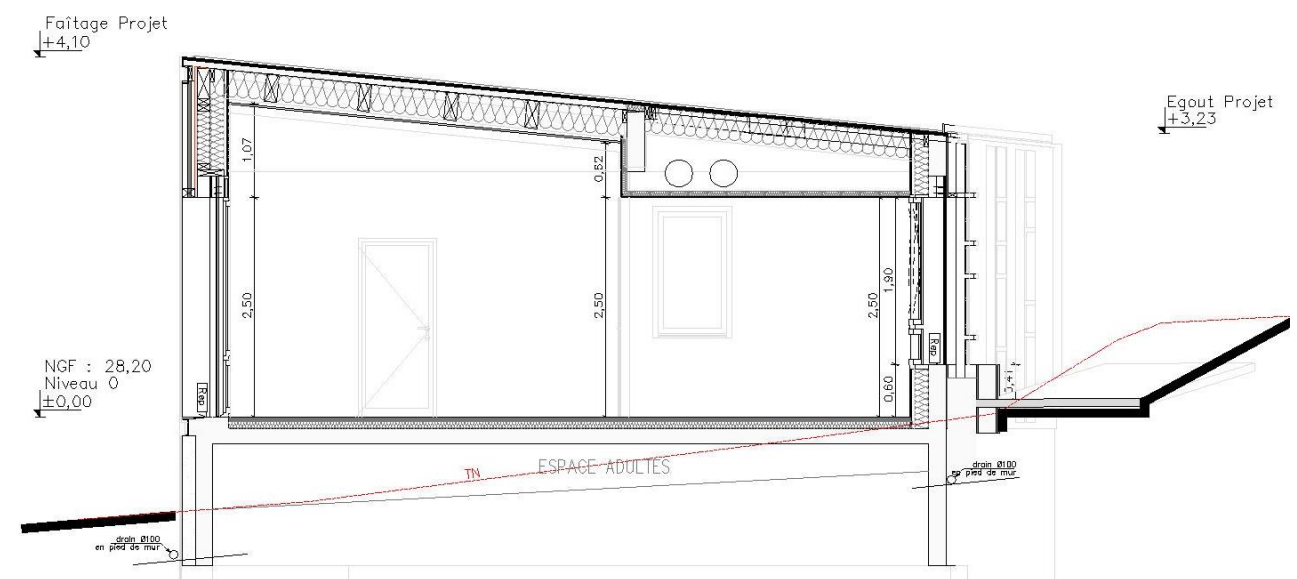


(échelle non définie Les textes trop petits ne sont pas utiles)

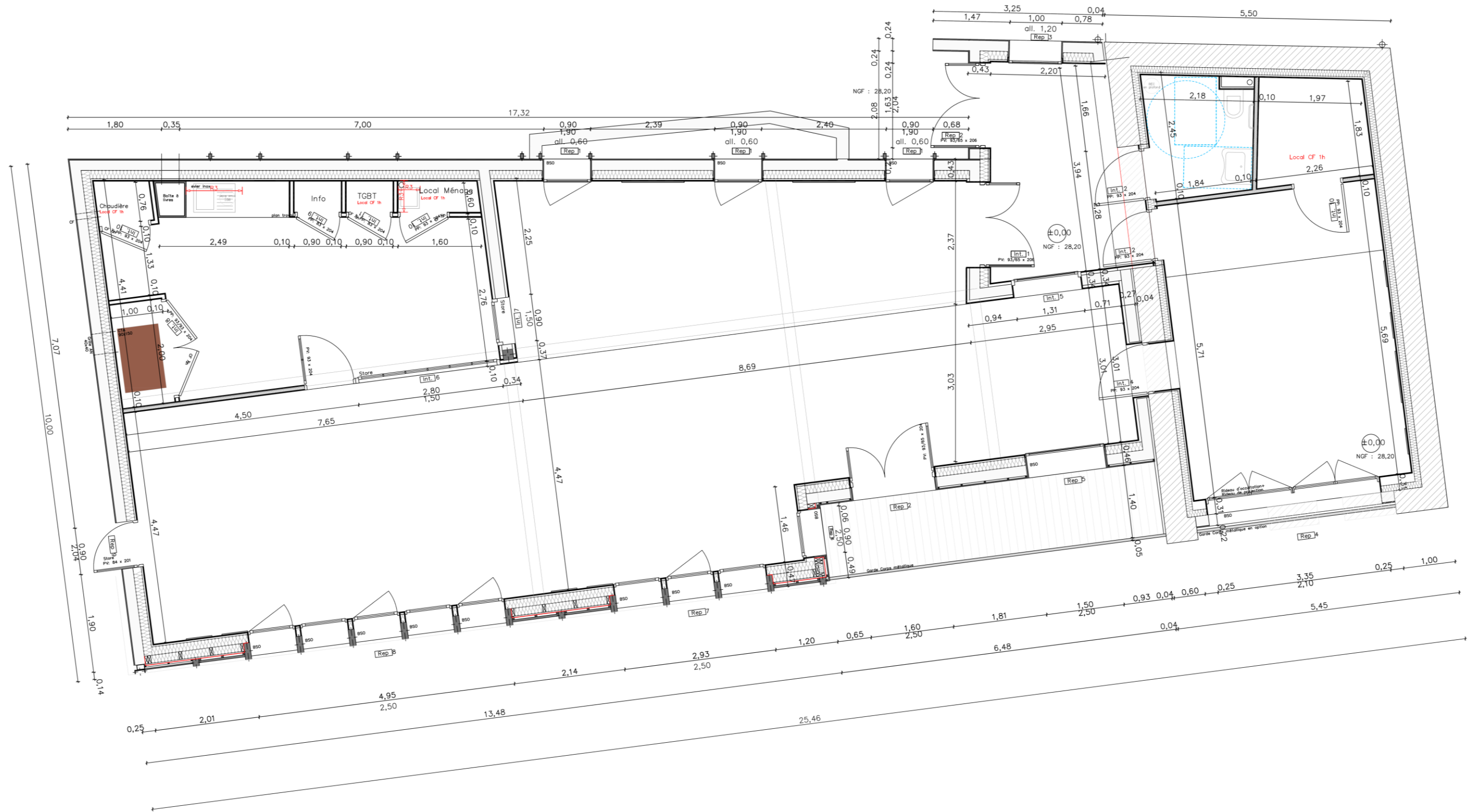
Élévations :



