

IV.1 Introduction :

Les planchers en B.A sont des aires surface généralement horizontaux distingue a limité des niveaux et supporte les revêtements des sols et les charges appliquée (charge permanente et d'exploitation)

Les rôles des planchers se subdivisent :

- Résistance : supportée les charges et les surcharges.
- Isolation : thermique et phonique.
- Protection des personnes contre les risques d'incendier.

IV.2 Plancher à dalle pleine :

Les dalles pleines sont des plaques généralement rectangulaire (grande portée L_y , petite portée L_x , épaisseur h_d) dont les appuis sont des poutres ou des voiles en béton armée (dalles partiellement ou totalement encastrées sur le contour) ou des murs en maçonnerie (dalles simplement appuyées sur le contour).

IV.2.1 Méthode de calcul :

La méthode de calcul dépend du rapport $\alpha = \frac{L_x}{L_y}$

- $0,4 \leq \alpha \leq 1$: la dalle porte suivant deux directions

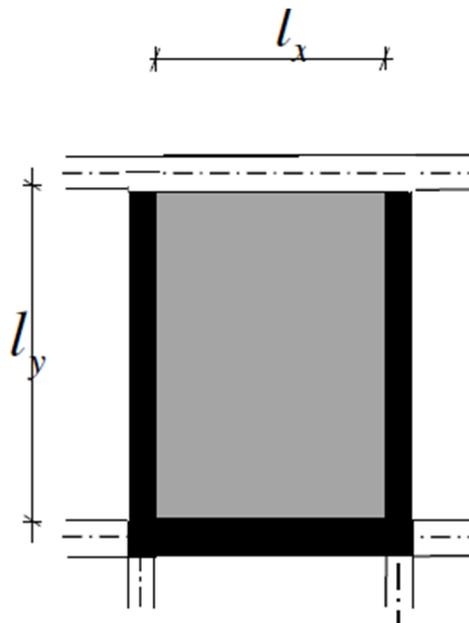


Figure. IV.1 : Dimensions d'un panneau de dalle.

La dalle de notre structure porte suivant deux directions (voir chapitre II) le calcul se fait en flexion simple.

Le principe de calcul est basé sur les points suivants :

- La dalle est considérée comme reposant sur 4 cotés
- Considérons 2 bandes :
 - Une bande suivant le sens X de longueur 1m
 - Une bande suivant le sens Y de longueur 1m

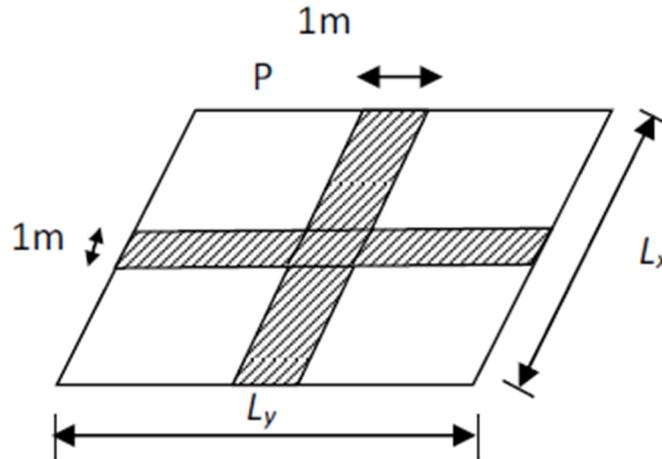


Figure IV.2 : Hypothèse de calcul.

Et une élémentaire (q) appliquée sur la partie commune aux deux bandes.

Conclusion :

- Deux moments fléchissant agissent est sont évalués forfaitairement ;
- Les aciers sont porteurs dans les 2 sens ;

Le diamètre des armatures à utiliser sera au plus égal au dixième de l'épaisseur de la dalle.

(BAEL 91 r 99 / Art A.7.2, 1).

$$\varnothing_{max} \leq \frac{h_d}{10} \text{ Avec: } h_d = 15\text{cm}$$

$$\varnothing_{max} \leq \frac{15}{10} = 15\text{mm}$$

On prendra : $\varnothing = 12\text{mm}$

a) Calcul des sollicitations :

Si $:0,4 \leq \alpha = \frac{L_x}{L_y} \leq 1$; La dalle porte suivant deux directions

b) Le moment sur les panneaux :

$$\begin{cases} M_x = q_u \frac{l_x^2}{8} \left(l_y - \frac{l_x}{2} \right) + q_u \cdot \frac{l_x^3}{48} & \text{suivant la direction } L_x \\ M_y = q_u \frac{l_x^3}{24} & \text{suivant la direction } l_y \end{cases}$$

Les valeurs de μ_x et μ_y sont données par : μ_x et $\mu_y = f(\alpha, \nu)$

Coefficient de poisson (dans le tableau)

- $\nu=0$; états limites ultimes (béton fissuré).
- $\nu=0,2$; états limite de service (béton non fissuré).

