

BREVET DE TECHNICIEN SUPERIEUR BATIMENT

SESSION 2014

Epreuve E4 – Etude technique

Sous-épreuve E41

Dimensionnement et vérification d'ouvrages

Durée : 4 heures

Coefficient 2

Matériel autorisé : toutes les calculatrices de poche y compris les calculatrices programmables alphanumériques ou à écrans graphiques dont le fonctionnement est autonome et qu'il ne soit pas fait usage d'imprimantes (circulaire n°99-186, 16/11/1999).

« Tous les documents réponses, même vierges, doivent être rendus avec la copie »

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

BTS BATIMENT		SESSION 2014
Dimensionnement et vérification d'ouvrages - E 41	Code :	

CENTRE DE RECHERCHE

Barème :

A - Etude de la poutre continue BA file 6	7 points
B - Etude de la charpente métallique	6 points
C - Etude de la poutre BA du RDC	4 points
D - Etude du Poteau BA du RDC	3 points

Toutes les questions sont indépendantes

Annexes : pages 13 à 18

- Annexe 1 : Portées utiles de calcul des poutres et dalles dans les bâtiments
- Annexe 2 : Rotations et flèches pour les poutres isostatiques courantes
- Annexe 3 : Théorème des 3 moments (formule de Clapeyron)
- Annexe 4 : Extrait catalogue profilés
- Annexe 5 : Extraits de l'Eurocode NF EN 1993-1-1 et annexes nationales
- Annexe 6 : Intégrales de Mohr
- Annexe 7 : Organigramme de calcul des armatures longitudinales en flexion simple, section rectangulaire
- Annexe 8 : Organigramme simplifié de calcul des armatures d'effort tranchant en flexion simple
- Annexe 9 : Organigramme poteaux rectangulaires
- Annexe 10 : Aciers en barres

Documents réponses : Pages 19 à 20

- DR1 : Tracé des diagrammes partie A4
- DR2 : Tracé du principe de ferrailage partie A5
- DR3 : Tracé du principe de ferrailage partie C3

Contenu du dossier

Dossier sujet : Pages 1 à 5

Dossier technique : Pages 6 à 12

- DT 1 : Plan masse et RDC et élévations
- DT 2 : Plan R+3 et coupe A-A
- DT 3 : Coupe D-D et perspective Gros œuvre partielle
- DT 4 : Extrait plan de coffrage plancher haut R+3
- DT 5 : Plan toiture charpente métallique R+3
- DT 6 : Coupe sur portique charpente métallique R+3 et plan d'armatures du poteau RDC file 2
- DT 7 : Plan de coffrage plancher haut RDC

Présentation de l'ouvrage

DT1, DT2, DT3

L'ouvrage est destiné à héberger un centre de recherche technologique sur les matériaux. Il comprend un bâtiment principal sur trois niveaux et une aile en RDC.

Ce bâtiment est constitué d'un niveau RDC accueillant principalement les installations techniques lourdes (ateliers, laboratoire...) ainsi que la zone d'accueil de forme elliptique. Les autres niveaux sont composés essentiellement de bureaux et de zones techniques.

Les systèmes constructifs retenus sont :

Fondations par semelles et longrines pour le bâtiment principal et dalle portée.
Fondations par semelles filantes pour l'aile en RDC, dallage sur terre-plein.

Superstructure constituée d'une ossature verticale en poteaux et voiles, de poutres transversales, de planchers coulés en place, de zones en dalle alvéolaires, de façade en voiles coulés en place.

La partie aile en RDC ainsi que quelques zones en R+3 seront réalisées en structure métallique avec bardage et couverture bacs acier avec étanchéité.

Caractéristiques des matériaux

Béton armé :

C25/30 $f_{ck} = 25 \text{ MPa}$

$$f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = 16,7 \text{ MPa} ; f_{ctm} = 2,6 \text{ MPa}$$

Armatures : B500 $f_{yk} = 500 \text{ MPa} ; f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s} = 435 \text{ MPa}$

Dimension du plus gros granulat : $d_g = 25 \text{ mm}$

Les éléments BA du bâtiment sont en classe d'exposition XC1.

Enrobage $c_{nom} = 30 \text{ mm}$

Charpente métallique :

Acier type S 235 soit $f_y = 235 \text{ MPa}$.

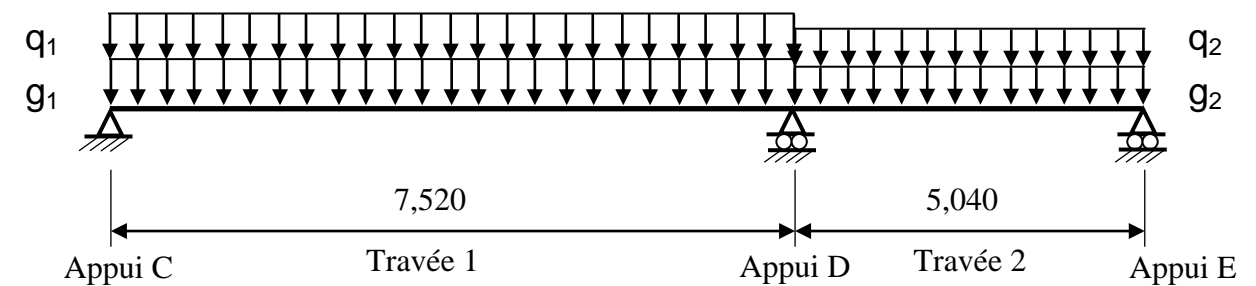
On considérera tous les profils utilisés en classe 1.

$E = 210\,000 \text{ MPa}$.

Travail demandé

ETUDE A - Etude de la poutre continue BA file 6 au plancher haut du R+3.

Documents à consulter : Annexes : 1 à 3 ; Documents techniques : DT2, DT3, DT4



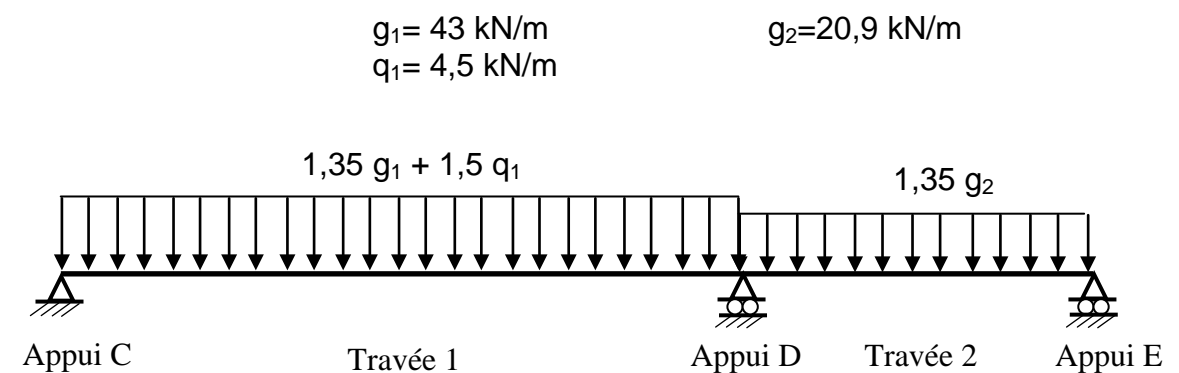
A-1 : Justifier la portée prise en compte pour la modélisation de la travée 1 uniquement.

A-2 : Proposer schématiquement les cas de chargements aux ELU à étudier pour déterminer :

- le moment maximum dans la travée 1
- le moment maximum sur l'appui D.

(Aucune valeur numérique n'est demandée)

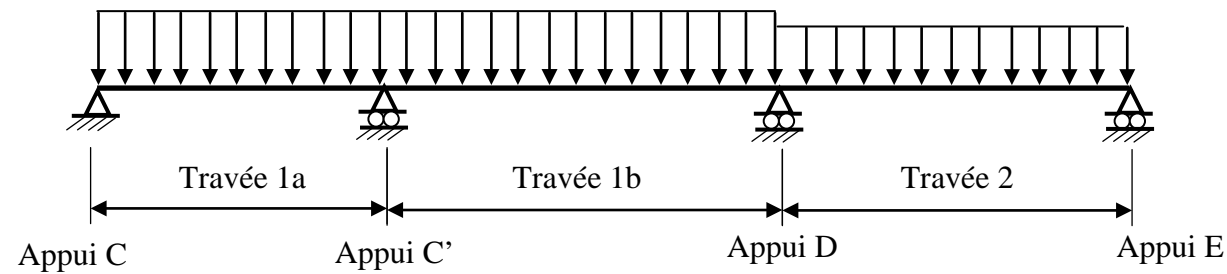
A-3 : En utilisant le théorème des 3 moments, déterminer le moment sur l'appui D.



A-4 : Tracer le diagramme de l'effort tranchant et du moment fléchissant le long de la travée 1 sur le document réponse **DR1** en précisant les valeurs particulières.

A-5 : Analyse comparative :

Lors d'une pré-étude béton, l'architecte avait envisagé un appui supplémentaire en C'.



A-5 -1- Sur le document réponse DR2, proposer le principe de ferrailage des 2 solutions.

A-5 -2- Quelles sont les conséquences de la suppression du poteau en C' sur le quantitatif d'armatures longitudinales?

ETUDE B - Etude de la charpente métallique du 3ème étage.

Documents à consulter : Annexes : 4 et 5 ; Documents techniques : DT2, DT3, DT5, DT6

La charpente métallique étudiée se situe au 3^{ème} étage (entre les files B - C et 3 - 6) et est constituée de portiques (poteau CD, traverse BC) supportant des pannes IPE 120. La structure recevra une couverture en bacs acier supportant une étanchéité multicouche. La façade recevra un bardage. Nous étudierons le portique repéré file R 3-3.

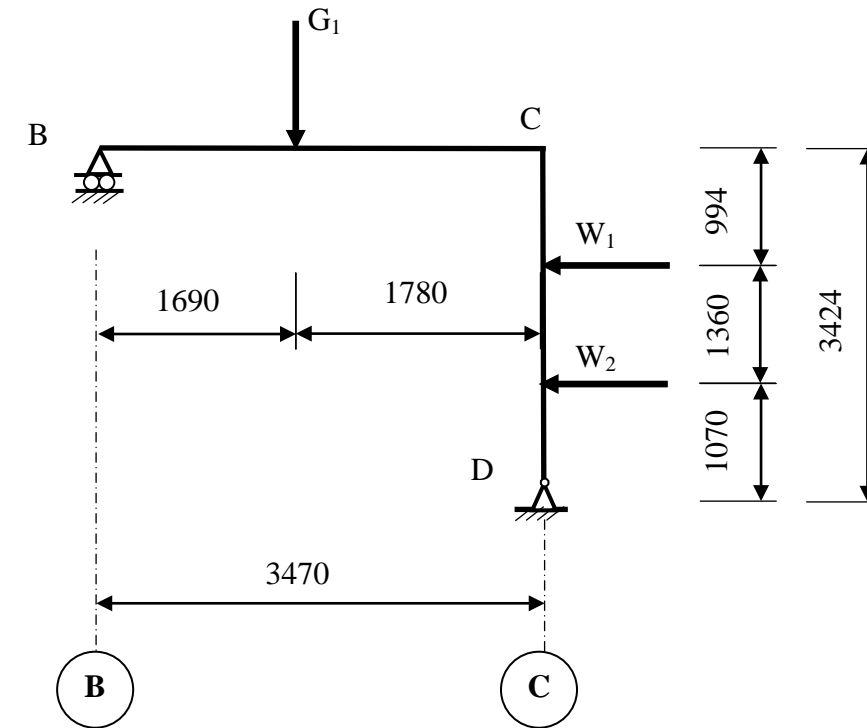
Actions :

Charges permanentes couverture + étanchéité = 0,33 kN/m²
 Charge d'entretien toiture terrasse inaccessible : 0,80 kN/m² (considérée sur toute la surface).
 Charge climatique de vent : $w = 0,75 \text{ kN/m}^2$
 Poids pannes IPE 120 : 0,104 kN/m

Hypothèses :

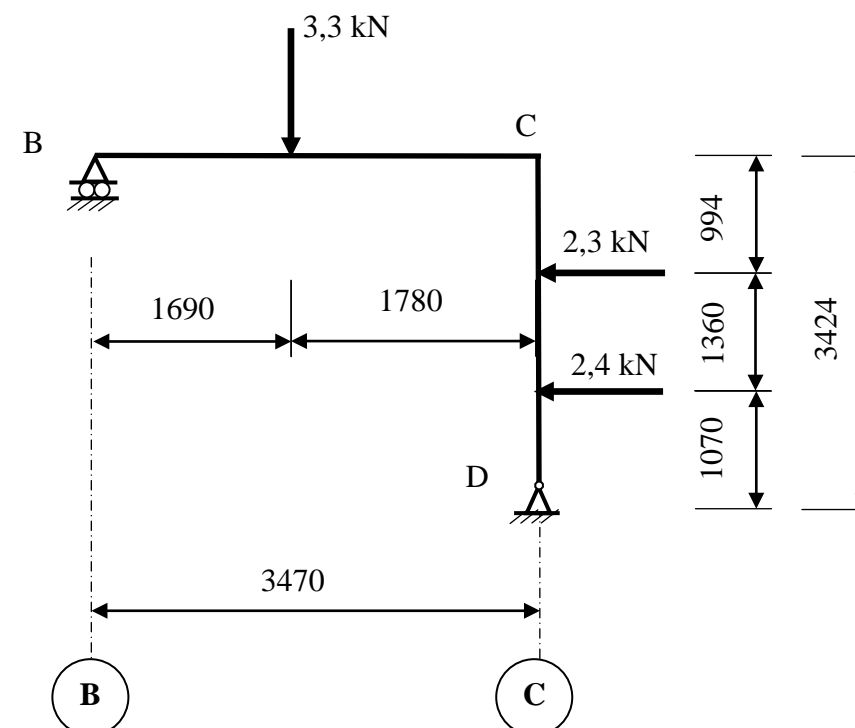
La pente de la toiture est négligée.
 On néglige le poids propre de la traverse BC et du poteau CD.