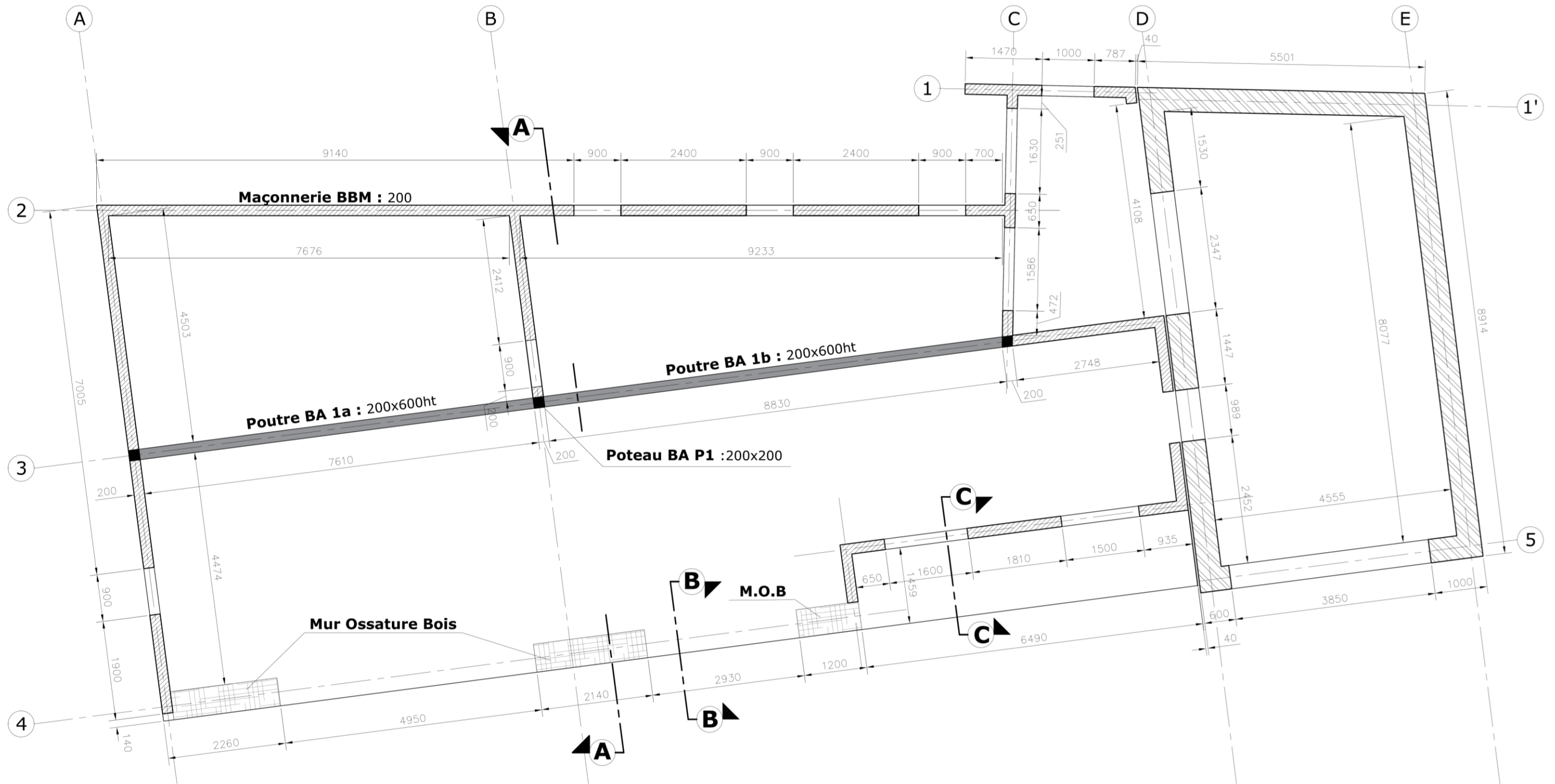
Coupe transversale type sur zone à créer (cotation en m) :



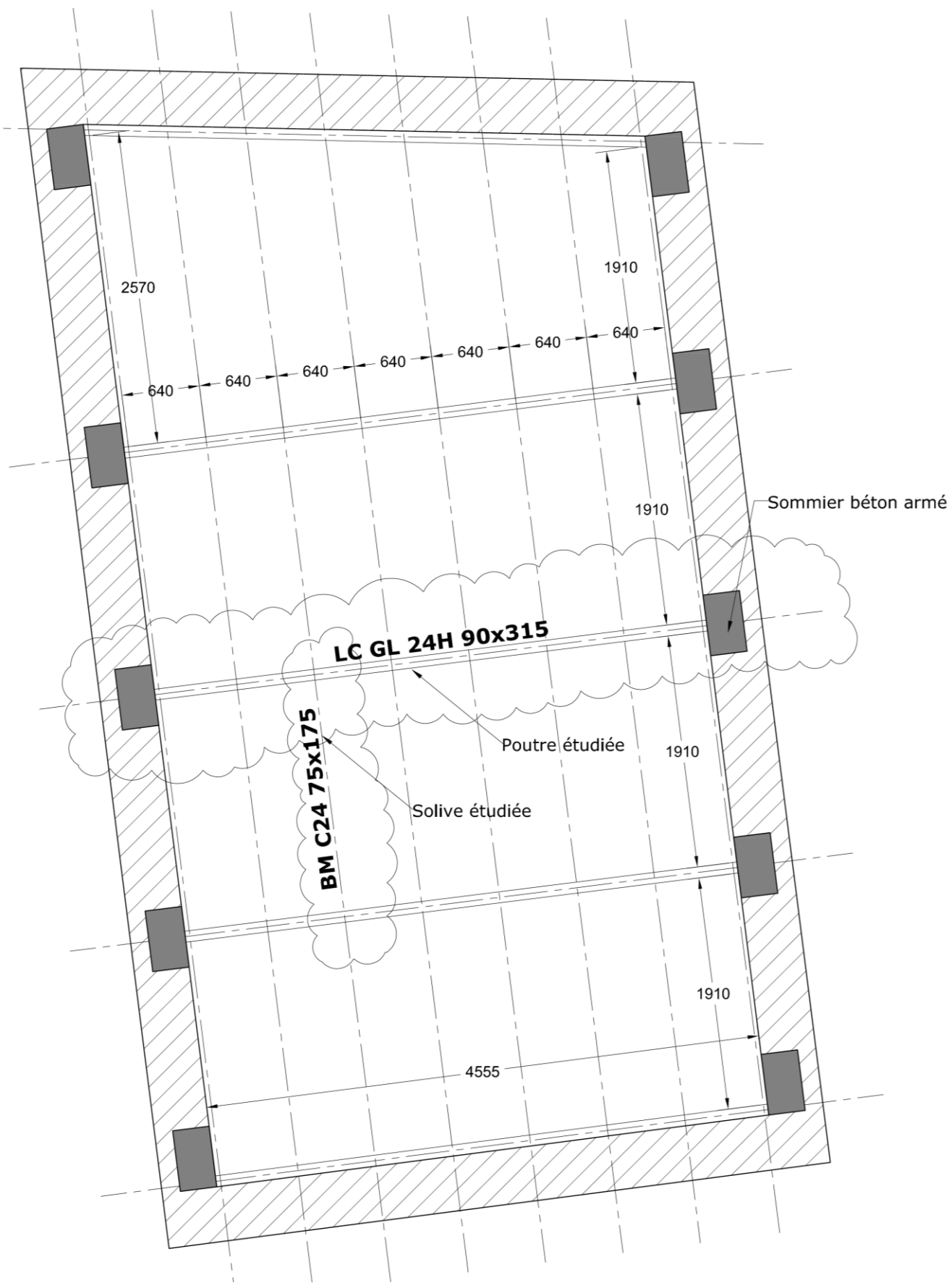
Plan RDC [archi] (cotation en m)



