

II.1. Introduction

Le pré dimensionnement des éléments résistants (Les planchers, Les poutres, Les poteaux, Les voiles) est une étape régie par des lois empiriques. Cette étape représente le point de départ et la base de la justification à la résistance, la stabilité et la durabilité de l'ouvrage aux sollicitations suivantes :

- Sollicitations verticales

Elles sont dues aux charges permanentes et aux surcharges d'exploitation de plancher, poutrelle, poutres et poteaux et finalement transmises au sol par les fondations.

- Sollicitations horizontales

Elles sont généralement d'origine sismique et sont requises par les éléments de contreventement constitué par les portiques.

Le pré dimensionnement de tous les éléments de l'ossature est conforme aux règles B.A.E.L 91, CBA93 et R.P.A 99 V2003

II.2. Pré dimensionnement des planchers :

Les planchers sont des aires horizontales qui servent à limiter les étages, ils ont une épaisseur "e" faible par rapport à leur dimension en plan, leur fonction principale est de résister et supporter les charges et surcharges afin de les transmettre aux éléments porteurs.

La détermination de la charge d'exploitation se fait suivant l'usage de l'étage :

- Terrasse accessible $Q=1.5\text{KN/m}^2$
- Plancher étage habitation : $Q=1.5\text{KN/m}^2$
- Plancher étage bureaux $Q=2.5\text{KN/m}^2$.
- Plancher étage commerciale $Q=4\text{KN/m}^2$

Dans notre structure, on utilise de types de planchers :

Plancher à corps creux Figure II.1

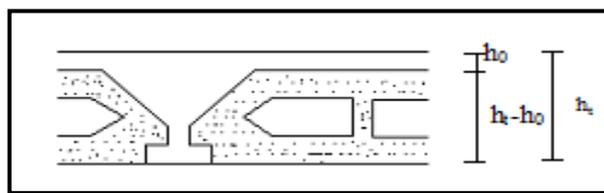


Figure II. 1 coupe d'un plancher à corps creux

h_t : L'ÉPAISSEUR TOTALE DU PLANCHER.

L : LA PLUS GRANDE PORTEE ENTRE NUS D'APPUI DES POUTRELLES.

1. 1 Détermination de l'épaisseur des planchers :

L'épaisseur du plancher est déterminée à partir de la condition de flèche :

$$\frac{ht}{L} \geq \frac{1}{22,5} \Rightarrow ht \geq \frac{L}{22,5}$$

L : La portée maximal entre nus d'appuis ;

h_t : Hauteur totale du plancher.

$$L = \min[L_{\max}(\text{sens } x) ; L_{\max}(\text{sens } y)] \Rightarrow L = \min[5,10 ; 3,80] \text{ m} = 3,80 \text{ m}$$

$$\frac{h_t}{L} \geq \frac{1}{22,5} \rightarrow ht \geq \frac{L}{22,5} = \frac{380}{22,5} = 16.88 \text{ cm}$$

On adopte un plancher d'une épaisseur de :

$$h_t = 20 \text{ cm} : \begin{cases} 16 \text{ cm} : \text{épaisseur du corps creux} \\ 4 \text{ cm} \text{ épaisseur de la dalle de compression} \end{cases}$$

2. Descente de charges des planchers :

Charge Permanente :

a.1 Plancher terrasse

Plancher	P (KN/m ²)
1. Etanchéité Multicouche (2 cm).	0,12
2. Isolation thermique en liège (4cm)	0,16
3. Par vapeur	0,05
4. Carrelage	0,4
5. Mortier de pose	0,4
6. Plancher corps creux (ep = 16+4) cm	2,80
7. Enduit en plâtre	0,2
8. Lit de sable	0,34
	G=4.47

Tableau II 1:charge permanente de plancher terrasse

a.2 plancher RDC ,1^{er} étage et étage courant

Plancher	P (KN/m ²)
Cloison légère	1,00
Carrelage (2cm)	0.4
Mortier de pose	0.4
Dalle à corps creux (ep = 16+4) cm	2,80
Enduit en plâtre (ep = 1,5 cm)	0,2
Lit de sable	0.34
	G_e =5,14

Tableau II. 2 charge permanente des planchers RDC ,1^{er} étage et étage courant**II.3. Pré dimensionnement des éléments porteurs :****1. Pré dimensionnement des poutres**

En construction, les poutres doivent avoir des sections régulières soit rectangulaires ou carrées. Ces sections sont obtenues en satisfaisant aux conditions suivantes.