A partir de la modélisation suivante :



B-1 : Uniquement pour la traverse BC, calculer la charge permanente ponctuelle G_1 apportée par les pannes IPE 120.

B-2 : Pour le chargement aux ELU suivant, déterminer les actions en B et D.



B-3 : Vérification aux ELU de la traverse BC vis-à-vis du moment fléchissant.

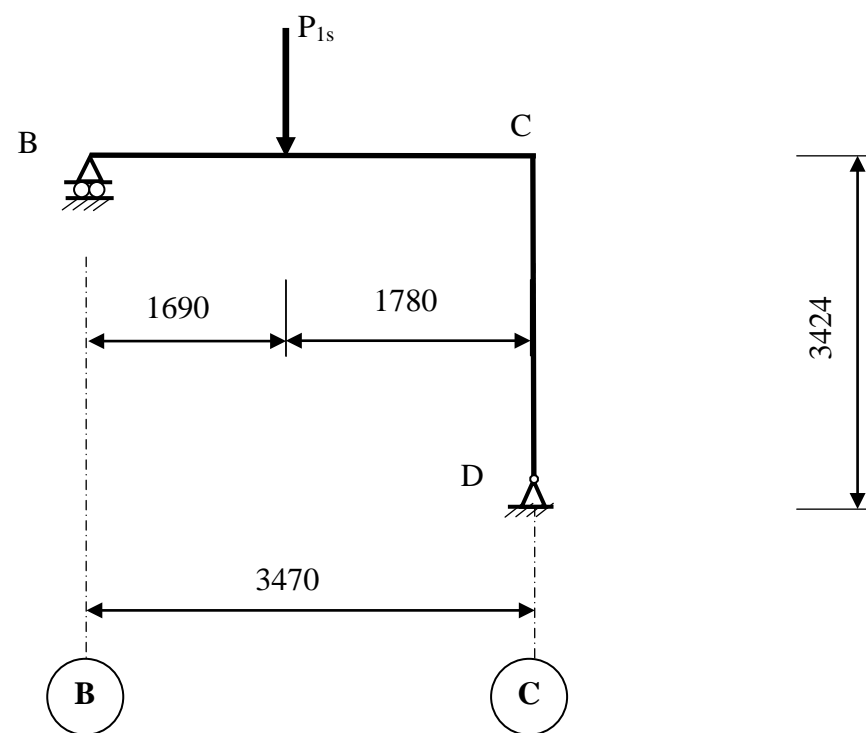
Données :

Pour cette question, prendre $M_{Ed} = 9,2 \text{ kN.m}$

Documents à consulter : Annexe : 4 et 5

Vérifier la conformité du profilé retenu vis-à-vis du moment fléchissant d'après l'Eurocode 3.

B-4 : Vérification aux ELS de la traverse BC vis-à-vis de la flèche sous l'effet de G + Q



Documents à consulter : Annexe 6

Déterminer la valeur du déplacement vertical au point d'application de P_{1s}

B-4-1 : déterminer les actions en B et D en fonction de P_{1s}

(Pour cette question, prendre $P_{1s} = 7,4 \text{ kN}$)

B-4-2 : tracer le diagramme du moment le long de la structure

B-4-3 : déterminer le déplacement vertical total au point d'application de P_{1s}

B-4-4 : comparer par rapport à la réglementation ci dessous

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}
Toitures en général (non accessible aux usagers sauf pour entretien)	$L/200$
Toitures supportant fréquemment du personnel autre que le personnel d'entretien	$L/200$
Planchers en général	$L/200$
Planchers et toitures supportant une finition en plâtre ou en autres finitions fragiles ou des cloisons rigides	$L/250$
Planchers supportant des poteaux.	$L/400$
Cas où v_{max} peut nuire à l'aspect du bâtiment	$L/250$

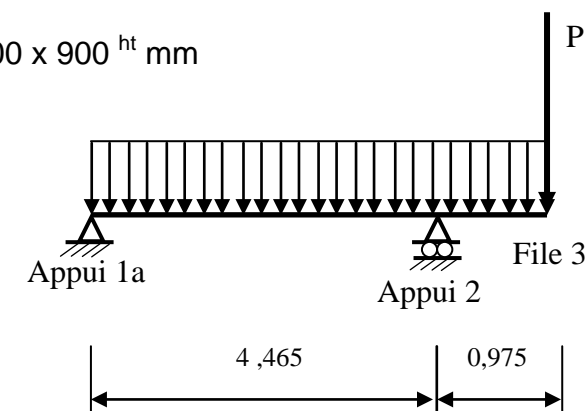
C - Etude de la poutre BA du RDC.

Documents à consulter : Annexes : 7, 8 et 10 ; Documents techniques : DT7

L'étude porte sur la poutre file F au RDC. Elle repose sur un poteau (200 x 600 mm) file 1a et sur un poteau (800 x 300 mm) file 2.

Cette poutre supporte une charge ponctuelle P file 3 apportée par un poteau aux étages supérieurs.

Poutre BA : Section : 400 x 900^{ht} mm



C1 : Le moment maxi sur appui 2 est $M_{Ed} = -1000 \text{ kN.m}$ sous charges pondérées aux ELU.

Calculer la section d'aciers longitudinaux nécessaires pour reprendre ce moment et choisir les armatures.

C2 : L'effort tranchant maximum dans la travée 1a-2, au voisinage de l'appui 2 est

$V_{Ed} = 470 \text{ kN}$.

Choisir les armatures d'effort tranchant (on supposera que ces armatures sont nécessaires)

Déterminer la valeur du premier espacement à l'appui 2 pour la travée 1a-2

C3 : Représenter sur le document réponse DR3 la section droite de la poutre au niveau de l'appui 2.

D - Etude du Poteau BA du RDC file 2

Documents à consulter : Annexes 9 et 10 ; Documents techniques : DT 6, DT7

Il s'agit de vérifier les armatures du poteau formant l'appui 2 de la question C

Données :

Sa section est de 300 x 800 mm

Sa longueur libre $l = 3,91$ m

La descente des charges estime l'effort à reprendre en pied de poteau aux E.L.U égal à $N_{Ed} = 2,120$ MN.

A partir de la solution du logiciel,

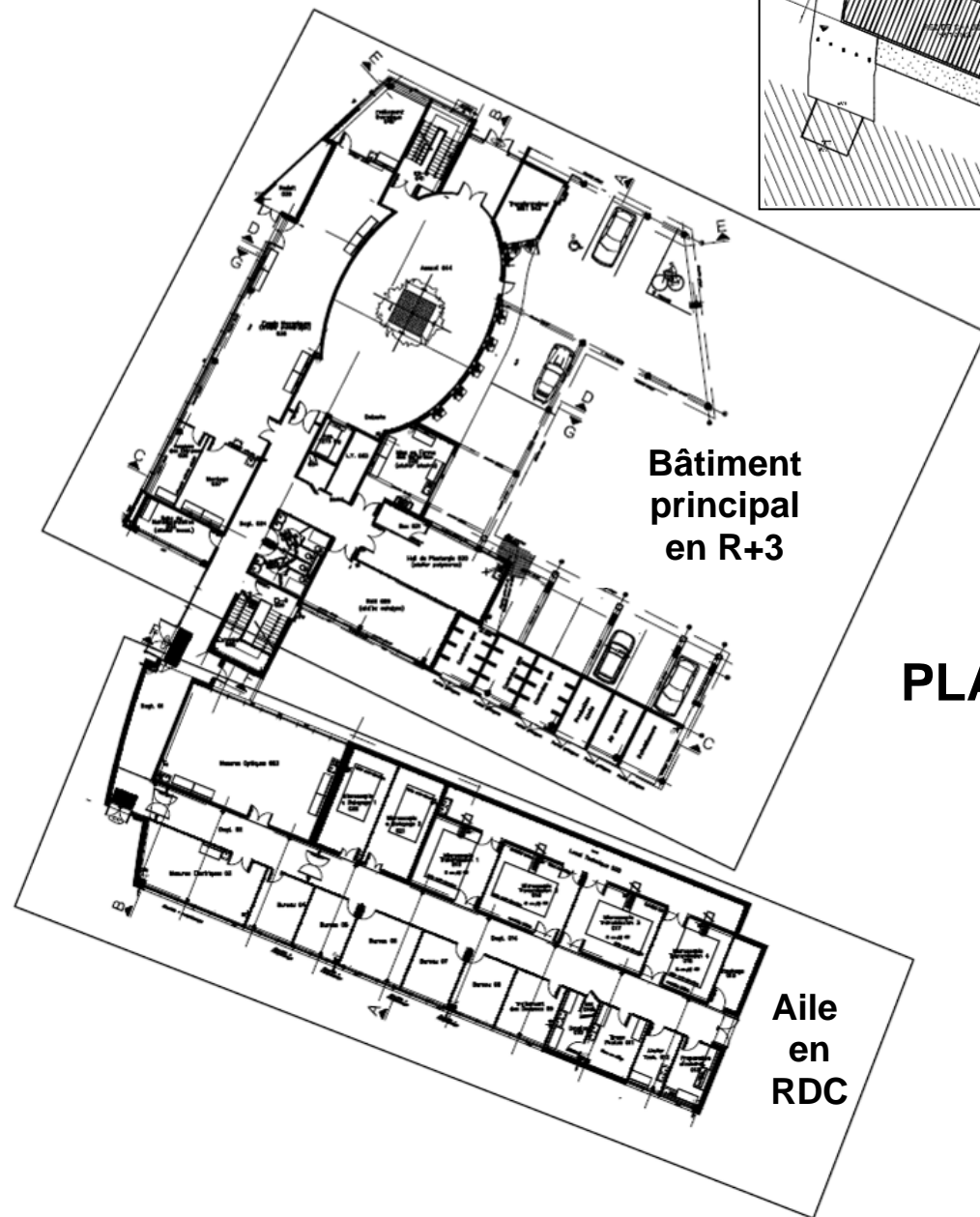
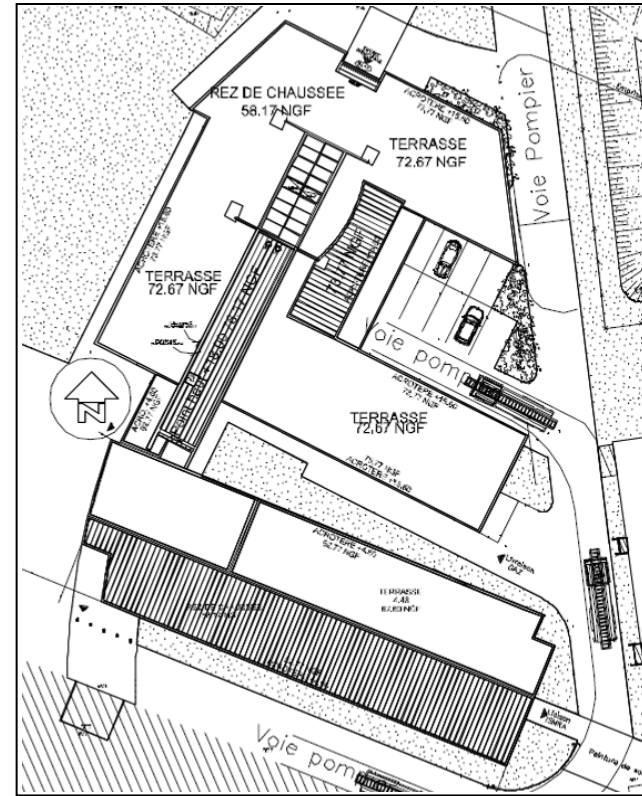
D1 : Déterminer l'effort N_{Rd} que peut reprendre ce poteau. Conclure.

On admettra que $l_0 = l$

Vous calculerez la valeur exacte de k_h

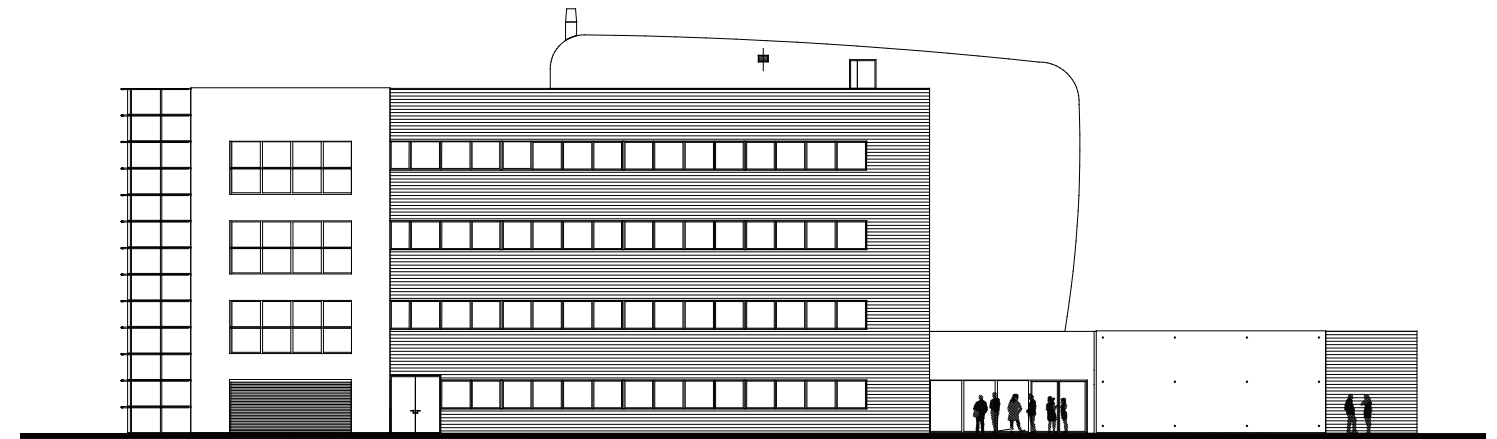
D2 : Contrôler les dispositions constructives (Diamètre, espacement armatures transversales) de ce poteau en partie courante (hors zones d'extrémités).