Plan haut RDC [EXE]



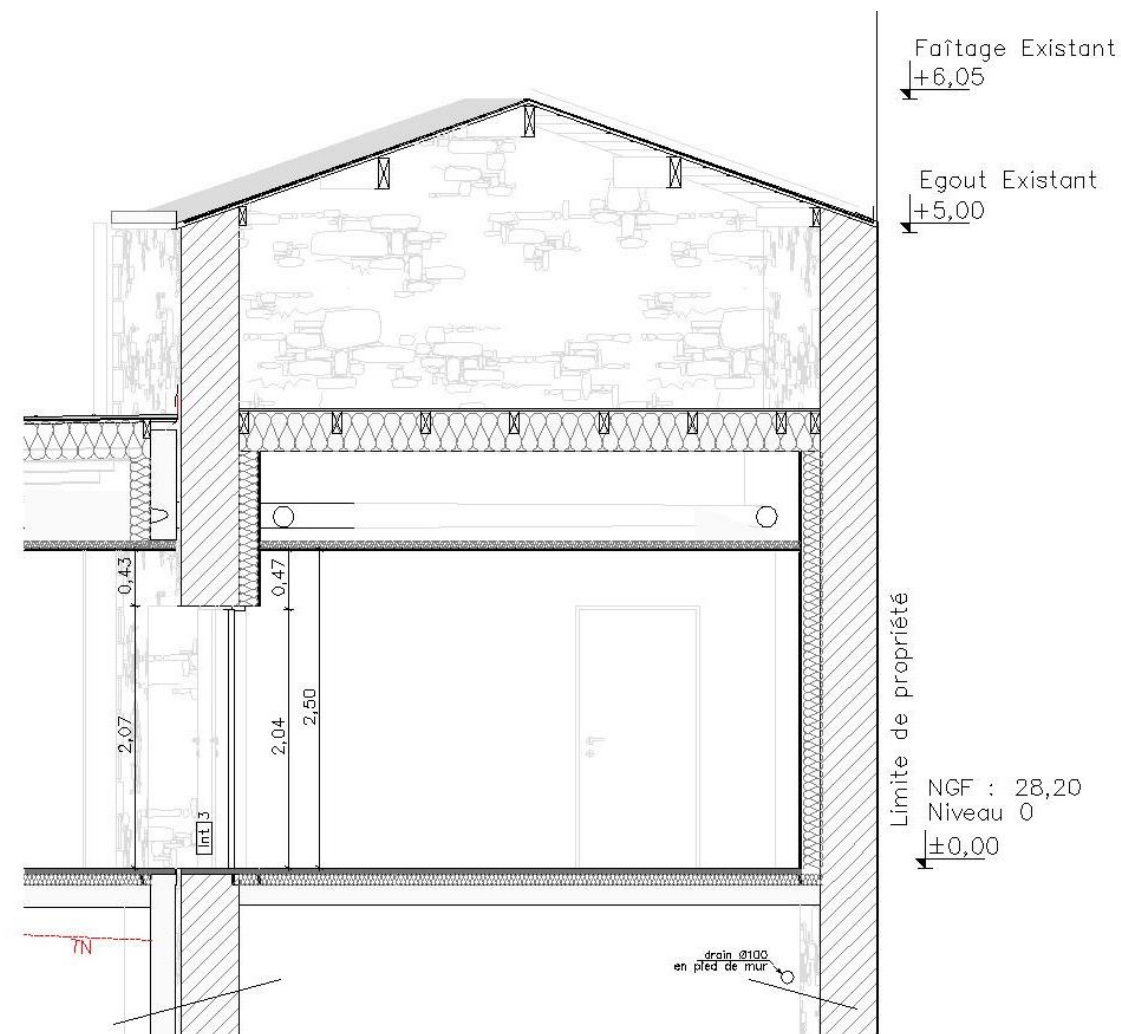
Ossature plancher bois Haut RDC bâtiment existant



DOCUMENT TECHNIQUE DT 4

(échelle non définie. Les textes trop petits ne sont pas utiles)

Coupe sur plancher bois Haut RDC bâtiment existant (cotation en m)



Extrait CCTP (lot gros œuvre) :

§ 01.6.2 1 : Création d'un sommier en BA dans un mur existant.