- Critère de rigidité.
- Condition du R.P.A 99.

a)Pré dimensionnement des poutres principales [p.p]**a.1 Critère de rigidité :**

$$\begin{cases} \frac{L}{15} \leq h \leq \frac{L}{10} \\ 0,4d < b \leq 0,8d \end{cases}$$

Avec :

h : hauteur de la poutre.

b : largeur de la poutre.

L : la portée de la poutre.

$$\text{Pour } L = 510 \text{ cm} \Rightarrow \begin{cases} 34 \leq h \leq 51 \rightarrow h = 40 \text{ cm.} \\ 14,4 < b \leq 28,8 \rightarrow b = 30 \text{ cm.} \end{cases}$$

a.2 Condition du R.P.A 99 :

$$\begin{cases} h \geq 30 \text{ cm} \\ b \geq 20 \text{ cm} \\ (h/b) \leq 4 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} h = 40 \geq 30 \text{ cm} \\ b = 35 \geq 20 \text{ cm} \\ (40/30) = 1,3 \leq 4 \end{cases} \dots\dots\dots \text{Vérifiée}$$

Donc la section adoptée pour les poutres principales est $(30 \times 40) \text{ cm}^2$.

b. Pré dimensionnement des Poutres secondaire [P.S]

b.1 Critère de rigidité :
$$\begin{cases} \frac{L}{15} \leq h \leq \frac{L}{10} \\ 0,4d < b \leq 0,8d \end{cases}$$

Pour $L = 443 \text{ cm} \Rightarrow \begin{cases} 29,53 \leq h \leq 44,3 \rightarrow h = 35 \text{ cm} \\ 12,6 < b \leq 25,2 \rightarrow b = 30 \text{ cm} \end{cases}$

b.2 Condition du R.P.A 99

$$\begin{cases} h \geq 30 \text{ cm} \\ b \geq 20 \text{ cm} \\ (b/h) \leq 4 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} h = 35 \geq 30 \text{ cm} \\ b = 30 \geq 20 \text{ cm} \dots\dots\dots \text{vérifiée} \\ (h/b) = 1,16 \leq 4 \end{cases}$$

Donc la section adoptée pour les poutres secondaires est $(30 \times 35) \text{ cm}^2$

3. Pré dimensionnement des poteaux

Le calcul est basé en premier lieu sur la section du poteau le plus sollicité (central), la section afférente est la section résultante de la moitié des panneaux entourant le poteau

On a deux sections différentes des poteaux : rectangulaire et circulaire

La surface afférente du poteau rectangulaire est donnée par :

$$S = 3.65 \times 4,55 = 16,61 \text{ m}$$

La surface afférente du poteau circulaire est donnée par : $S=7,96$

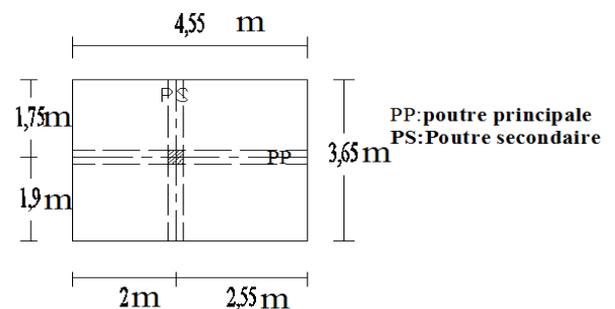


Figure II.2 : section afférente du poteau rectangulaire

a. Dégression des Surcharges d'exploitation

- Sous terrasse Q_0 .
- Sous étage 1 Q_0+Q_1 .
- Sous étage 2 $Q_0 + 0,95 (Q_1 + Q_2)$.
- Sous étage 3 $Q_0 + 0,90 (Q_1 + Q_2 + Q_3)$.
- Sous étage 4 $Q_0 + 0,85 (Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4)$.
- Sous étage n $Q_0 + \frac{3+n}{2n} (Q_1+Q_2+\dots\dots\dots +Q_n)$ Pour $n \geq 5$.