PLAN DE MASSE

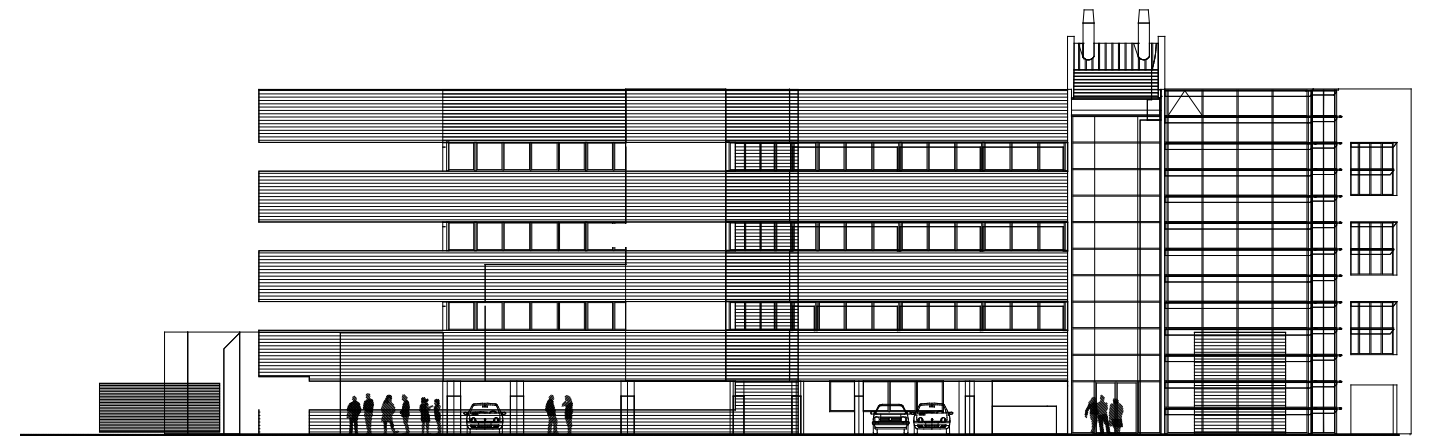


PLAN RDC

ELEVATION OUEST

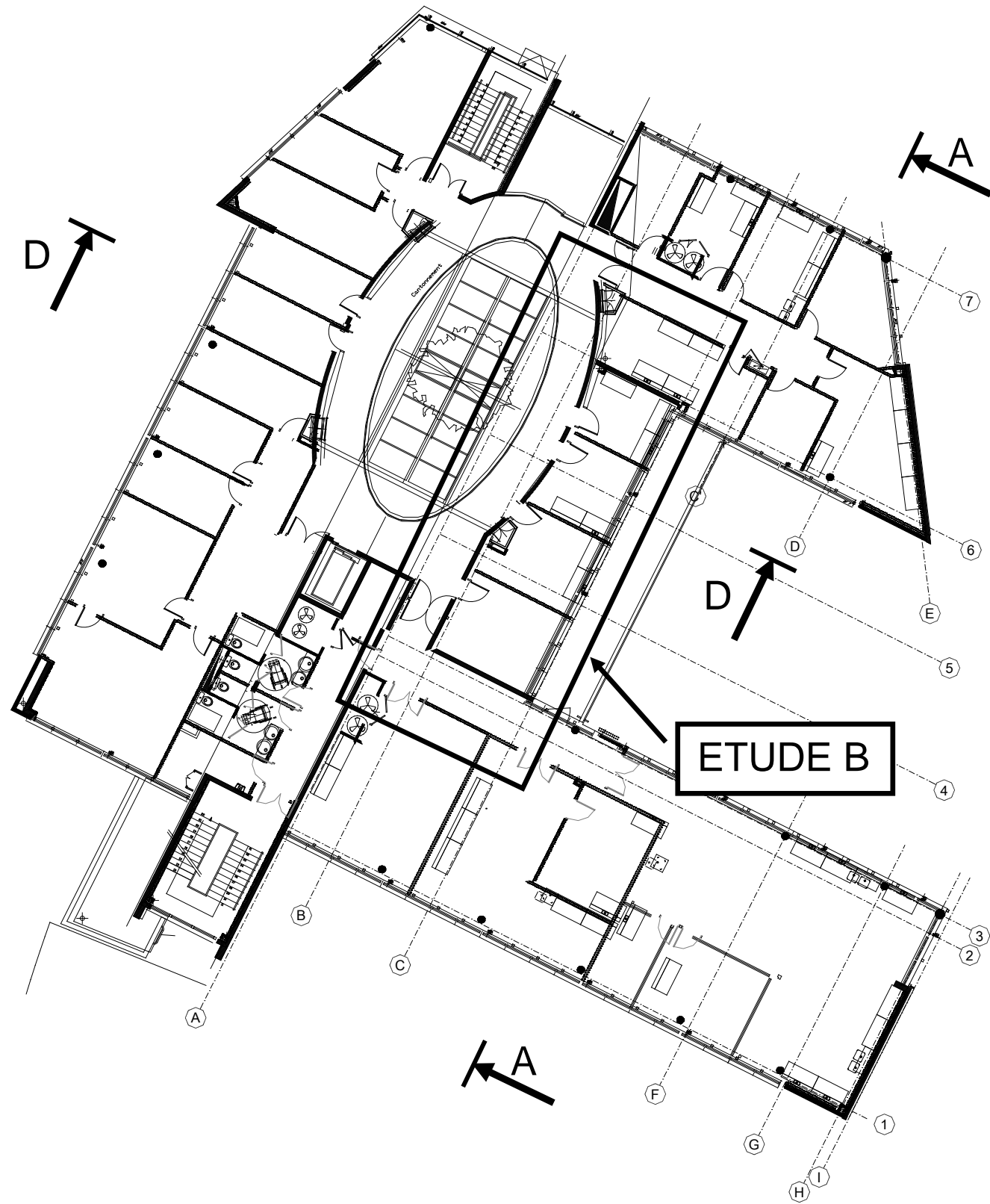


ELEVATION NORD



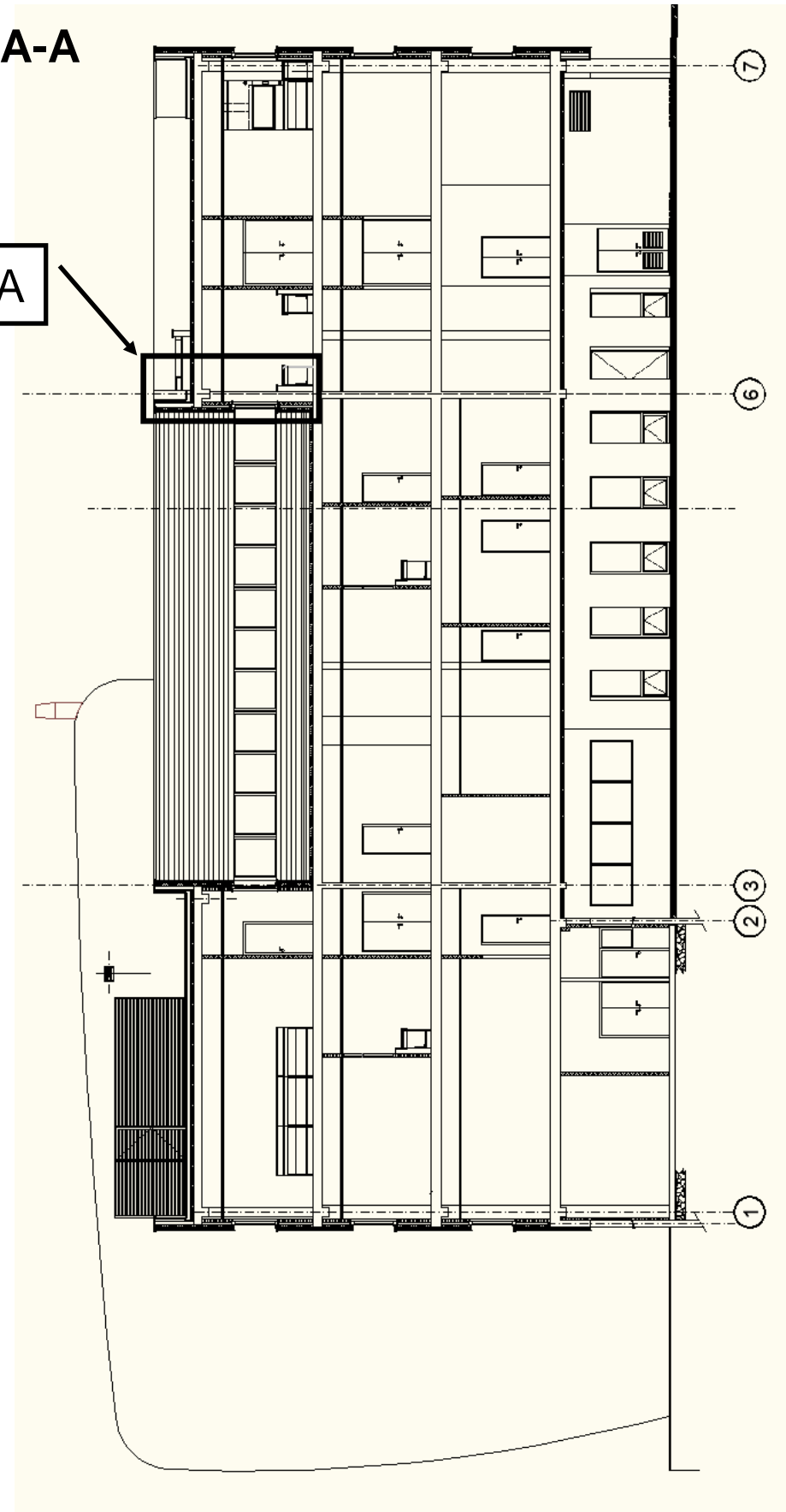
DT1

PLAN R+3