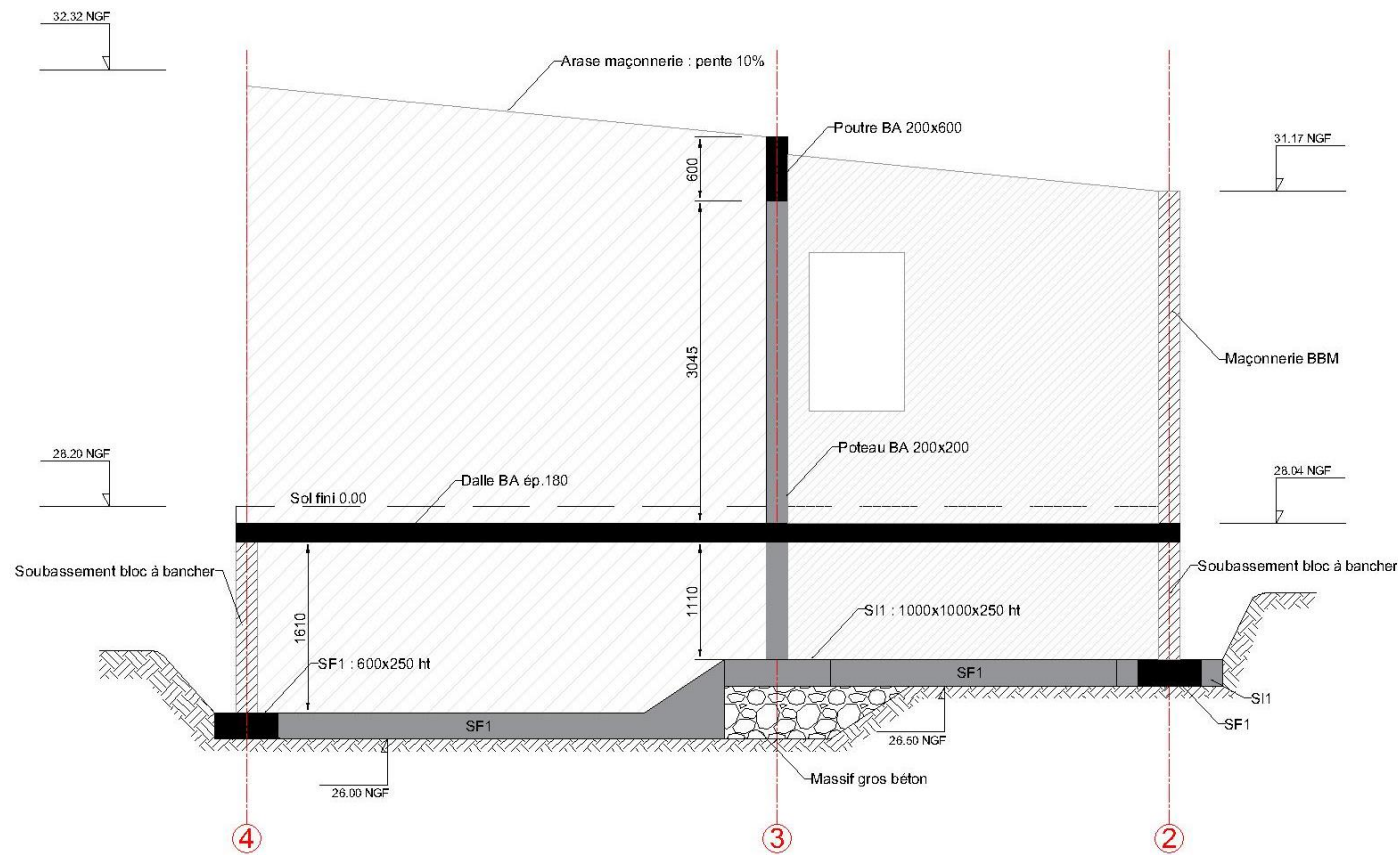
Exécution de refoulement à mi-mur par démolition de maçonnerie existante laissant la réservation suffisante pour la création d'un sommier en BA de 0.50 x 0.50 x 0.20m avec tout aciers d'armature.

L'ensemble comprenant :

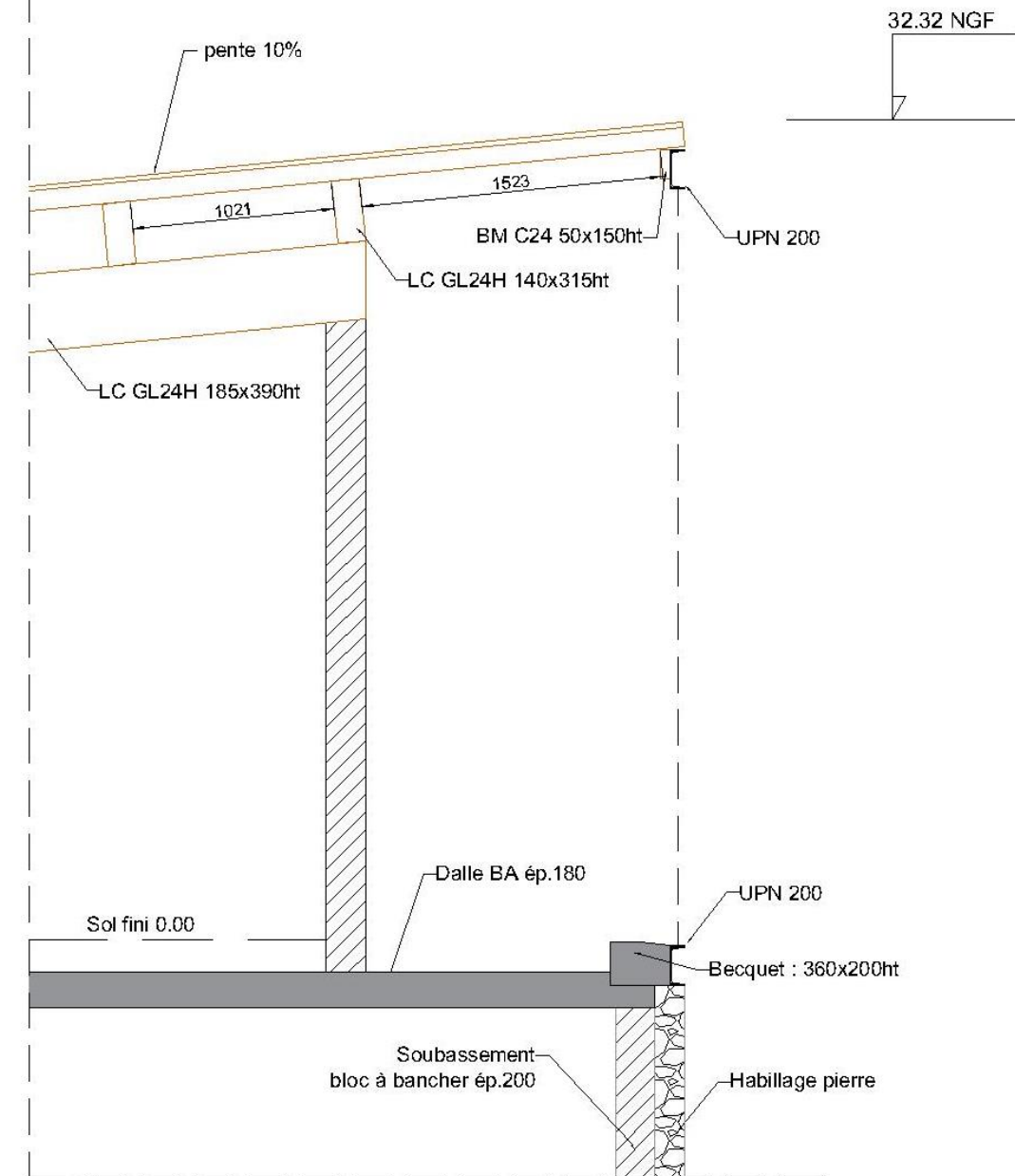
- La mise en place du sommier B.A. avec mis en œuvre par pervibration, tous coffrages verticaux et leur étaieement, tout aciers d'armatures, les harpes et liaisons à l'existant, les calfeutremments, les réservations éventuelles et toutes sujétions nécessaires.
- Réfection de maçonnerie de chaque côté du sommier, avec pierres de réemploi hourdées à la chaux et comprenant toutes sujétions de raccordement à la maçonnerie en place.
- La sortie des gravois à la rue, reprise pour chargement et enlèvement aux D.P.