Niveau	La loi de dégression (kN/m ²)	La charge (kN/m ²)
Terrasse	$NQ_0 = 1.5$	1,5
10	$NQ_1 = Q_0 + Q_1$	3
09	$NQ_2 = Q_0 + 0,95(Q_1 + Q_2)$	4,35
08	$NQ_3 = Q_0 + 0,90(Q_1 + Q_2 + Q_3)$	5,55
07	$NQ_4 = Q_0 + 0,85(Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4)$	6,6
06	$NQ_5 = Q_0 + 0,80(Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5)$	7,5
05	$NQ_6 = Q_0 + 0,75(Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5 + Q_6)$	8,25
04	$NQ_7 = Q_0 + 0,71(Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5 + Q_6 + Q_7)$	8,96
03	$NQ_8 = Q_0 + 0,69(Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5 + Q_6 + Q_7 + Q_8)$	9,78
02	$NQ_9 = Q_0 + 0,67(Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5 + Q_6 + Q_7 + Q_8 + Q_9)$	10,55
01	$NQ_{10} = Q_0 + 0,65(Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5 + Q_6 + Q_7 + Q_8 + Q_9 + Q_{10})$	11,9
R.D.C	$NQ_{11} = Q_0 + 0,64(Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5 + Q_6 + Q_7 + Q_8 + Q_9 + Q_{10} + Q_{11})$	14,3
S.SOL	$NQ_{11} = Q_0 + 0,62(Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5 + Q_6 + Q_7 + Q_8 + Q_9 + Q_{10} + Q_{11} + Q_{12})$	15,45

Tableau II.3: Dégression des Surcharges d'Exploitation

b. Evaluation des charges

valeur non cumulée des charges et sur charges		Valeur cumulée des charges et sur charges	
Q (KN/m ²)	G (KN/m ²)	Q (KN/m ²)	G (KN/m ²)
1,5	4,47	1,5	4,47
1,5	5,14	3	9,61
1,5	5,14	4,35	14,75
1,5	5,14	5,55	19,89
1,5	5,14	6,6	25,03
1,5	5,14	7,5	30,17
1,5	5,14	8,25	35,31
1,5	5,14	8,96	40,45
1,5	5,14	9,78	45,59
1,5	5,14	10,55	50,73
2,5	5,14	11,9	55,87
4	5,14	14,3	61,01

Tableau II.4 : évaluation des charges

c. Méthode de calcul

Leur pré dimensionnement doit respecter les trois conditions suivantes:

- a. condition de résistance
- b. condition imposée par le RPA99
- c. condition de stabilité

a) condition de résistance:

On sait que :

$$\beta_r \geq \frac{K \cdot \beta \cdot N_u}{\left[\theta \cdot \left(\frac{\sigma_{bc}}{0,9} \right) + 0,85 \cdot \left(\frac{A}{\beta_r} \right) \cdot \sigma_s \right]}$$

D'après BAEL 91 on prend $\frac{A}{Br} = 1\% = 0.01$ avec

Br : Section nette du béton ; [Br = (a-0,02)(b -0,02)m²]

θ : facteur de durée d'application des charges ($\theta=1$)

K : Facteur correcteur pour la durée d'application des charges K =1, les charges étant appliquée généralement après 90jours

σ_{bc} : Résistance de calcul du béton en compression à l'état ultime.

$$N_u = 1,35 N_g + 1,5 N_q$$

N_g : Effort normal du aux charges permanentes

N_q : Effort normal du aux charges d'exploitations

Il se calcul en appliquant la loi de digression des charges d'exploitations

β : coefficient qui dépend de l'élanement du poteaux.

$$\beta = 1 + 0,2(\lambda / 35)^2 \quad \text{avec } \lambda \leq 35$$

Pour toutes les armatures participe on prend $\lambda = 35 \rightarrow \beta = 1,2$

$\sigma_s = \frac{f_e}{\delta_s} = 348 \text{MPa}$: résistance de calcul des aciers à L'ELU

La formule (*) est simplifiée et devient :

$$\beta_r \geq (1,2 \cdot N_u) \cdot 10 / \left[\left(\frac{14,20}{0,90} \right) + 0,85 \cdot \left(\frac{1}{100} \right) \cdot 348 \right]$$

Donc Br $\geq 0,64 \times N_u$

b) conditions imposées par le RPA99 :