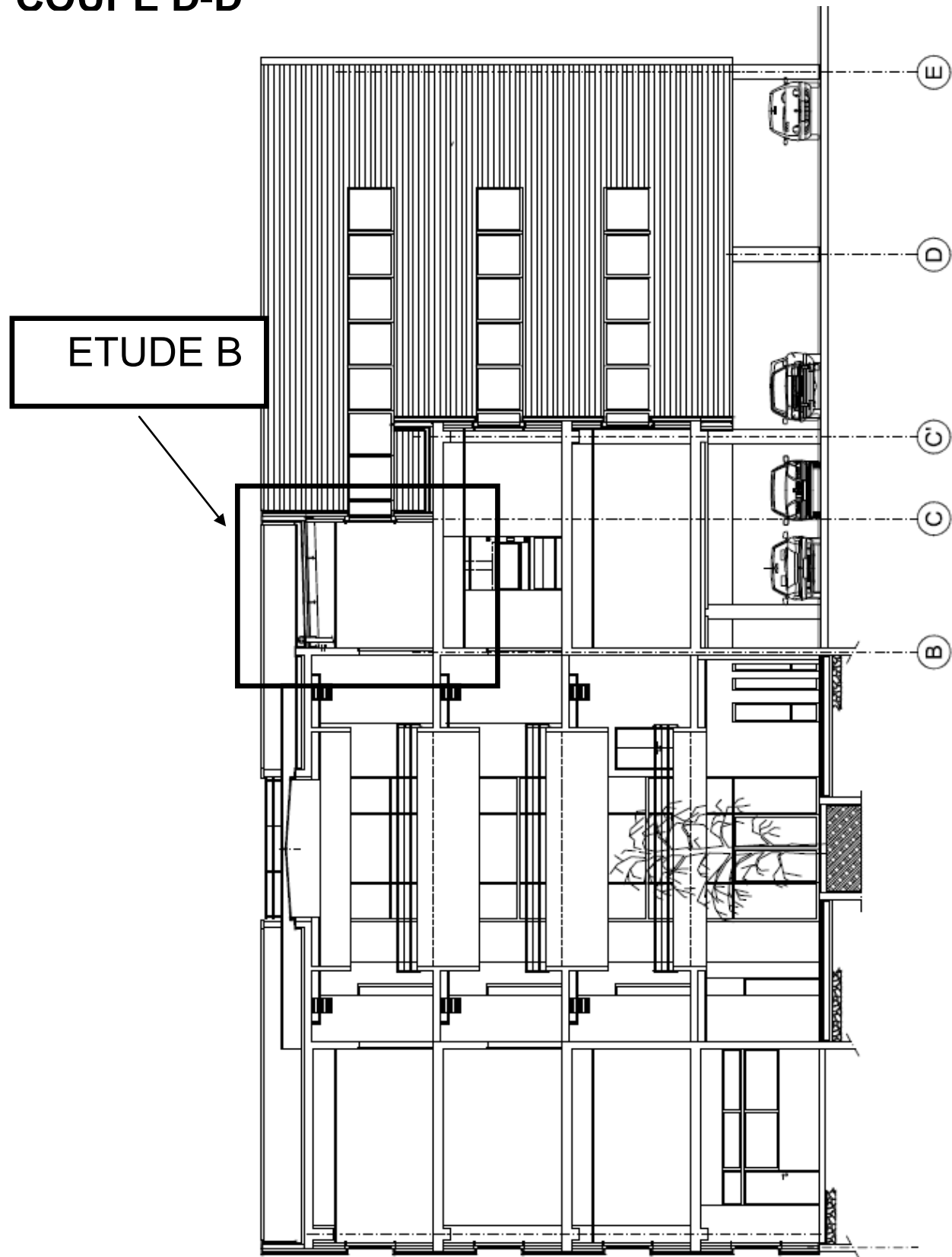
COUPE A-A

ETUDE A

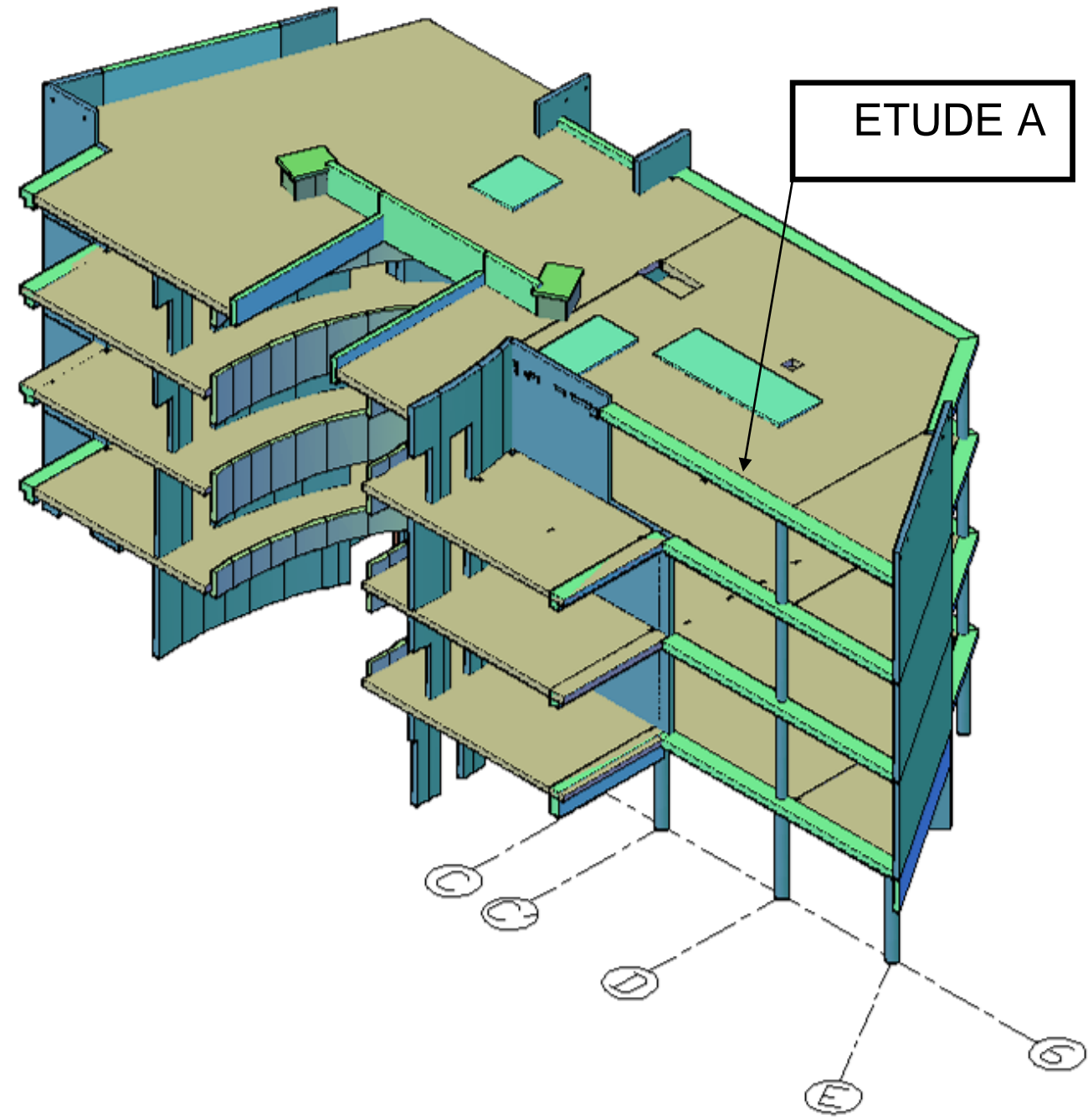


DT2

COUPE D-D




PERSPECTIVE

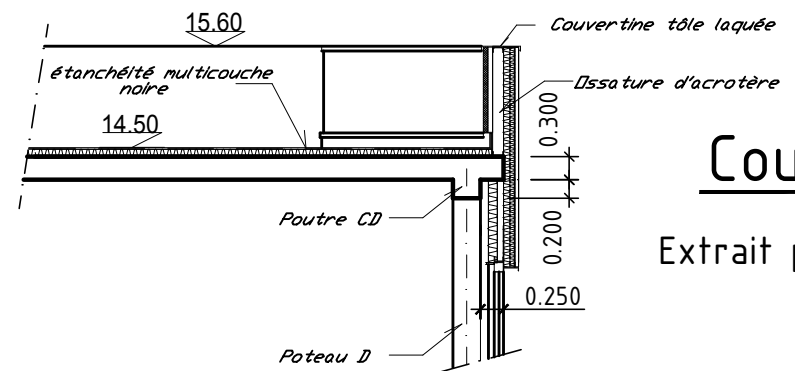
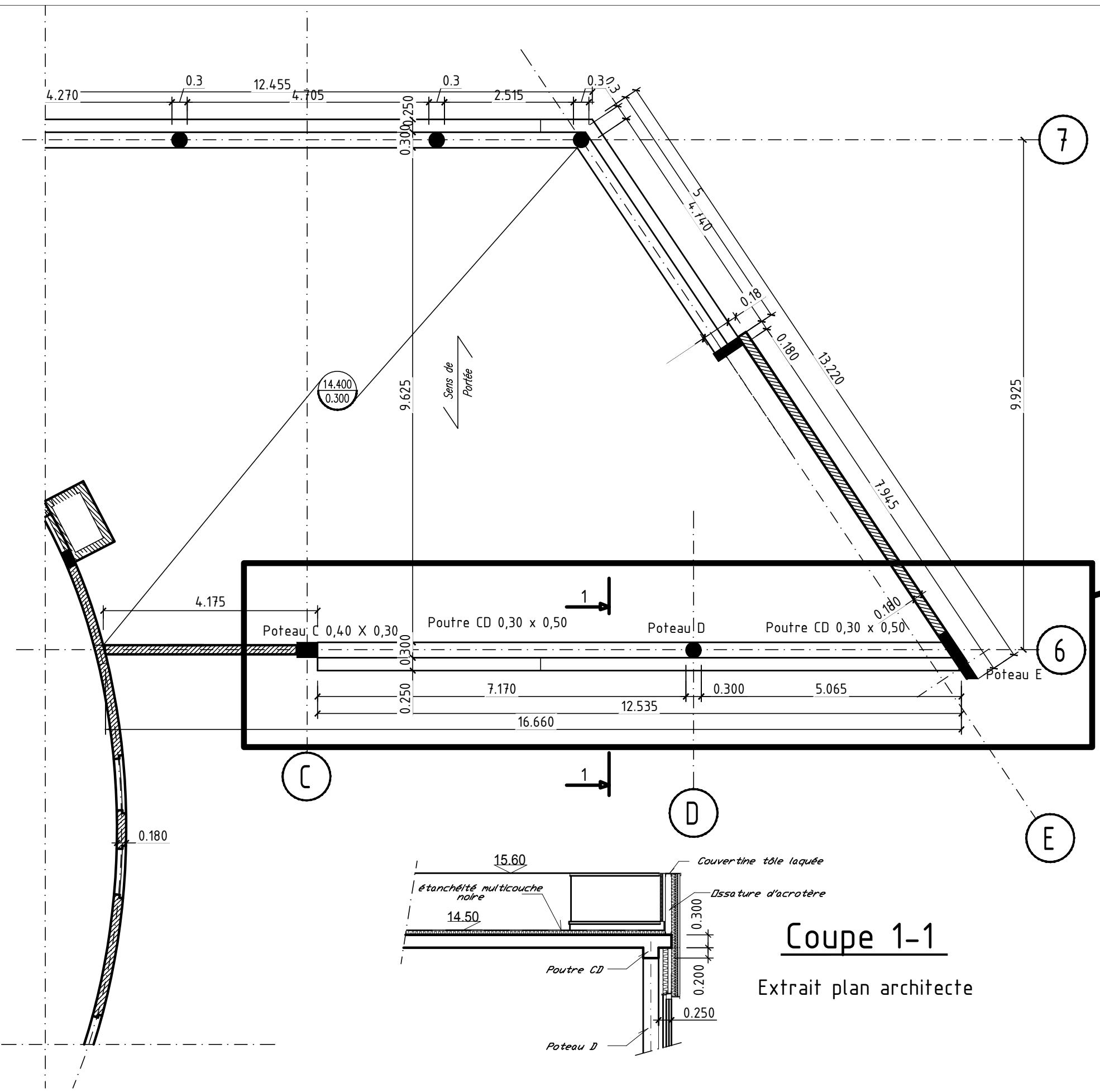