Coupe AA : Principe structure BA – maçonnerie :

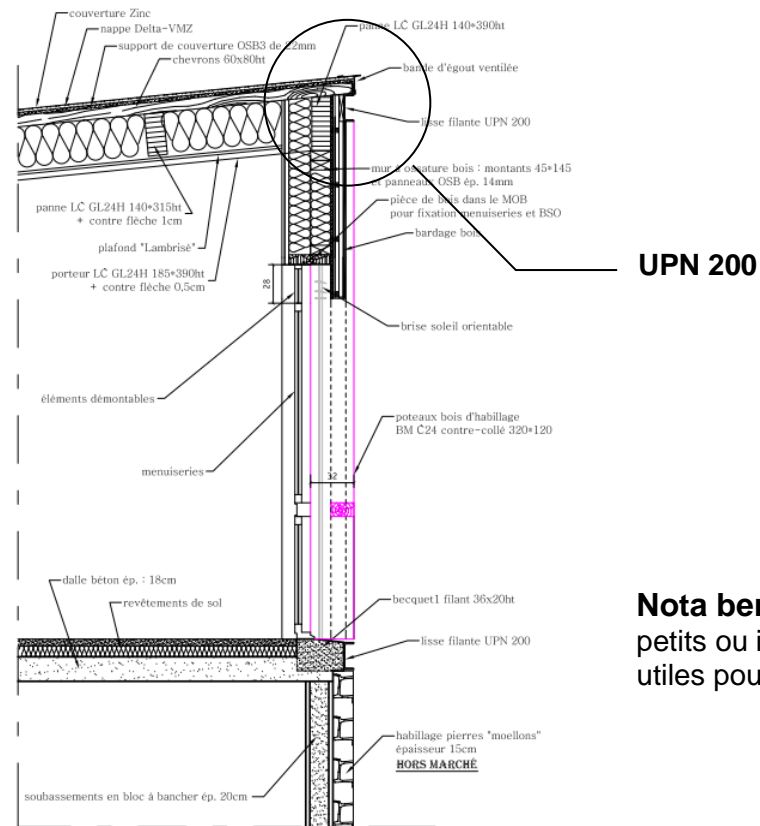
(échelle non définie)



Coupe CC : Principe sur charpente balcon :

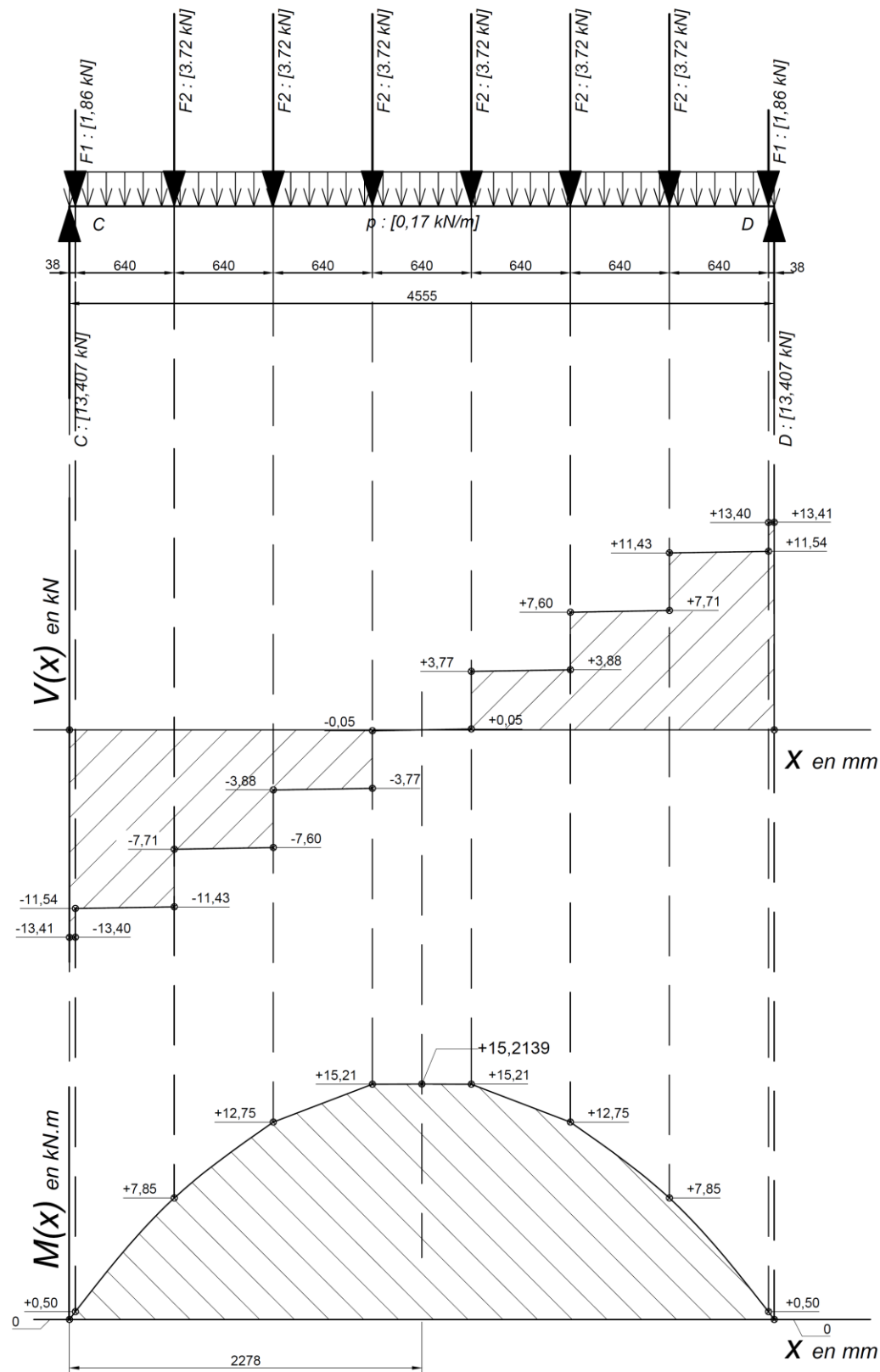


Coupe BB : Principe dans menuiserie sur mur à ossature bois :



Nota bene : Les textes trop petits ou illisibles ne sont pas utiles pour traiter la question.

Diagrammes effort tranchant et moment fléchissant (ELU) :



Extrait formulaire n°1 : EN-1995 : Structures lamellés et bois massif.