Pour zone : on a

$$1- \text{Min}(b_1, h_1) \geq 25\text{cm} \quad \text{en zones IIa}$$

$$3- \text{Min}(b_1, h_1) \geq h_c/20$$

$$1/4 < b_1/h_1 < 4$$

Avec h_e : la hauteur libre d'étage

d. Calcul de la section du poteau**1) Poteau rectangulaire :****2. Exemples de calcul****1- Calcul de la section du poteau****a. poteau de (10^{ème} étage)****1. Effort normal ultime P_u :**

$$P_u = N_1(\text{plancher}) \cdot S_{\text{aff}(\text{Plancher})} + N_2(P.P) \cdot L_{\text{aff}(P.P)} + N_3(P.S) \times L_{\text{aff}(P.S)}$$

$$\bullet : (10^{\text{ème}} \text{ étage}) \rightarrow \begin{cases} G = 4,47 \text{ KN/m}^2 \\ Q = 1,5 \text{ KN/m}^2 \end{cases} \rightarrow N_{1(\text{Plancher})} = 1,35 G + 1,5 Q$$

$$\Rightarrow N_{1(\text{Plancher})} = 8,28 \text{ KN/m}^2$$

$$\bullet N_{2(P.P)} = 1,35(25 \cdot 0,30 \cdot 0,40) = 4,05 \text{ KN/ml}$$

$$\bullet N_{3(P.S)} = 1,35(25 \cdot 0,30 \cdot 0,35) = 3,54 \text{ KN/ml}$$

$$m = 1 \text{ Étages}$$

Donc :

$$P_u = 8,28 \times 16,61 + 4,05 \times 4,55 + 3,54 \times 3,65$$

$$P_u = 168,87 \text{ KN}$$

$$N_u = 1,15 P_u = 1,15 \times 168,87 = 194,20 \text{ KN}$$

On sait bien que : $B_r \geq 0,64 N_u \Rightarrow B_r \geq 124,29 \text{ cm}^2$.

$$a = \sqrt{B_r} + 0,02$$

$$a = 11,17$$

Donc on prend : $B = (35 \times 35)$

2. Vérification suivant RPA99 :

$$\left\{ \begin{array}{l} \min(h_1, b_1) \geq 25 \text{ cm} \\ \min(h_1, b_1) \geq \frac{h_e}{20} \\ \frac{1}{4} \leq \frac{b_1}{h_1} \leq 4 \end{array} \right. \Rightarrow \left\{ \begin{array}{l} \min(35, 35) \geq 25 \text{ cm} \\ \min(35, 35) \geq \frac{286}{20} = 14.3 \text{Condition vérifiée.} \\ \frac{1}{4} \leq \frac{35}{35} = 1 \leq 4 \end{array} \right.$$

b. poteau : (9^{ème} étage)**1. Effort normal ultime P_u :**

$$P_u = N_1(\text{plancher}) \cdot S_{\text{aff}(\text{Plancher})} + N_2(P.P) \cdot L_{\text{aff}(P.P)} + N_3(P.S) \times L_{\text{aff}(P.S)} + N_2 \text{ poteau}(10^{\text{EME}} \text{ etage}) \times L_P$$

$$9^{\text{ème}} \text{ etage} \rightarrow \begin{cases} G = 9.61 \text{ KN/m}^2. \\ Q = 3 \text{ KN/m}^2. \end{cases} \rightarrow N_{1(\text{Plancher})} = 1.35 G + 1.5Q$$

$$\Rightarrow N_{1(\text{Plancher})} = 17,47 \text{ KN/m}^2$$

$$\bullet N_{2(P.P)} = 1,35(25 \cdot 0,30 \cdot 0,40)2 = 8,10 \text{ KN/ml}$$

$$\bullet N_{3(P.S)} = 1,35(25 \cdot 0,30 \cdot 0,35)2 = 7,08 \text{ KN/ml}$$

$$m = 2 \text{ Étages}$$

$$\bullet N_{\text{POTEAU}} = 1,35(25 \cdot 0,35 \cdot 0,35) = 4,13 \text{ KN/ml}$$

Donc :

$$P_u = 17,47 \times 16,61 + 8,10 \times 4,55 + 7,08 \times 3,65 + 4,13 \times 3,06$$

$$P_u = 365,52 \text{ KN}$$

$$N_u = 1,15 P_u = 1,15 \times 365,52 = 420,35 \text{ KN}$$

$$B_r \geq 0,64 N_u \Rightarrow B_r \geq 269,02 \text{ cm}^2$$

$$a = \sqrt{B_r} + 0,02$$

$$a = 16,42 \text{ cm}$$

Donc on prend : $B = (35 \times 35)$

2. Vérification suivant RPA99 :

$$\left\{ \begin{array}{l} \min(h_1, b_1) \geq 25 \text{ cm} \\ \min(h_1, b_1) \geq \frac{h_e}{20} \\ \frac{1}{4} \leq \frac{b_1}{h_1} \leq 4 \end{array} \right. \Rightarrow \left\{ \begin{array}{l} \min(35, 35) \geq 25 \text{ cm} \\ \min(35, 35) \geq \frac{306}{20} = 15.3 \text{Condition vérifié} \\ \frac{1}{4} \leq \frac{35}{35} = 1 \leq 4 \end{array} \right.$$