DT3

**EXTRAIT PLAN DE COFFRAGE
PLANCHER HAUT R+3**

 voile béton

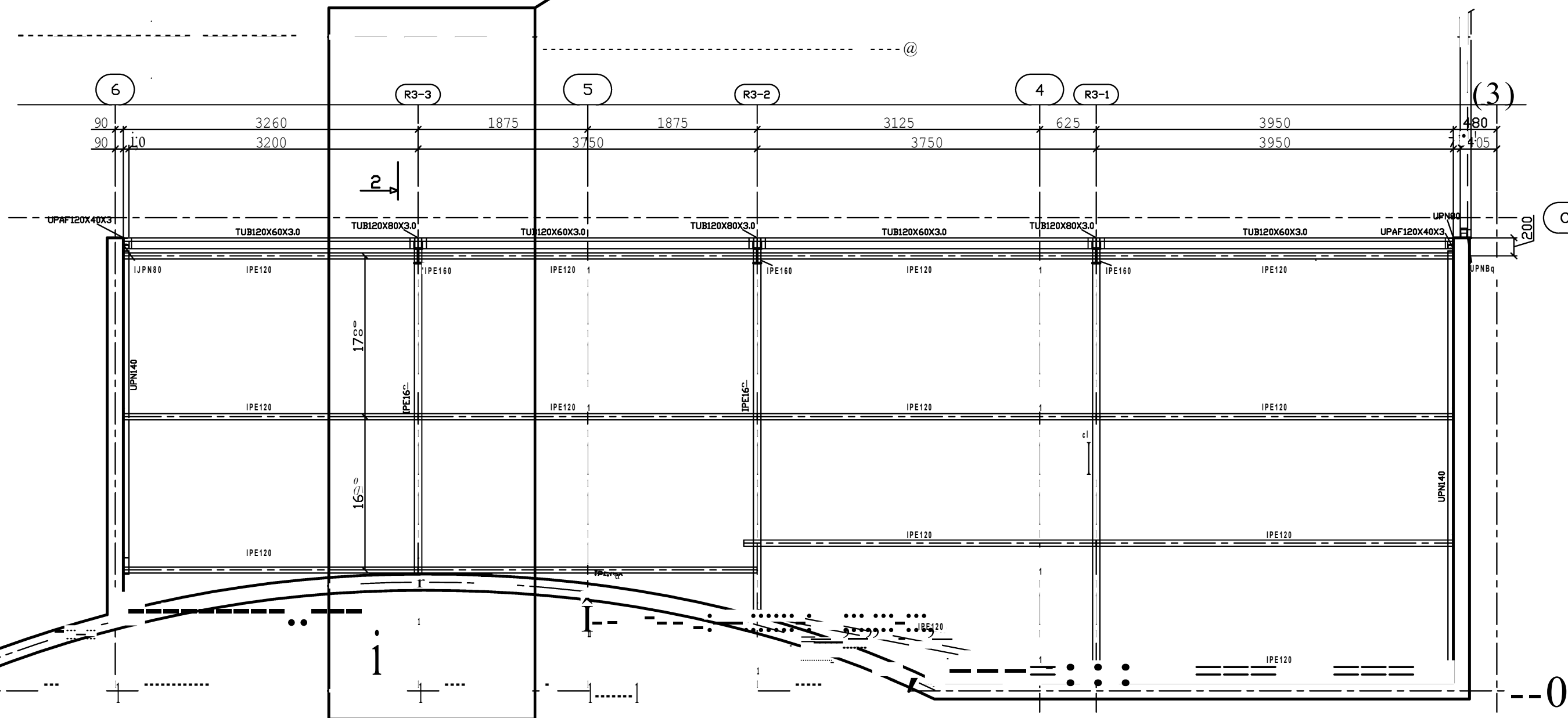
ETUDE A



Coupe 1-1
Extrait plan architecte

DT4

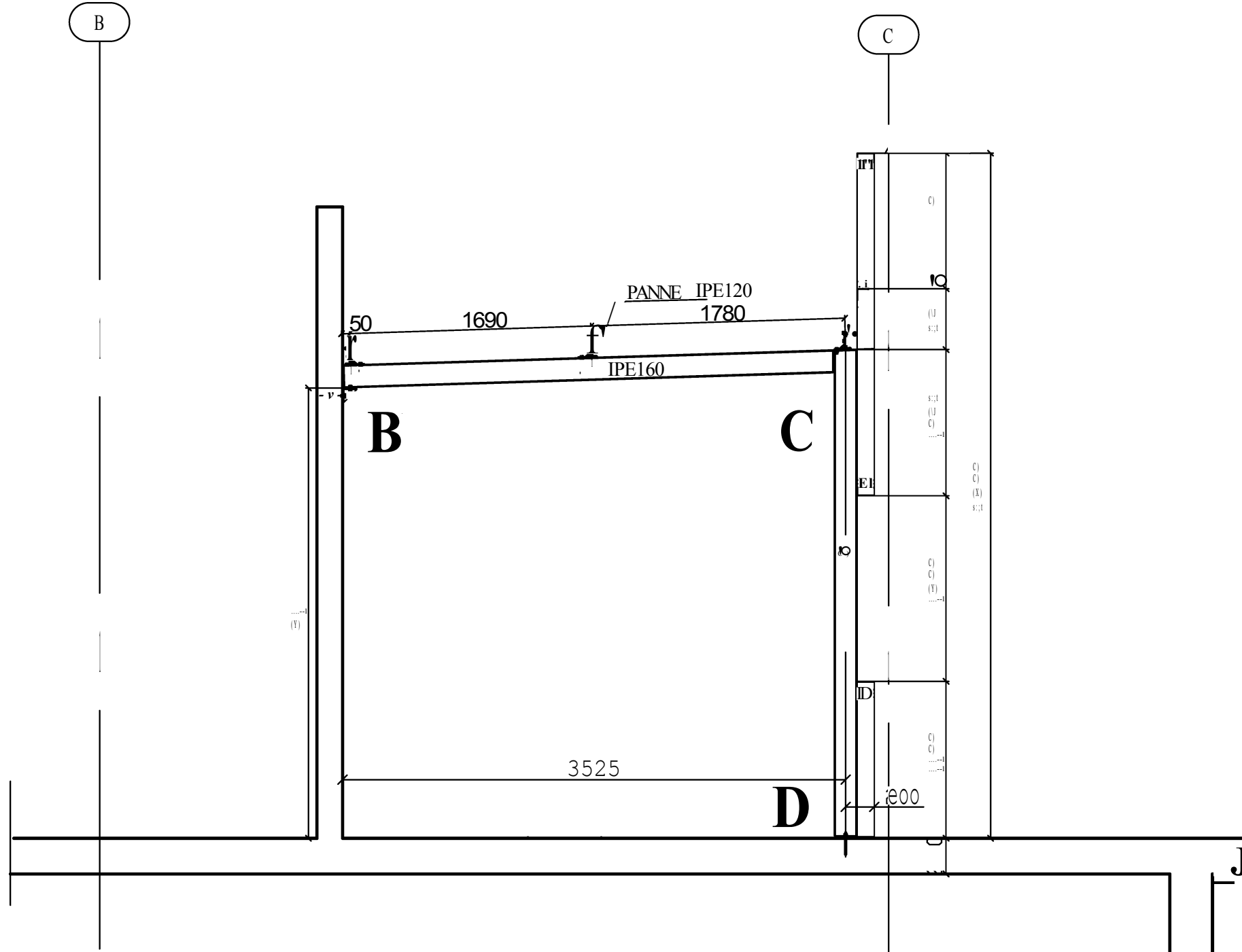
ETUDE B



PLAN TOITURE CHARPENTE MÉTALLIQUE R+3

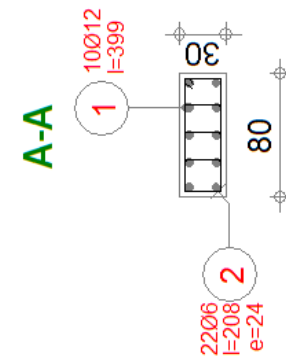
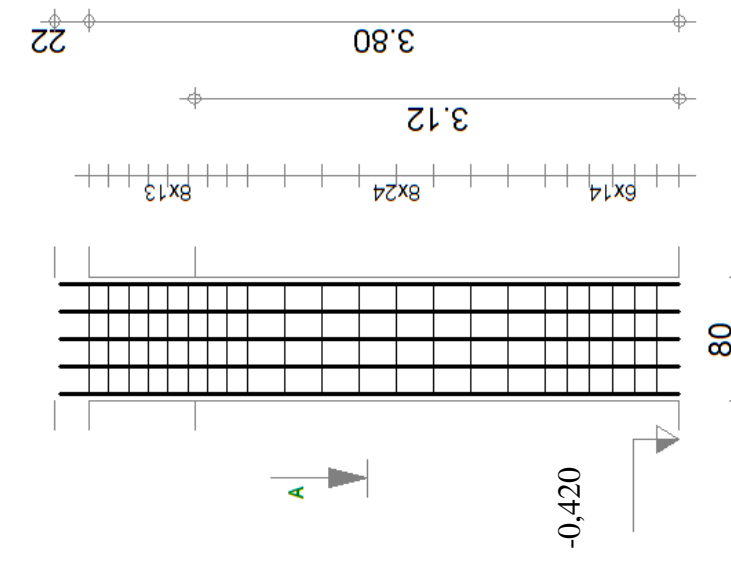
DT5

PLAN D'ARMATURE POTEAU RDC FILE 2



COUPE SUR PORTIQUE FILE R3-3

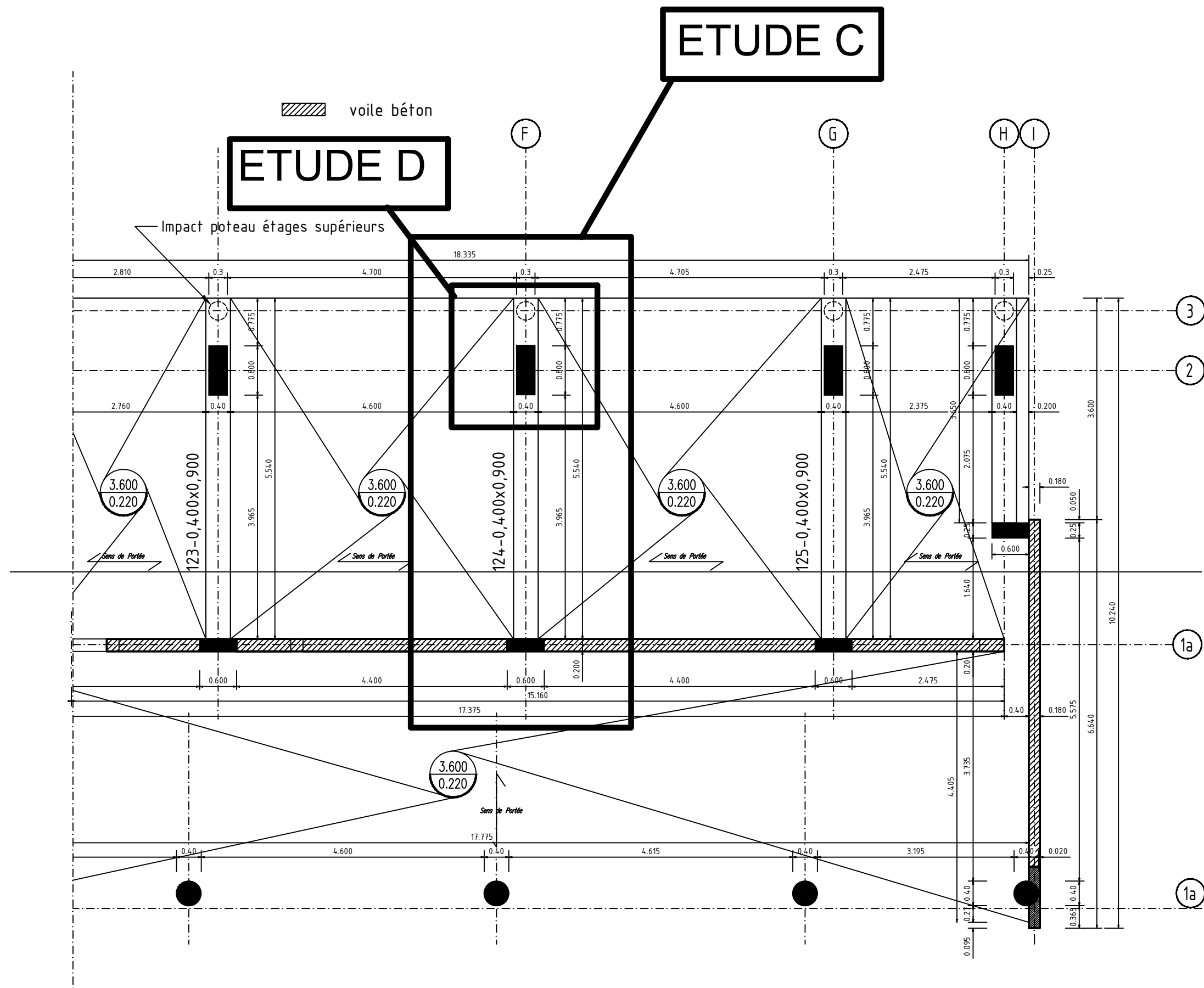
Pos.	Armature	Code	Forme	Acier
1	10 HA12 I=399	00	399	HA 500
2	22 HA 6 I=208	31	74 24 74	HA 500
3	66 HA6 I=43	00	24	HA 500



Classe d'exposition XC1	Diamètre max du granulats : 30 mm	Classe de structure : S4	Béton C25/30
Niveau RDC	Section 300 x 800	Enrobage 3 cm	Densité = 69,29 kg/m ³ Surface coffrage : 6,86 m ²
Poteau file 2			

DT6

PLAN DE COFFRAGE PLANCHER HAUT RDC



DT7

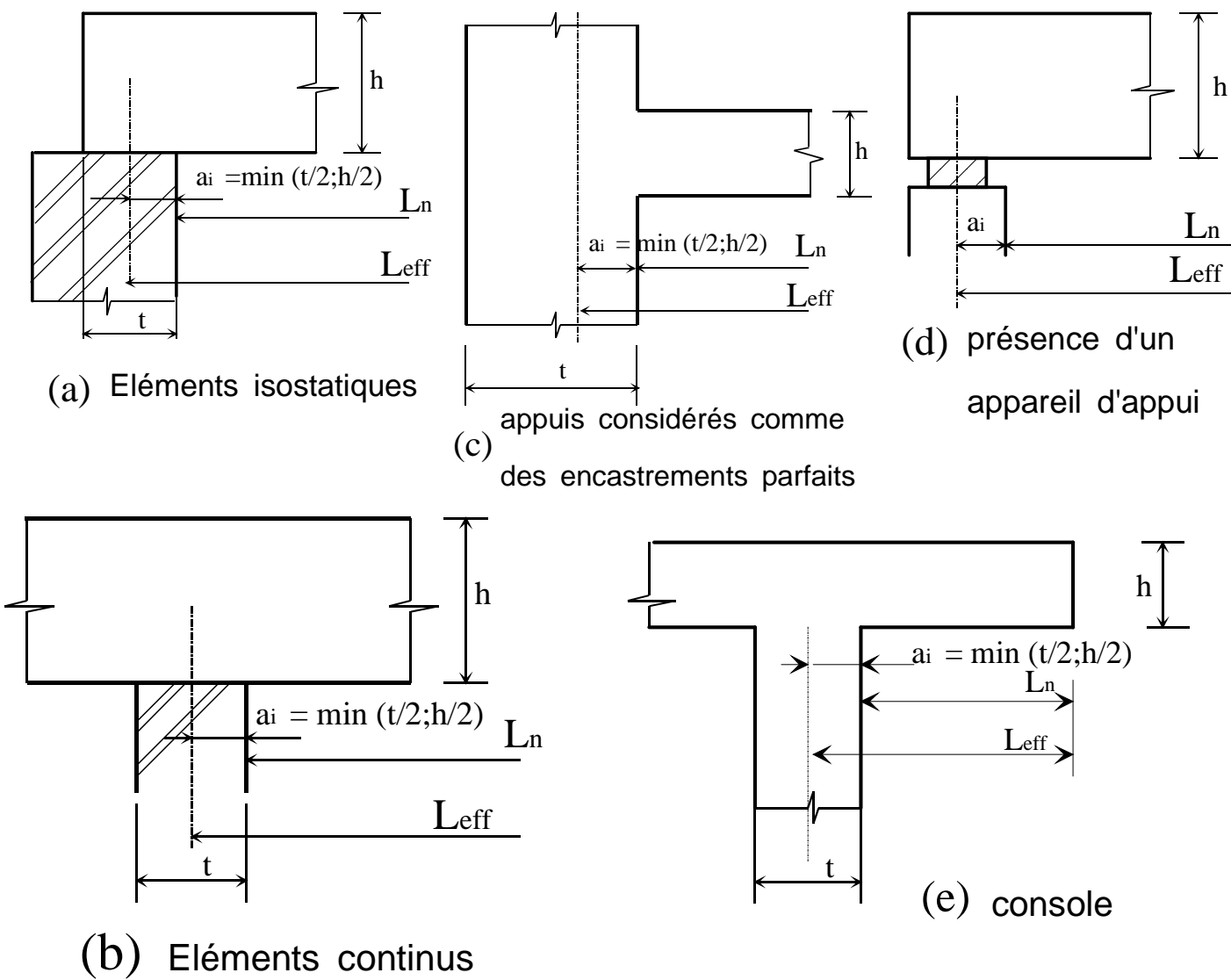
Annexe 1 : Portées utiles de calcul des poutres et dalles dans les bâtiments

Différents cas sont envisagés :

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

La portée utile l_{eff} d'un élément peut être calculée de la manière suivante ; $l_{eff} = l_n + a_1 + a_2$ {5.8}
 Avec l_n distance libre entre les nus d'appuis
 Les valeurs a_1 et a_2 à chaque extrémité de la portée, peuvent être déterminées à partir des valeurs correspondantes a_i de la figure 5.4.