12.3 Vérification simplifiée des contraintes normales selon l' Eurocode NF EN 1995 limitée à la flexion simple

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

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

$\sigma_{m,d}$: contrainte max. de calcul en flexion (sur les fibres extrêmes) engendrée par le moment de flexion M à l'E.L.U. ;

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

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

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

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

12.4 Vérification simplifiée des contraintes de cisaillement selon l' Eurocode NF EN 1995

Critère de résistance d'une section au cisaillement : $\frac{\tau_d}{f_{v,d}} \leq 1$

$f_{v,d}$: résistance de calcul au cisaillement du bois $f_{v,d} = k_{mod} \times \frac{f_{v,k}}{\gamma_M}$

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

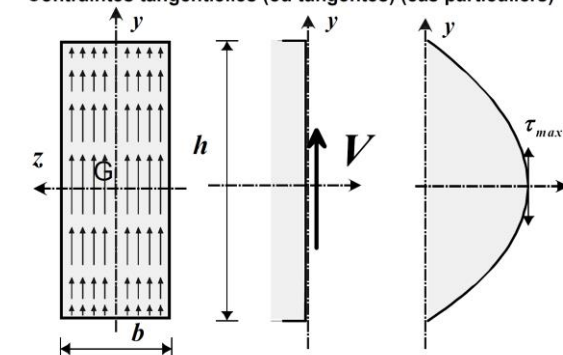
$f_{v,k}$: résistance caractéristique au cisaillement du bois ;

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

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

Extrait formulaire n°2 : Contraintes tangentielles.

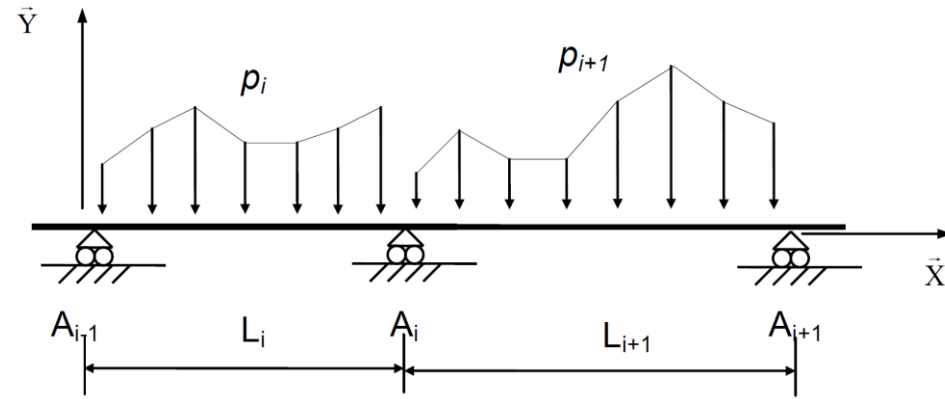
Contraintes tangentielles (ou tangentes) (cas particuliers)



Pour une section rectangulaire, la contrainte tangente transversale max. est de même direction que l'effort tranchant : son expression au niveau du centre de gravité G est : $\tau_{max} = \frac{3V}{2bh}$

Extrait formulaire n°3 : Théorème des 3 moments – Flèche et rotations aux appuis :

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



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

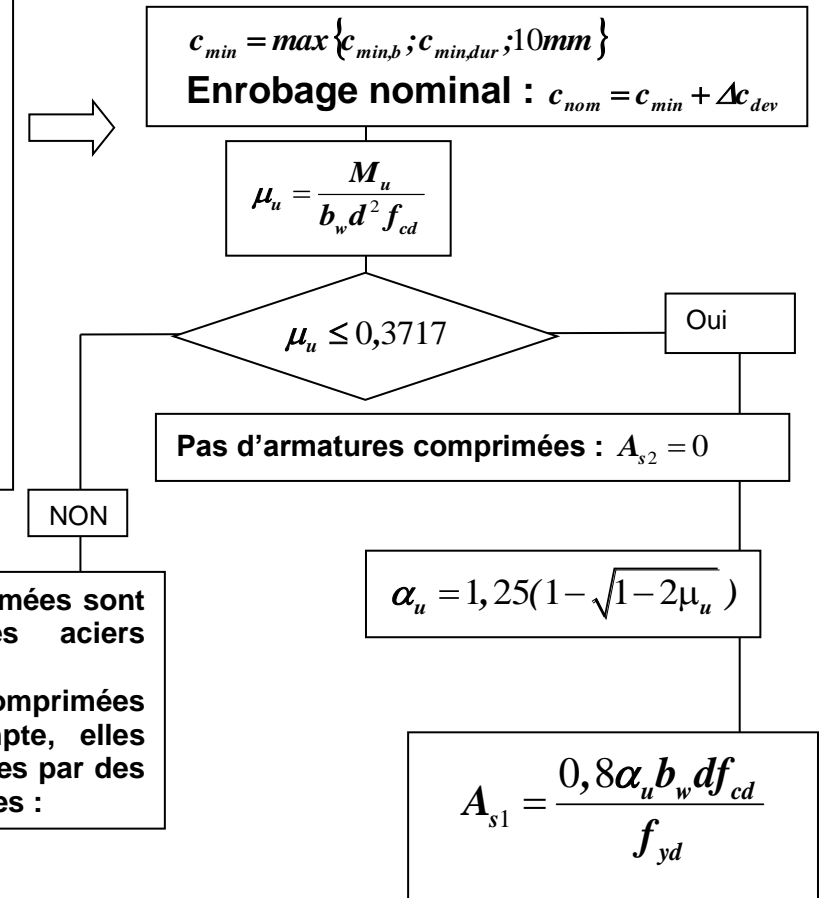
Schéma mécanique	Rotation aux appuis	Flèche
	$\omega_A = -\frac{pL^3}{24EI}$ $\omega_B = \frac{pL^3}{24EI}$	$f_{(L/2)} = \frac{5pL^4}{384EI}$

Extrait formulaire n°4 : Tableau acier pour béton armé.

Diamètre	Poids	Périmètre	Section pour N barres en cm ²									
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
5	0,154	1,57	0,196	0,393	0,589	0,785	0,982	1,18	1,37	1,57	1,77	1,96
6	0,222	1,88	0,283	0,565	0,848	1,13	1,41	1,70	1,98	2,26	2,54	2,83
8	0,395	2,51	0,503	1,01	1,51	2,01	2,51	3,02	3,52	4,02	4,52	5,03
10	0,617	3,14	0,785	1,57	2,36	3,14	3,93	4,71	5,50	6,28	7,07	7,85
12	0,888	3,77	1,13	2,26	3,39	4,52	5,65	6,79	7,92	9,05	10,18	11,31
14	1,208	4,40	1,54	3,08	4,62	6,16	7,70	9,24	10,78	12,32	13,85	15,39
16	1,578	5,03	2,01	4,02	6,03	8,04	10,05	12,06	14,07	16,08	18,10	20,11
20	2,466	6,28	3,14	6,28	9,42	12,57	15,71	18,85	21,99	25,13	28,27	31,42
25	3,853	7,85	4,91	9,82	14,73	19,63	24,54	29,45	34,36	39,27	44,18	49,09
32	6,313	10,05	8,04	16,08	24,13	32,17	40,21	48,25	56,30	64,34	72,38	80,42
40	9,865	12,57	12,57	25,13	37,70	50,27	62,83	75,40	87,96	100,53	113,10	125,66

Extrait formulaire n°5 : EN-1992 : Organigramme de calcul armatures longitudinales en flexion simple, section rectangulaire.