	Q (KN)	G (KN)	Nu(Poutre Principal) (KN)	Nu(Poutre Secondaire) (KN)	Nu poteau KN	Nu (plancher) (KN)	Pu (kg)	Nu = 1,15xPu (KN)	Br = 0,64xNu (cm ²)	b1 × h1
10ieme étage	1,50	4,47	4.05	3.54	0	8.28	168.88	194.21	124.30	35*35
9ieme étage	3	9,61	8.1	7.08	4.13	17.47	365.51	420.34	269.02	35*35
8ieme étage	4,35	14,75	12.15	10.62	8.27	26.44	558.52	642.30	411.07	35*35
7ieme étage	5,55	19,89	16.2	14.16	12.4	35.18	747.68	859.83	550.29	40*40
6ieme étage	6,6	25,03	20.25	17.7	17.8	43.69	936.90	1077.44	689.56	40*40
5ieme étage	7,5	30,17	24.3	21.24	23.2	51.98	1122.47	1290.84	826.14	40*40
4ieme étage	8,25	35,31	28.35	24.78	28.6	60.04	1304.22	1499.85	959.91	45*45
3ieme étage	8,96	40,45	32.4	28.32	35.43	68.05	1489.51	1712.94	1096.28	45*45
2ieme étage	9,78	45,59	36.45	31.86	42.27	76.22	1677.50	1929.12	1234.64	45*45
1erre étage	10,55	50,73	40.5	35.4	49.1	84.31	1864.12	2143.74	1371.99	50*50
RDC	11,9	55,87	44.55	38.94	57.54	93.27	2070.12	2380.64	1523.61	50*50
S-sol	14,3	61,01	48.6	42.48	65.98	103.81	2302.36	2647.72	1694.54	50*50

Tableau II5 : Tableau récapitulatif des sections des poteaux rectangulaires des différents étages.

2) Poteaux circulaires : juste pour le S-sol RDC et 1^{er} étage

b. Calcul de la section du poteau : (1^{er} étage)

1. Effort normal ultime P_u :

$$P_u = N_1(\text{plancher}) \cdot S_{\text{aff}(\text{Plancher})} + N_2(P.P) \cdot L_{\text{aff}(P.P)} + N_3(P.S) \times L_{\text{aff}(P.S)} + N_2 \text{ poteau} \times L_P$$

$$1^{\text{er}} \text{ étage} \rightarrow \begin{cases} G = 50,73 \text{ KN/m}^2 \\ Q = 10,55 \text{ KN/m}^2 \end{cases} \rightarrow N_{1(\text{plancher})} = 1,35 G + 1,5Q$$

$$\Rightarrow N_{1(\text{plancher})} = 84,31 \text{ KN/m}^2$$

$$N_{2(P.P)} = 1,35(25 \cdot 0,30 \times 0,40)10 = 40,5 \text{ KN/ml}$$

$$N_{3(P.S)} = 1,35(25 \cdot 0,30 \cdot 0,35)10 = 34,5 \text{ KN/ml}$$

$$N_{\text{POTEAU}} = 1,35[(0,35 \times 0,35) \times 3 + (0,40 \times 0,40)3 + (0,45 \times 0,45)3] \times 25 = 49,10 \text{ KN}$$

$m = 2$ Étages

Donc :

$$N_{Pu} = 84,31 \times 7,96 + 40,5 \times 4,55 + 35,5 \times 1,75 + 49,10 \times 3,06$$

$$P_u = 1067,75 \text{ KN}$$

$$N_u = 1,15 P_u$$

$$N_u = 1227,91 \text{ KN}$$

On sait bien que : $B_r \geq 0,64 N_u \Rightarrow B_r \geq 785,86 \text{ cm}^2$.