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

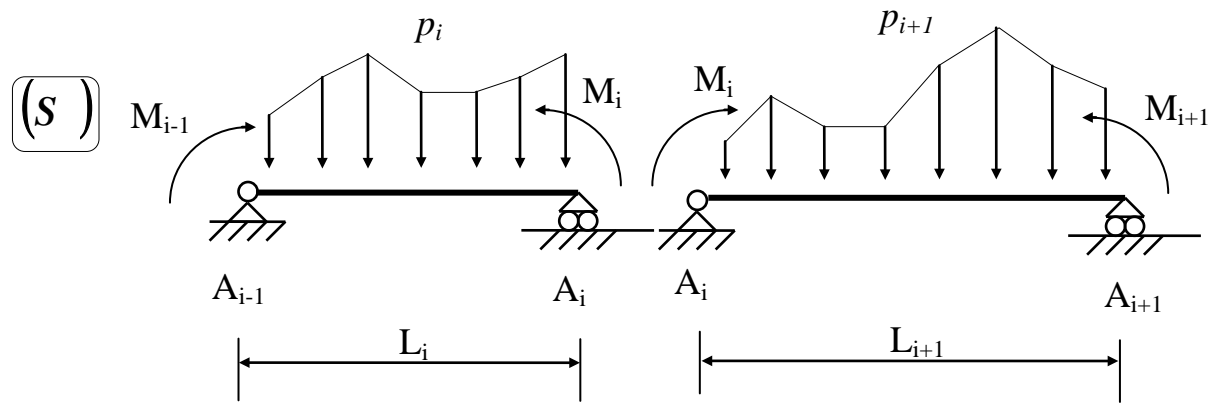
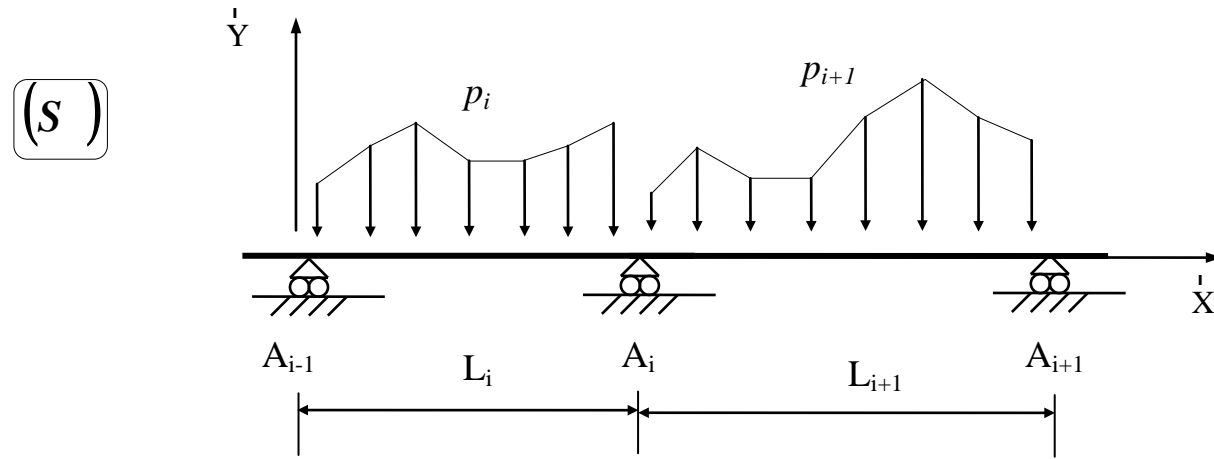


Annexe 2: Rotations et flèches pour les poutres isostatiques courantes

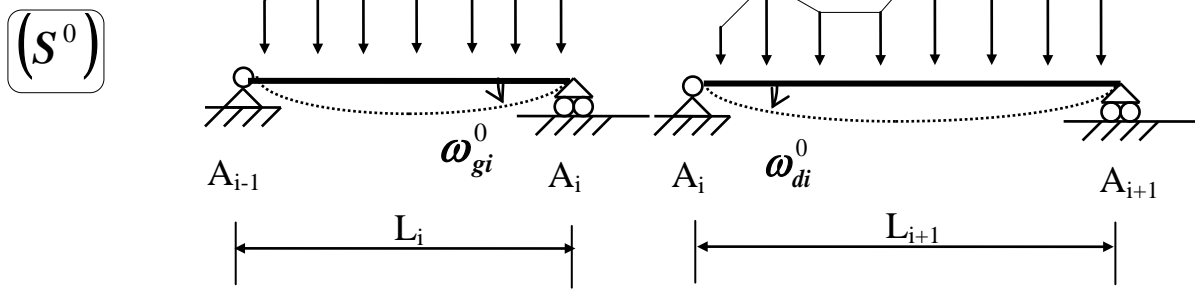
Schéma mécanique	Rotation aux appuis	Flèche
	$\omega_A = -\frac{pL^3}{24EI}$ $\omega_B = \frac{pL^3}{24EI}$	$f_{(L/2)} = \frac{5pL^4}{384EI}$
	$\omega_A = -\frac{Fa}{6EIL}(L-a)(2L-a)$ $\omega_B = \frac{Fa}{6EIL}(L^2 - a^2)$	pour $a \leq \frac{L}{2}$ $f_{(L/2)} = \frac{Fa}{48EI}(3L^2 - 4a^2)$
	$\omega_A = \frac{CL}{3EI}$ $\omega_B = -\frac{CL}{6EI}$	$f_{(L/2)} = \frac{CL^2}{16EI}$
	$\omega_B = -\frac{pL^3}{6EI}$	$f_{(L)} = \frac{pL^4}{8EI}$
	$\omega_B = -\frac{FL^2}{2EI}$	$f_{(L)} = \frac{FL^3}{3EI}$

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

avec $EI = \text{constante}$ sur l'ensemble de la poutre



Système isostatique associé p_i



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

Annexe 4 : Extrait catalogue profilés

Caractéristiques des profils IPE

Les axes et désignations sont conformes à l'Eurocode 3.

Profil	h mm	b mm	t _w mm	t _f mm	r mm	P kg/m	A cm ²	I _y cm ⁴	W _{el,y} cm ³	Rayon de gyration i _y cm	2 · S _y Module plastique W _{pl,y} cm ³		I _z cm ⁴	W _{el,z} cm ³	i _z cm	2 · S _z	
											W _{pl,z} cm ³	A _{yz} cm ²				W _{pl,z} cm ³	A _{yz} cm ²
80	80	46	3,8	5,2	5	6,0	7,64	80,1	20,0	3,24	23,2	3,6	8,48	3,69	1,05	5,8	5,1
100	100	55	4,1	5,7	7	8,1	10,3	171,0	34,2	4,07	39,4	5,1	15,91	5,78	1,24	9,1	6,7
120	120	64	4,4	6,3	7	10,4	13,2	317,8	53,0	4,90	60,7	6,3	27,65	8,64	1,45	13,6	8,6
140	140	73	4,7	6,9	7	12,9	16,4	541,2	77,3	5,74	88,3	7,6	44,90	12,30	1,65	19,2	10,6
160	160	82	5,0	7,4	9	15,8	20,1	869,3	108,7	6,58	123,9	9,7	68,28	16,65	1,84	26,1	12,8
180	180	91	5,3	8,0	9	18,8	23,9	1 317,0	146,3	7,42	166,4	11,3	10,81	22,16	2,05	34,6	15,3
200	200	100	5,6	8,5	12	22,4	28,5	1 943,2	194,3	8,26	220,6	14,0	142,31	28,46	2,24	44,6	18
220	220	110	5,9	9,2	12	26,2	33,4	2 771,8	252,0	9,11	285,4	15,9	204,81	37,24	2,48	58,1	21,3
240	240	120	6,2	9,8	15	30,7	39,1	3 891,6	324,3	9,97	366,6	19,1	283,58	47,26	2,69	73,9	14,8
270	270	135	6,6	10,2	15	36,1	45,9	5 789,8	428,9	11,23	484,0	22,1	419,77	62,19	3,02	97,0	29
300	300	150	7,1	10,7	15	42,2	53,8	8 356,1	577,1	12,46	628,4	25,7	603,62	80,48	3,35	125,2	33,7
330	330	160	7,5	11,5	18	49,1	62,6	11 766,9	713,1	13,71	804,3	30,8	788,00	98,50	3,55	153,7	38,7
360	360	170	8,0	12,7	18	57,1	72,7	16 265,6	903,6	14,95	1 019,1	35,1	1 043,20	122,73	3,79	191,1	45,3
400	400	180	8,6	13,5	21	66,3	84,5	23 128,4	1 156,4	16,55	1 307,1	42,7	1 317,58	146,40	3,95	229,0	51,1
450	450	190	9,4	14,6	21	77,6	98,8	33 742,9	1 499,7	18,48	1 701,8	50,8	1 675,35	176,35	4,12	276,4	58,3
500	500	200	10,2	16,0	21	90,7	116	48 198,5	1 927,9	20,43	2 194,1	59,9	2 140,90	214,09	4,30	335,9	67,2
550	550	210	11,1	17,2	24	106	134	67 116,5	2 440,6	22,35	1 390	72,3	2 666,49	253,95	4,45	400,5	76,1
600	600	220	12,0	19,0	24	122	156	92 083,5	3 069,4	24,30	1 760	83,8	3 385,78	307,80	4,66	485,6	87,9

Annexe 5 : Extraits de l'Eurocode NF EN 1993-1-1 et annexes nationales

Valeurs des coefficients partiels de sécurité γ_M

Valeurs des coefficients partiels de sécurité γ_M sur les résistances pour le calcul aux ELU			
Résistance concernée	Symbole utilisé	Domaine d'application	Valeurs EC3-DAN
Résistance des sections	γ_{M0}	<ul style="list-style-type: none"> Résistance des sections : <ul style="list-style-type: none"> de classe 1, 2 ou 3 bénéficiant de la marque NF Acier dans les autres cas 	1,00 1,00 1,00
	γ_{M2}	<ul style="list-style-type: none"> de classe 4 	1,25
		<ul style="list-style-type: none"> Résistance de section nette au droit des trous de boulons 	

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

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

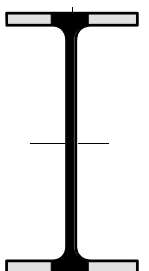

Pour l'effort tranchant

On doit vérifier : $\frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} \leq 1,0$ Calcul plastique $V_{c,Rd} = V_{pl,Rd} = A_v \frac{1}{\sqrt{3}} \frac{f_y}{\gamma_{M0}} = 0,58 A_v \frac{f_y}{\gamma_{M0}}$

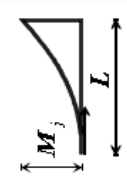
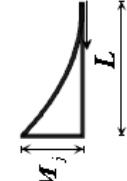

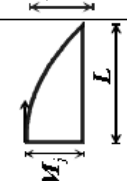

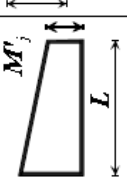

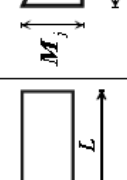
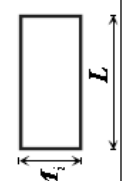
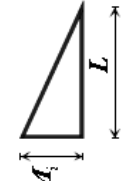
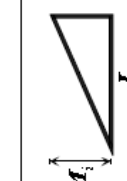
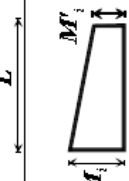
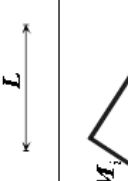

où V_{Ed} : effort tranchant (agissant) de calcul à l'E.L.U. ;

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

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

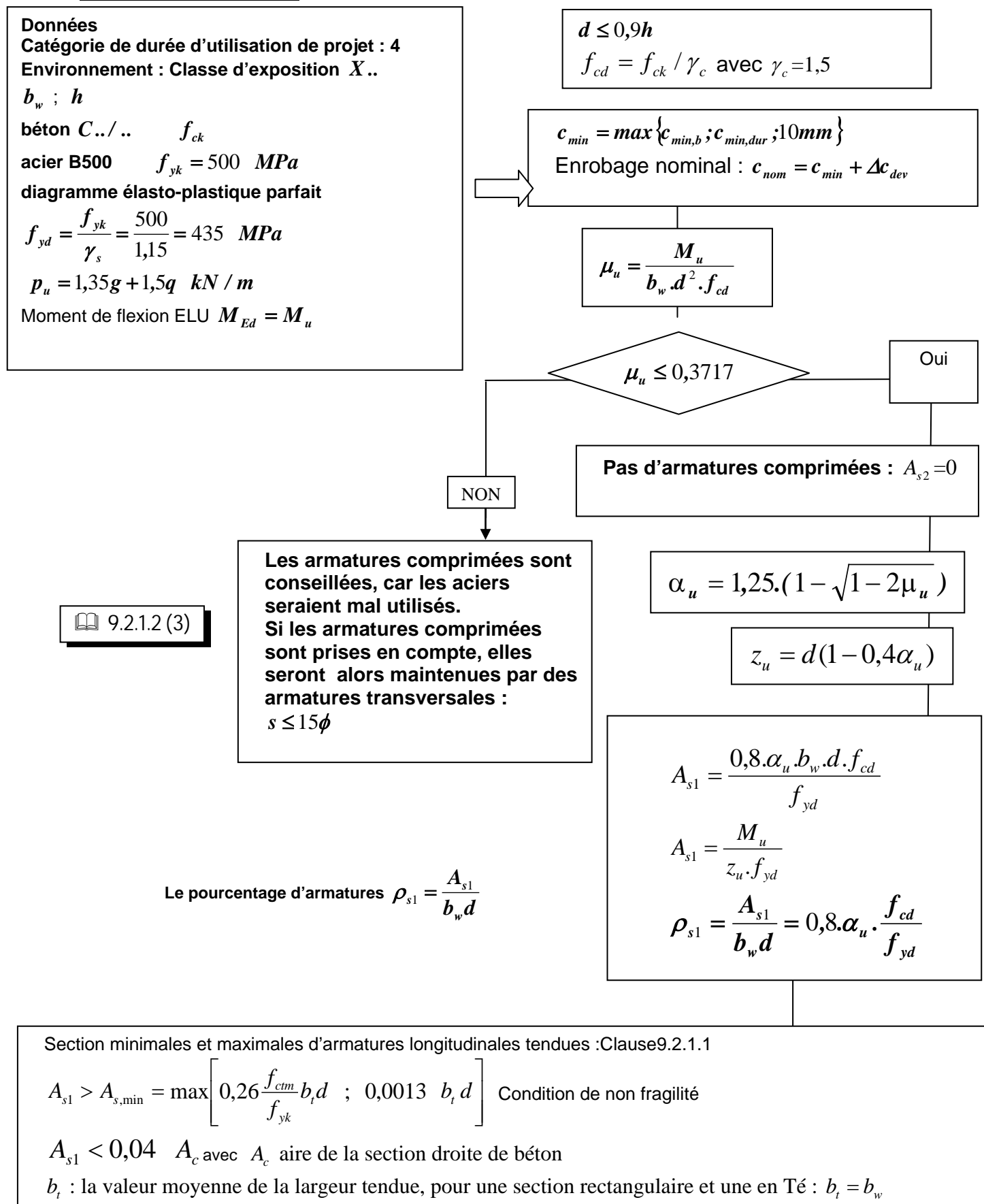
 <p>Laminés marchands : Les valeurs de l'aire plastifiée (A_v) sont données sur les tableaux de caractéristiques des profilés</p>	 <p>Profilés reconstitués soudés : Pour les P.R.S., la valeur de A_v est celle de l'âme seule</p>
--	--