- Données**
- Classe structurale : S...
 - Classe d'exposition : X...
 - $b_w ; h$
 - béton C.../.. f_{ck}
 - acier B500 classe B $f_{yk} = 500 \text{ MPa}$
 - diagramme élasto-plastique parfait
- $$f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s} = \frac{500}{1,15} = 435 \text{ MPa}$$
- $$f_{cd} = f_{ck} / \gamma_c \quad (\gamma_c=1,5)$$
- $p_u = 1.35g + 1.5q \text{ (kN/m)}$
 - 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 :

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

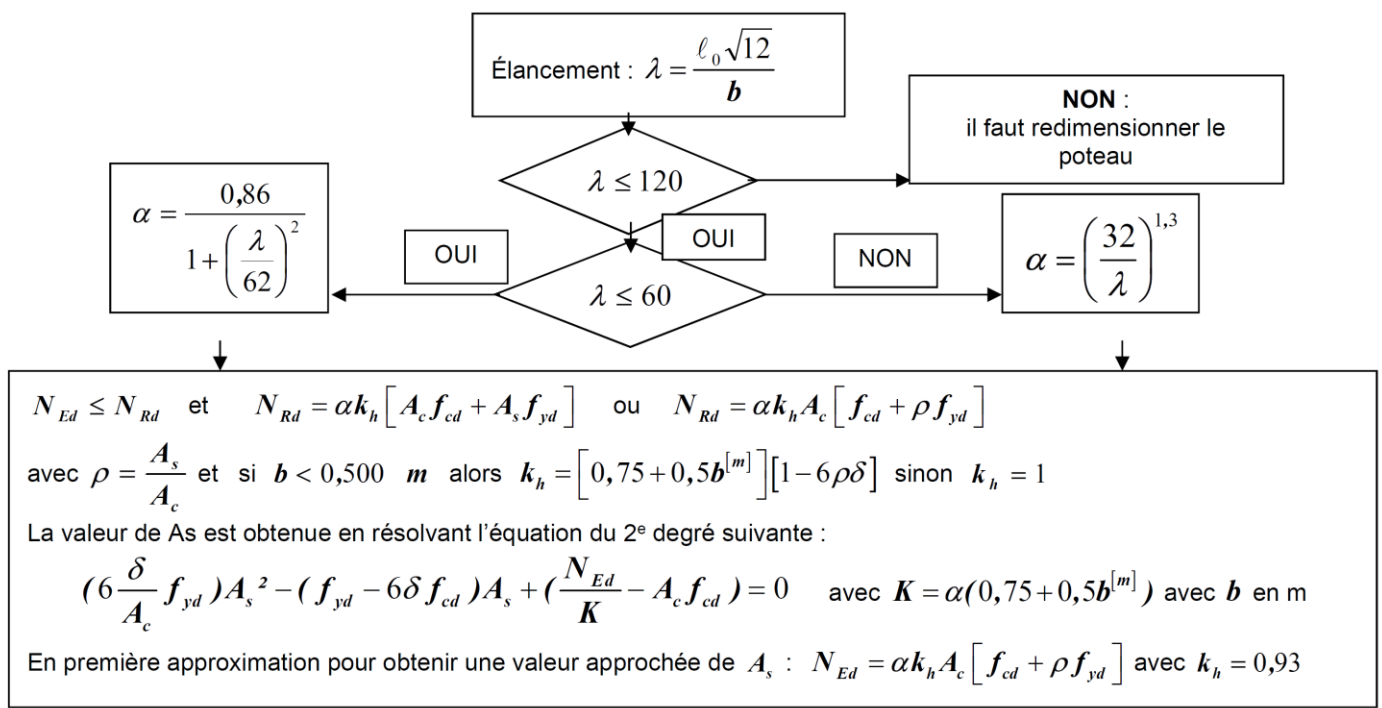
$$A_{s1} > A_{s,min} = \max \left[0,26 \frac{f_{ctm}}{f_{yk}} b_w d ; 0,0013 b_w d \right]$$

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

Extrait formulaire n°6 : EN-1992 : Organigramme de calcul poteau rectangulaire.

Données : Catégorie de durée d'utilisation de projet : 4 ; Classe d'exposition X ... donnant un enrobage nominal c_{nom} .

- N_{Ed} , effort normal centré aux ELU
- A_c , aire du béton $b \times h$, avec $b \leq h$ (ou b en mètre, correspondant au sens du flambement)
- Enrobage relatif $\delta = \frac{d'}{b}$ avec $d' = c_{nom} + \phi_t + \frac{\phi_t}{2}$ Si d' est inconnu, prendre :
40 mm pour XC1
55 mm pour XC4
- Classe du béton C ... donnant f_{ck} et $f_{cd} = \frac{f_{ck}}{1,5}$ (âge du béton > 28 jours)
- Acier B500 donnant $f_{yk} = 500$ MPa et $f_{yd} = f_{yk}/1,15 = 434,8$ MPa
- Longueur efficace (ou de flambement) notée $\ell_0 =$ longueur libre du poteau notée l



Section minimale des armatures longitudinales

$A_{s,min} = \max \left[0,10 \frac{N_{Ed}}{f_{yd}} ; 0,002 A_c \right] \{9.12N\}$ A_c = aire de la section brute transversale de béton

f_{yd} limite élastique de calcul de l'armature

Le diamètre des barres longitudinales $\phi_l \geq \phi_{l,min} = 8$ mm

Section maximale des armatures longitudinales

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

Armatures transversales :

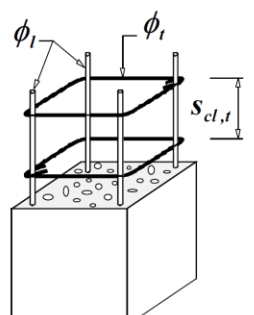
$\phi_t \geq \max [6 \text{ mm} ; \phi_{l,max} / 4]$

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

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

b = plus petite dimension transversale

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



Extrait formulaire n°7 : portée utile des poutres et dalles :

Différents cas sont envisagés :