$$D = 0,02 + 2 \times \sqrt{\frac{B_r}{\pi}}$$

$$D = 31,65$$

Donc on prend : $D = 50 \text{ cm}$

	Q (KN)	G (KN)	Nu (Poutre) Principal (KN)	Nu(Poutre Secondaire) (KN)	Nu poteaux (KN)	Nu (plancher) KN)	Pu (kg)	Nu = 1,15xPu (KN)	Br = 0,65xNu (cm ²)	h1 × b1
1^{ère} étage	10,55	50,73	40.5	35.4	49.1	84.31	1067.58	1227.72	785.74	50*50
RDC	11,9	55,87	44.55	38.94	57.54	93.27	2070.12	2380.64	1523.61	50*50
S-sol	14,3	61,01	48.6	42.48	65.98	103.81	2302.36	2647.72	1694.54	50*50

Tableau II 6 : Tableau récapitulatif des sections des poteaux circulaires des différents étages

e. Vérification des poteaux au flambement :

1-Poteaux rectangulaires :

$$\lambda = \frac{L_f}{i} \leq 35$$

$$i = \sqrt{\frac{I}{B}} \text{ et } I = \frac{b \times a^3}{12} \quad i = a/\sqrt{12}$$

I : Moment d'inertie de la section du poteau

B : section du béton

λ : l'élancement $\frac{L_f}{bi}$

$$L_f = 0,7L_0$$

$$\Rightarrow \lambda = 3,46 \times \frac{0,7L_0}{a}$$

Niveau	(a,b)cm ²	l ₀ (m)	a(cm)	l _f = 0,7l ₀ (m)	λ
S-sol	(50,50)	4,08	0,50	2,86	19,76
RDC et 1 ^{er} étage	(50,50)	5,10	0,50	3,57	24,70
Etage 2, 3,4	(45,45)	3,06	0,45	2,14	16,47
Etage 5, 6,7	(40,40)	3,06	0,40	2,14	18,53
Etage 8, 9,10	(35,35)	3,06	0,35	2,14	21,18

Tableau II. 7 : Tableau de vérification des poteaux rectangulaires au flambement

2-Poteaux circulaire

$$\lambda = 4L_f/D \geq 35$$

$$L_f = 0,7L_0$$

Niveau	l ₀ (m)	D (cm)	l _f = 0,7l ₀ (m)	λ
S-sol	4,08	0,50	2.86	22.848
RDC et 1 ^{er} étage	5,10	0,50	3.57	28.56

Tableau II. 8 : Tableau de vérification des poteaux circulaires au flambement

- Tout les conditions sont vérifiées pour les deux types des poteaux

II.4. Pré dimensionnement des voiles :

Sont considérés comme voiles les éléments satisfaisants à la condition $L \geq 4a$

a : épaisseur du voile

L : la largeur du voile

L'épaisseur de voile doit satisfaire la condition imposée par RPA99 :

$$a \geq h_e / 20$$

1. S-sol :

$$a \geq \frac{h_e}{20} \Rightarrow a \geq \frac{408}{20} = 20,04$$

$$\Rightarrow a = 25\text{cm}$$

2. RDC et 1^{er} Étage

$$a \geq \frac{h_e}{20} \Rightarrow a \geq \frac{510}{20} = 25,5$$

$$\Rightarrow a = 25\text{cm}$$

. Étage courant

$$a \geq \frac{h_e}{20} \Rightarrow a \geq \frac{306}{20} = 20,04$$

$$\Rightarrow a = 20\text{cm}$$

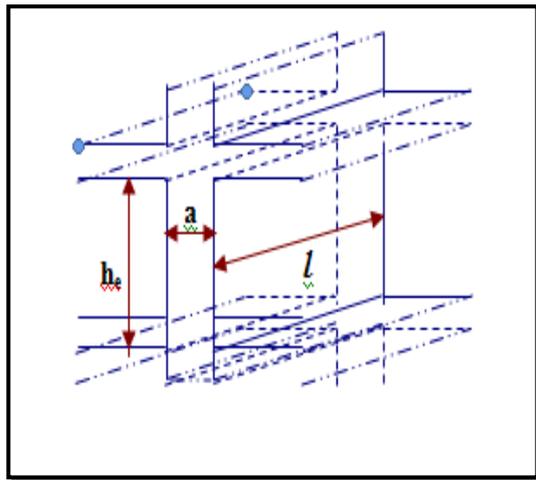


Figure II 3: Coupe de voile