Annexe 6 : Intégrales de Mohr

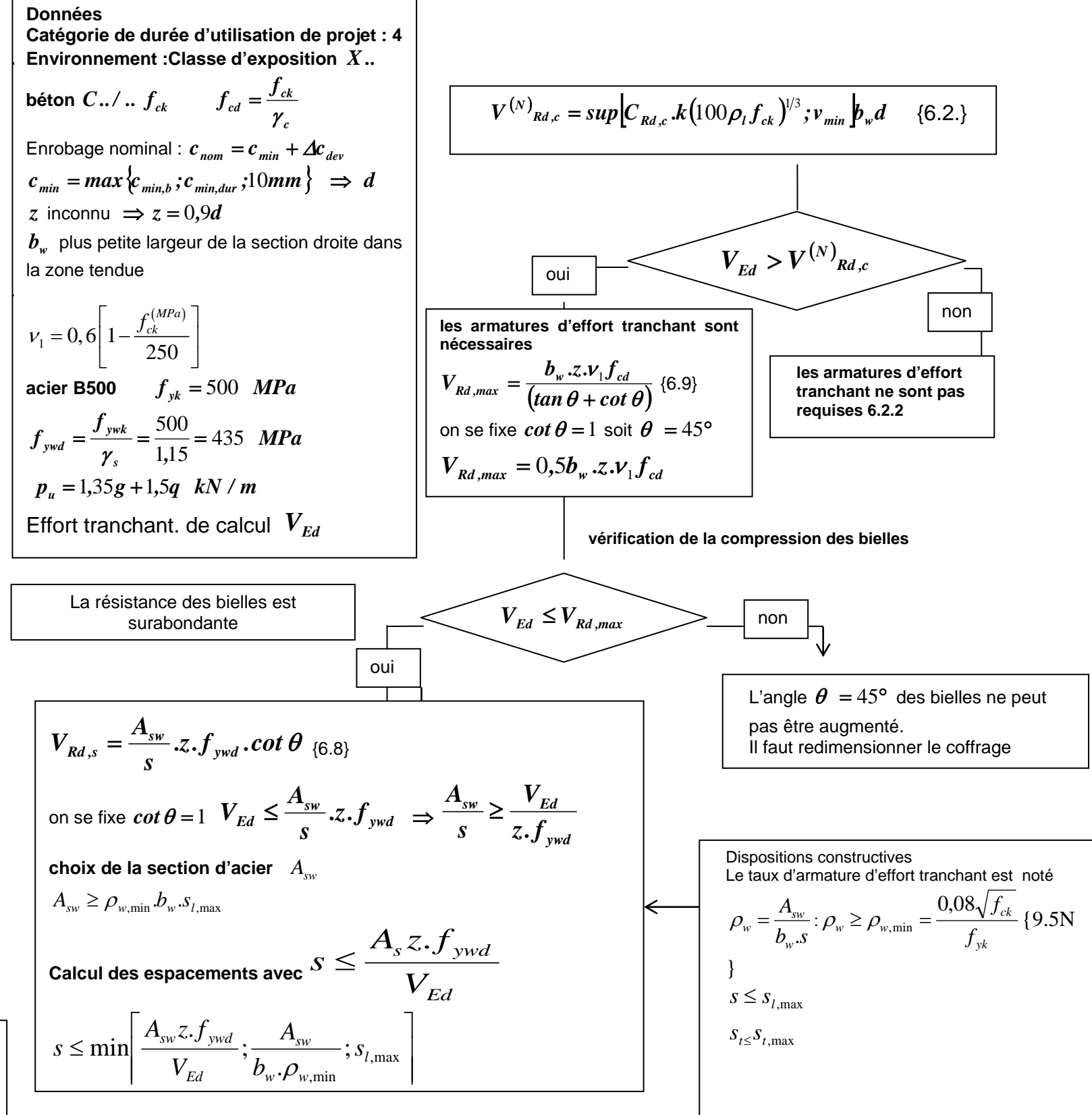
	$\frac{1}{3} LM_j M_j$	$\frac{1}{12} LM_i M_j$	$\frac{1}{4} LM_i M_j$	$\frac{1}{12} LM_j \times (M_i + 3M_i')$	$\frac{1}{12} LM_i M_j \times \left(\frac{3x' + x'^2}{L} \right)$	$\frac{7}{48} LM_i M_j$
	$\frac{1}{3} LM_i M_j$	$\frac{1}{4} LM_i M_j$	$\frac{1}{12} LM_i M_j$	$\frac{1}{12} LM_j \times (3M_i + M_i')$	$\frac{1}{12} LM_i M_j \times \left(\frac{3x' + x'^2}{L} \right)$	$\frac{7}{48} LM_i M_j$
	$\frac{2}{3} LM_i M_j$	$\frac{1}{4} LM_i M_j$	$\frac{5}{12} LM_i M_j$	$\frac{1}{12} LM_j \times (3M_i + 5M_i')$	$\frac{1}{12} LM_i M_j \times \left(\frac{3x' + x'^2}{L} \right)$	$\frac{17}{48} LM_i M_j$
	$\frac{2}{3} LM_i M_j$	$\frac{5}{12} LM_i M_j$	$\frac{1}{4} LM_i M_j$	$\frac{1}{12} LM_j \times (5M_i + 3M_i')$	$\frac{1}{12} LM_i M_j \times \left(\frac{3x' + x'^2}{L} \right)$	$\frac{17}{48} LM_i M_j$
	$\frac{2}{3} LM_i M_j$	$\frac{1}{3} LM_i M_j$	$\frac{1}{3} LM_i M_j$	$\frac{1}{3} LM_j (M_i + M_i')$	$\frac{1}{3} LM_i M_j \left(1 + \frac{x'^2}{L} \right)$	$\frac{5}{12} LM_i M_j$
	$\frac{1}{2} LM_i (M_j + M_i')$	$\frac{1}{6} LM_i (2M_j + M_i')$	$\frac{1}{6} LM_i (M_j + 2M_i')$	$\frac{1}{6} L (2M_i M_j + M_i M_i' + M_i M_j')$	$\frac{1}{6} LM_i \left[M_j \left(1 + \frac{x'}{L} \right) + M_i' \left(1 + \frac{x'}{L} \right) \right]$	$\frac{1}{4} LM_i (M_j + M_i')$
	$\frac{1}{2} LM_i M_j$	$\frac{1}{3} LM_i M_j$	$\frac{1}{6} LM_i M_j$	$\frac{1}{6} LM_j (2M_i + M_i')$	$\frac{1}{6} LM_i M_j \left(1 + \frac{x'}{L} \right)$	$\frac{1}{4} LM_i M_j$
	$LM_i M_j$	$\frac{1}{2} LM_i M_j$	$\frac{1}{2} LM_i M_j$	$\frac{1}{2} LM_j (M_i + M_i')$	$\frac{1}{2} LM_i M_j$	$\frac{1}{2} LM_i M_j$
$m_j(x)$						

Dans le tableau, M_i , M_j , M_i' , M_j' , sont les extrêmes des fonctions $m_i(x)$ et $m_j(x)$. Ils sont à prendre en valeurs algébriques.

Annexe 7 : Organigramme de calcul des armatures longitudinales en flexion simple, section rectangulaire



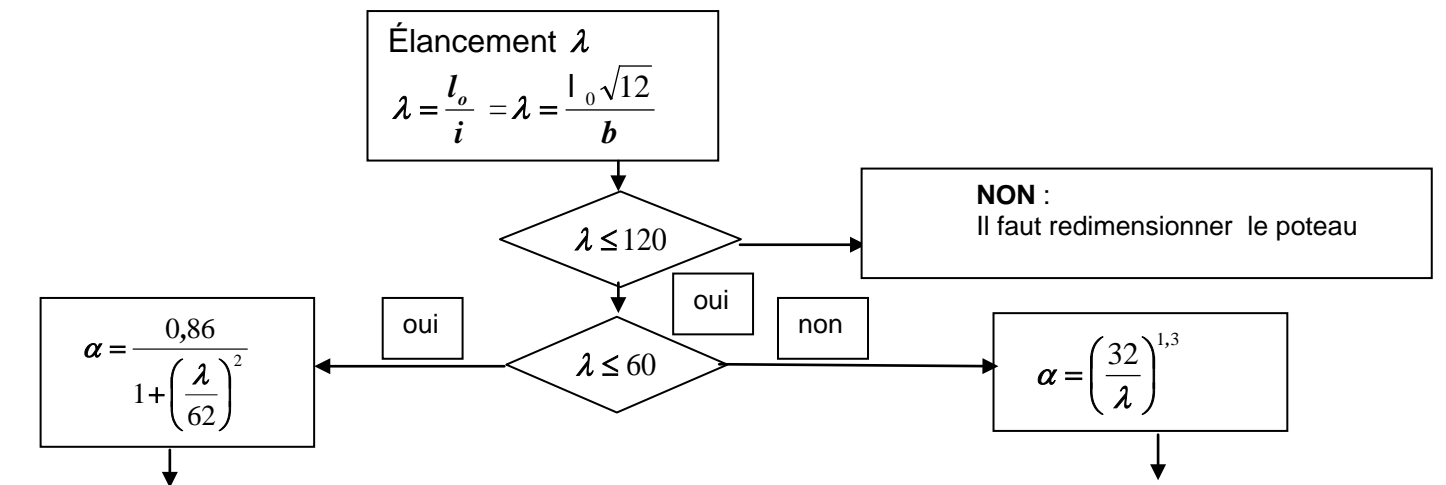
Annexe 8 : Organigramme simplifié de calcul des armatures d'effort tranchant en flexion simple



Annexe 9: Organigramme poteaux rectangulaires

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, correspond au sens du flambement)
- Enrobage relatif $\delta = \frac{d'}{b}$ $d' = c_{nom} + \phi_l + \phi_l / 2$ 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 classe B500 donnant $f_{yk} = 500$ MPa et $f_{yd} = f_{yk} / 1,15 = 434,8$ MPa
- La longueur efficace (ou de flambement) notée $l_0 =$ longueur libre du poteau notée l



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

Avec $\rho = \frac{A_s}{A_c}$ et si $b < 0,500$ m alors $k_h = [0,75 + 0,5 \cdot b^{(m)}] [1 - 6 \cdot \rho \cdot \delta]$ sinon $k_h = 1$

La valeur de A_s est obtenue en résolvant l'équation du 2^e degré suivante :

$$\left(6 \cdot \frac{\delta}{A_c} f_{yd}\right) A_s^2 - (f_{yd} - 6 \cdot \delta \cdot f_{cd}) \cdot A_s + \left(\frac{N_{Ed}}{K} - A_c \cdot f_{cd}\right) = 0$$

avec $k = \alpha (0,75 + 0,5 \cdot b^{(m)})$ avec b en m

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

Section minimale des armatures longitudinales

$$A_{s,min} = \max \left[\frac{0,10 N_{Ed}}{f_{yd}} ; 0,002 A_c \right] \quad \{9.12N\}$$

A_c = aire de la section brute transversale de béton
 f_{yd} limite élastique de calcul de l'armature
 Le diamètre des barres longitudinales $\phi_l \geq \phi_{min} = 8$ mm

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

si $h > 250$ mm alors $s_{l,max} = 0,75d$ sinon $s_{l,max} = 0,90d$

$s_{t,max}$: Espacement transversal maximal des brins verticaux dans une série de cadres, étriers ou épingles.

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

$$k = \min \left[1 + \sqrt{\frac{200}{d^{(mm)}}}; 2 \right] \quad C_{Rd,c} = \frac{0,18}{\gamma_c} \text{ pourcentage } \rho_l \text{ d'acier longitudinal de}$$

$$\text{flexion } \rho_l = \frac{A_{st}}{b_w \cdot d} \leq 0,02$$

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

$v_{min} = \frac{0,034}{\gamma_c} f_{ck}^{1/2}$ pour les dalles bénéficiant d'un effet de redistribution transversale sous le cas de charge considéré.