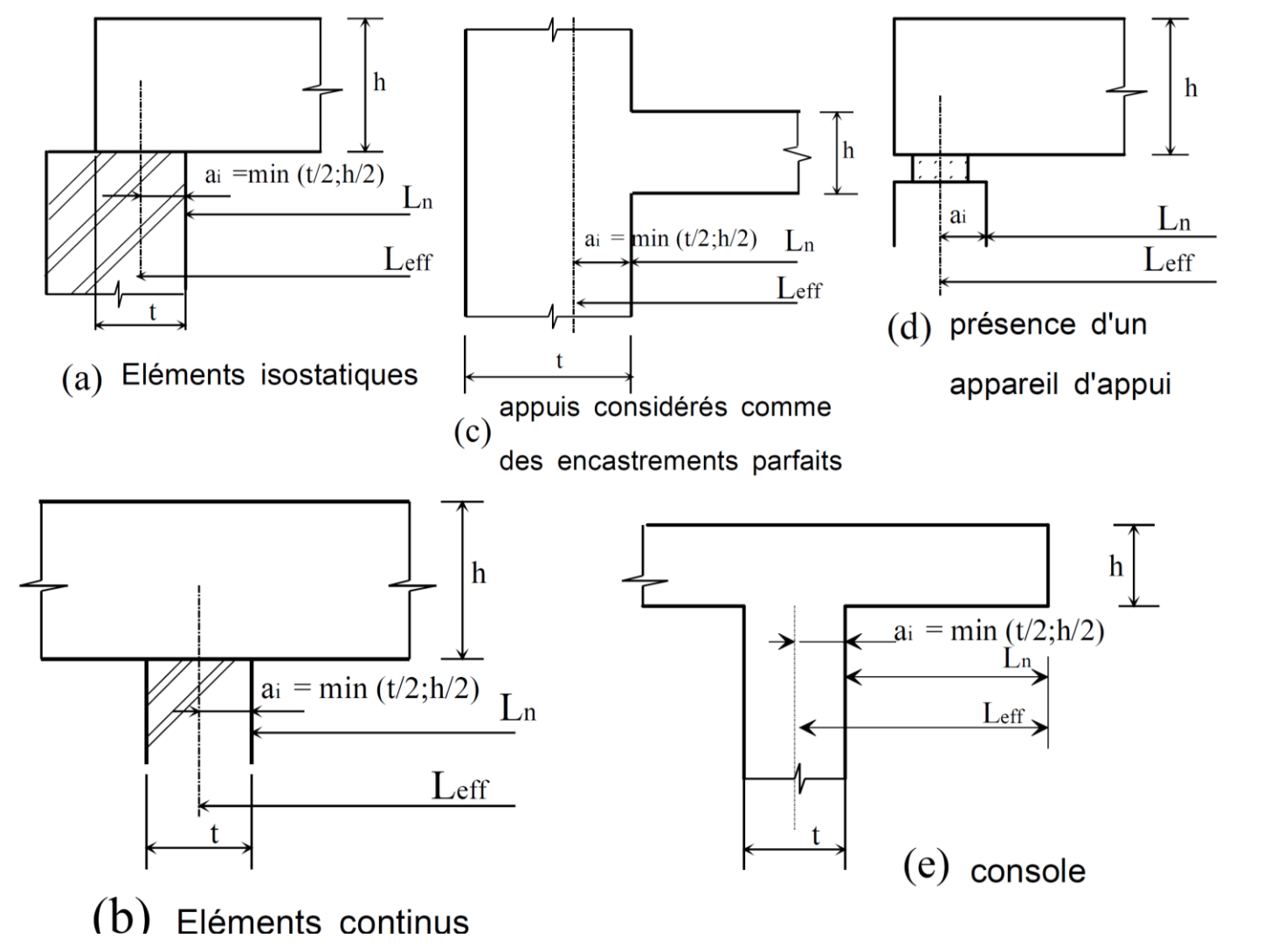
- éléments isostatiques
- éléments continus
- Appuis considérés comme des encastremens parfaits
- Présence d'un appareil d'appui
- Console

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.

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



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

11.4.1.1 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)
$M_{pl,Rd} = W_{pl} \times \frac{f_y}{\gamma_{M0}}$	$M_{el,Rd} = W_{el,min} \times \frac{f_y}{\gamma_{M0}}$

11.4.1.2 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. ;

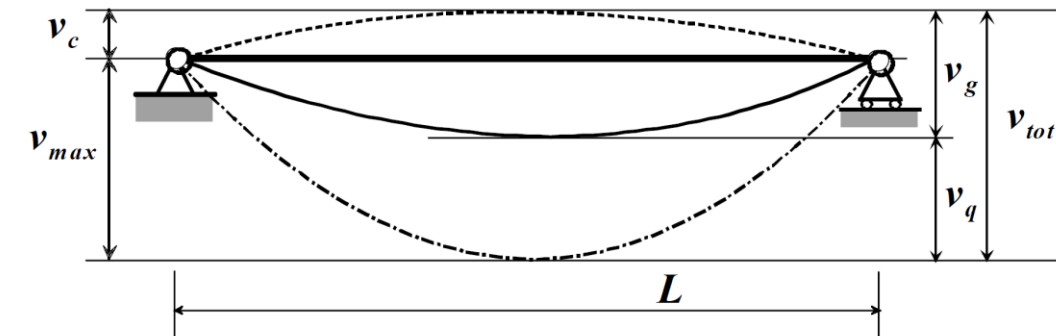
A_v : aire de cisaillement donnée dans les catalogues des caractéristiques des profilés.

Extrait formulaire n°9 : EN-1993 : Flèches.

11.5 Flèches

11.5.1 notations

Les valeurs limites sont destinées à être comparées aux valeurs calculées à partir des combinaisons E.L.S. (Etats Limites de Service).



v_c : contreflèche dans l'élément structural non chargé ;

v_g : flèche sous charges permanentes de la combinaison d'actions correspondante ;

v_q : flèche sous charges variables de la combinaison d'actions correspondante ;

v_{tot} : flèche totale $v_{tot} = v_g + v_q$;

v_{max} : flèche résiduelle compte tenu de la contreflèche éventuelle. $v_{max} = v_g + v_q - v_c = v_{tot} - v_c$.

11.5.2 Valeurs limites recommandées de flèches verticales pour les poutres de bâtiments

L : Portée de la poutre. (Pour les poutres en porte à faux, la longueur fictive L à considérer est égale à deux fois la longueur réelle du porte à faux.)

Conditions	Limites	
	v_{max}	v_q
Toitures en général (non accessible aux usagers sauf aux personnes chargées de l'entretien).	$L/200$	$L/250$
Toitures supportant fréquemment du personnel autre que le personnel d'entretien.	$L/200$	$L/300$
Planchers en général.	$L/200$	$L/300$
Planchers et toitures supportant des cloisons en plâtre ou en autres matériaux fragiles ou rigides.	$L/250$	$L/350$
Planchers supportant des poteaux.	$L/400$	$L/500$
Cas où v_{max} peut nuire à l'aspect du bâtiment.	$L/250$	

Diagramme $M(x)$ et principe d'armatures longitudinales