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

La section maximale des armatures longitudinales

en dehors des zones de recouvrement $A_{s,max} = 0.04A_c$

dans les zones de recouvrement $A_{s,max} = 0.08A_c$

Armatures transversales :

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

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

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

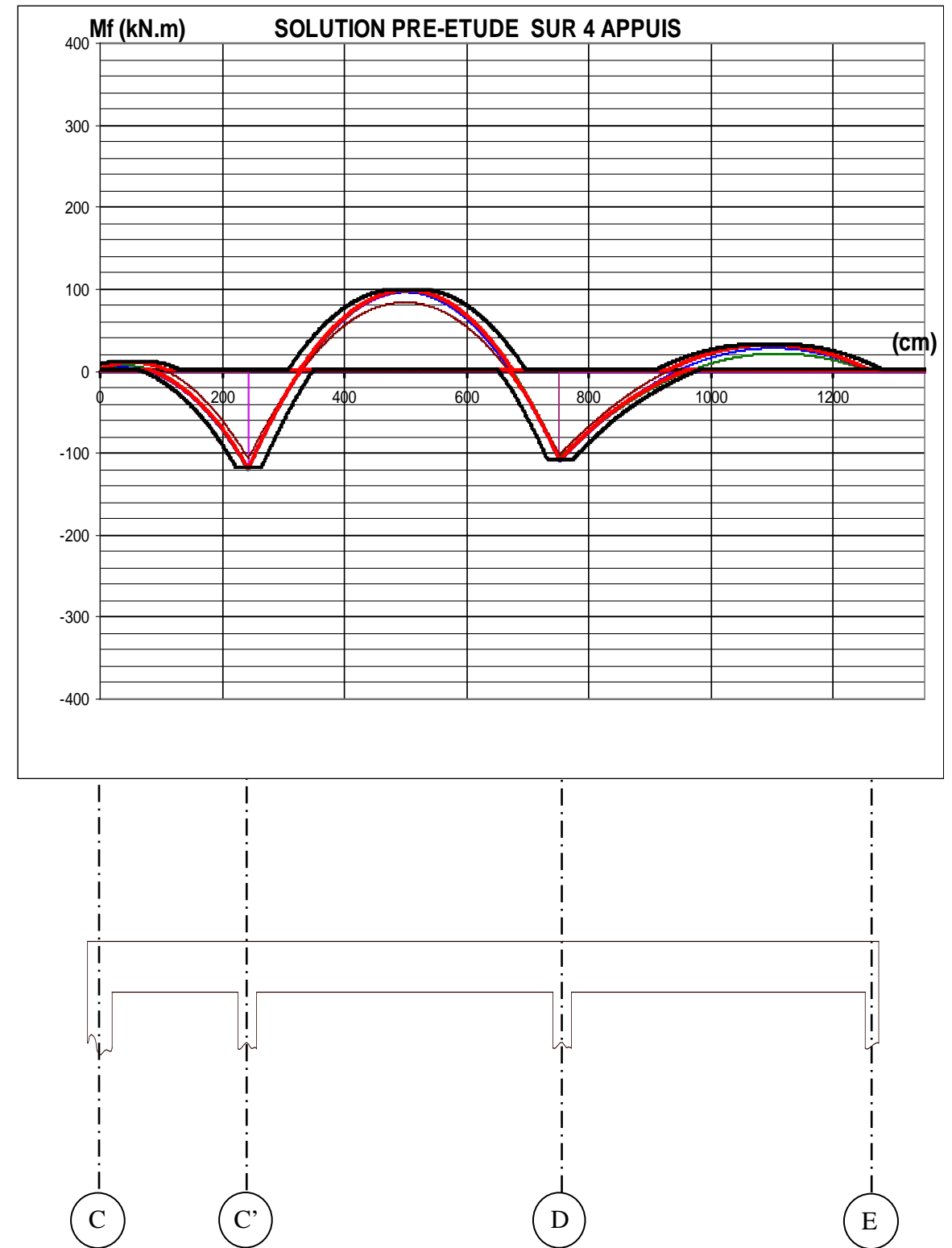
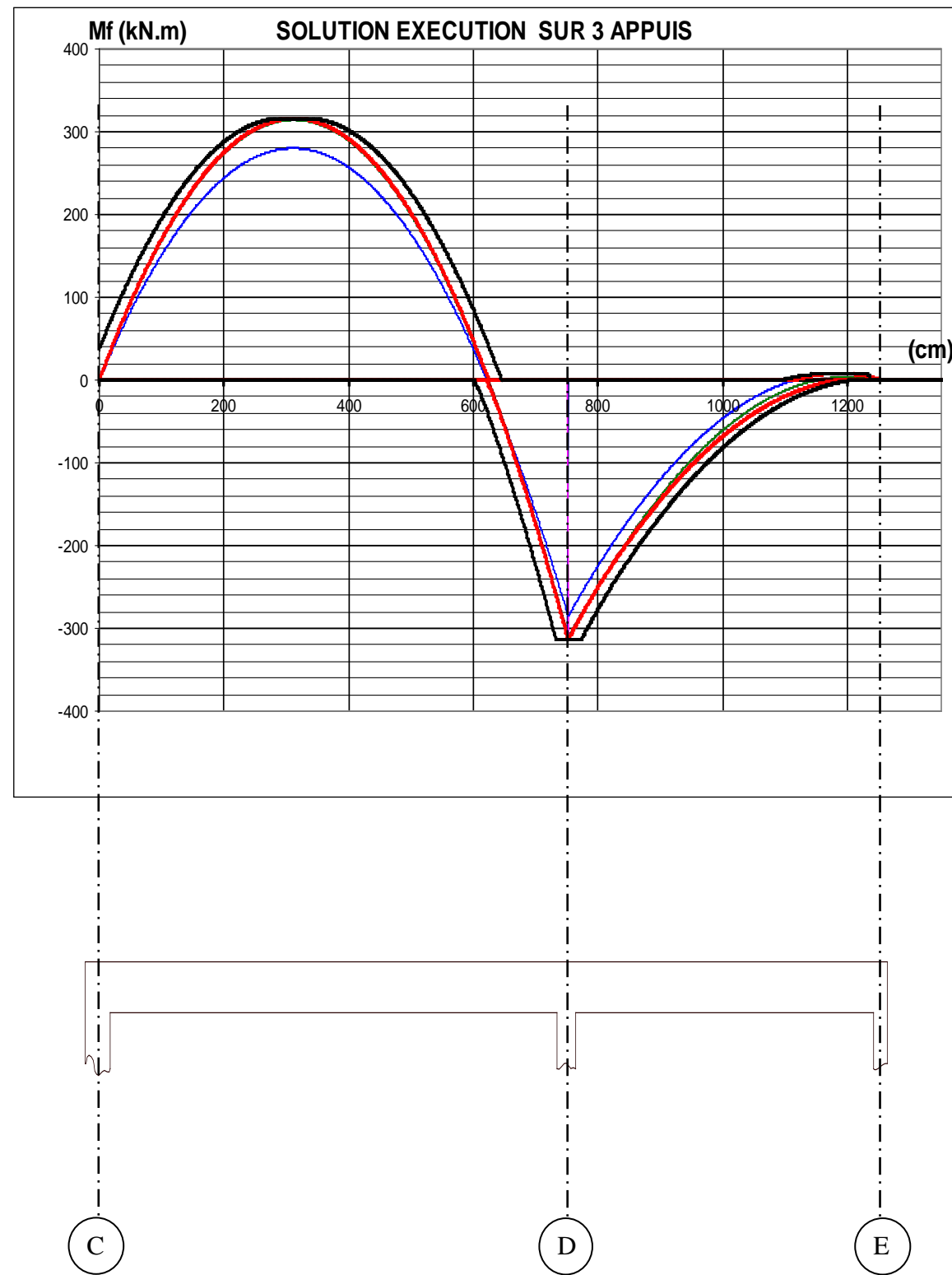
b = plus petite dimension transversale

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

Annexe 10 : Aciers en barres

Diamètre mm	Poids kg/m	Périmètre cm	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

DOCUMENT REPONSE :

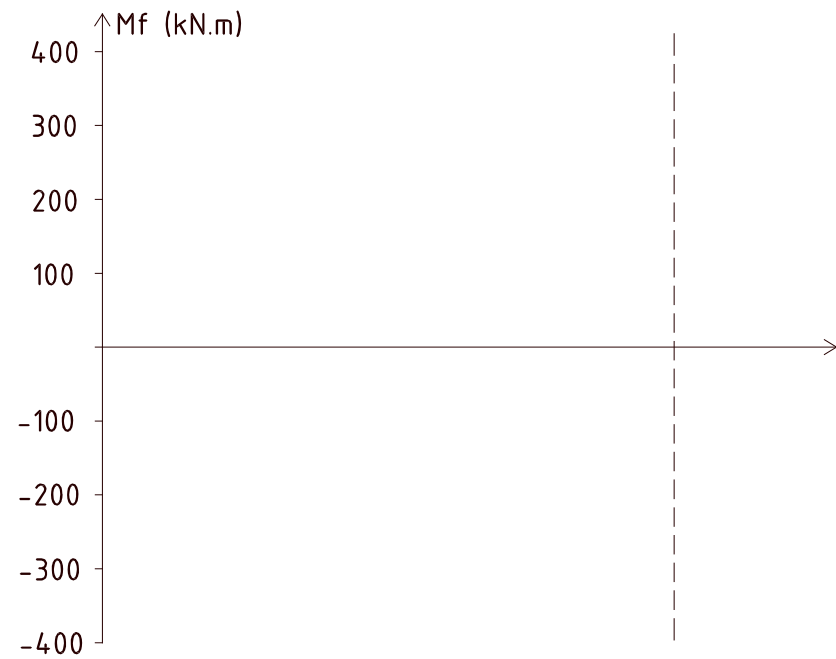
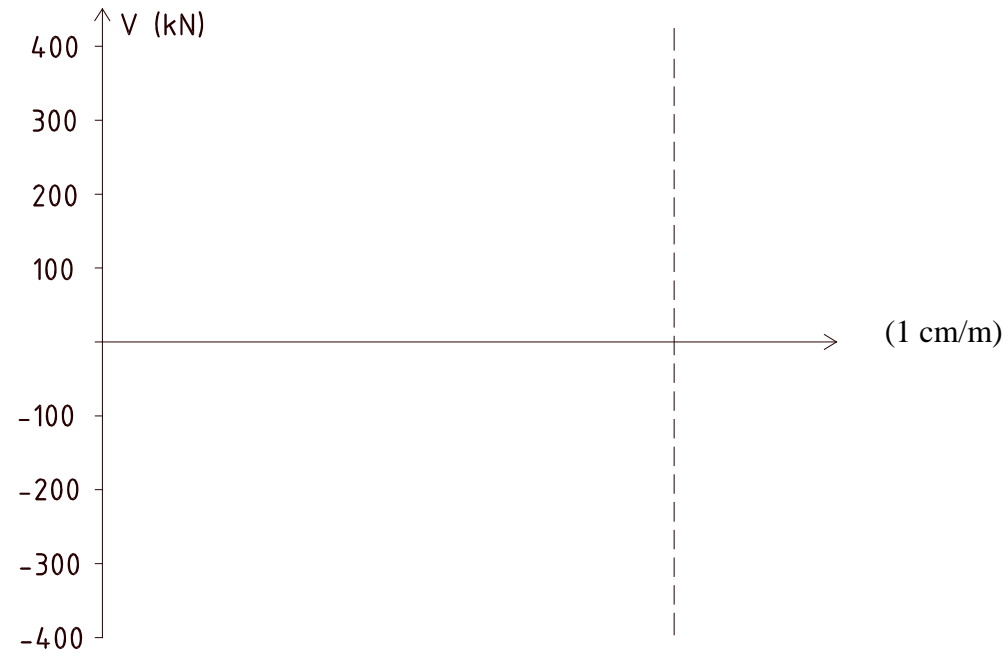
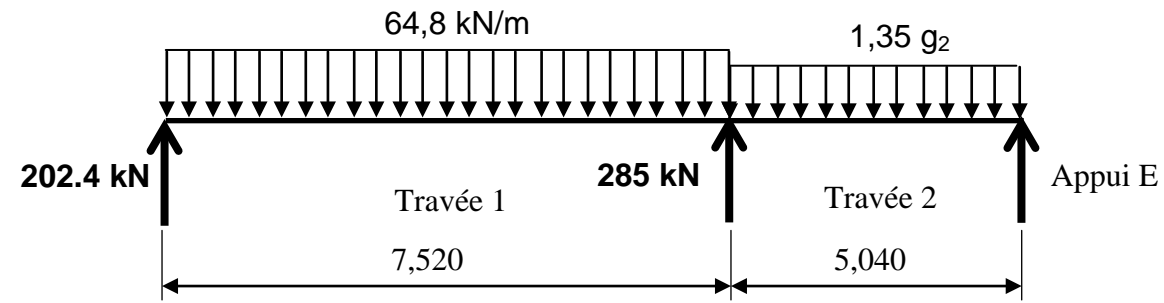


Echelle verticale non respectée pour des raisons de présentation.
Echelle horizontale : 1 cm/m

DR2

DOCUMENT REPONSE :

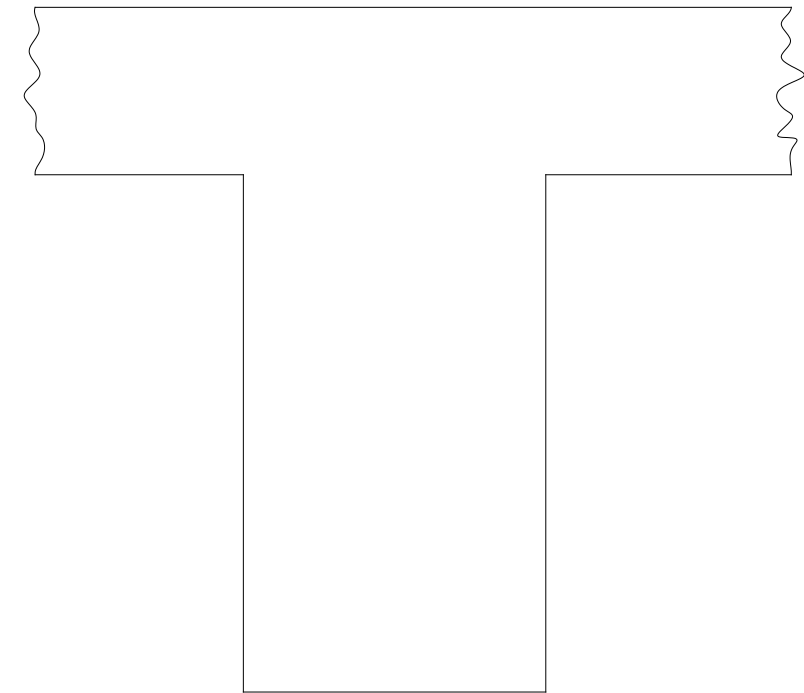
A-4 : Tracer le diagramme de l'effort tranchant et du moment fléchissant le long de la travée 1



DR1

DOCUMENT REPONSE :

C3 : Représenter sur le document réponse DR3 la section droite de la poutre au niveau de l'appui 2.



Echelle 1/10^e

DR3