Ou :

La fissuration est considérée comme peut préjudiciable

Donc : $\nu = 0$

$$\mu_x = \frac{1}{8(1 + 2,4 \times \rho^3)}$$

$$\mu_y = \rho^3(1,1 - 0,9 \times \rho)$$

c) Type des panneaux :

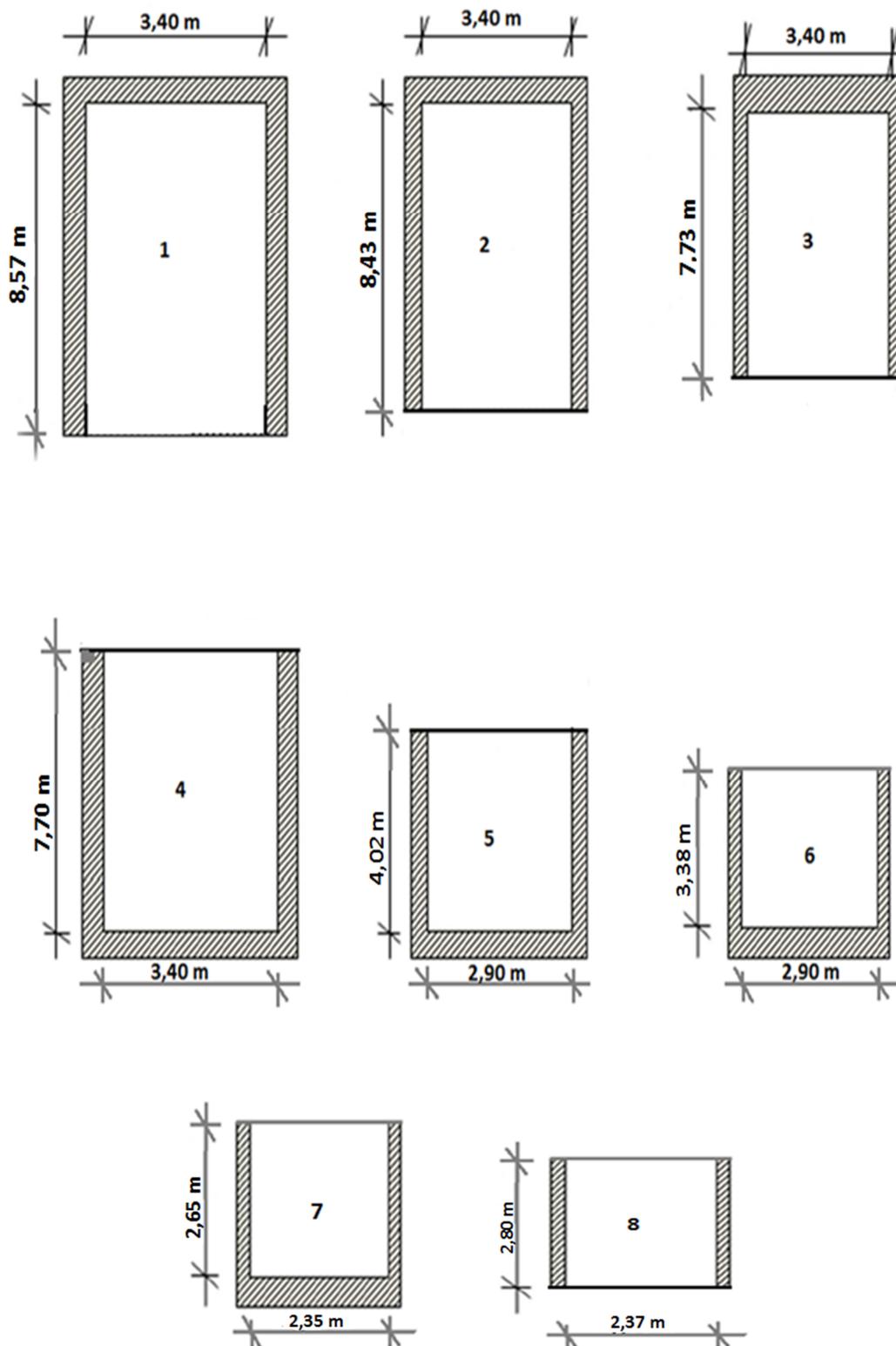


Figure IV.3: panneaux continus au-delà de leurs appuis

IV.2.2 Calcul des dalle du plancher étage courant :

a) Calcul les sollicitations

$$G = 5,96 \text{ KN/m}^2 \quad / \quad Q = 1,50 \text{ KN/m}^2$$

TYPE 1

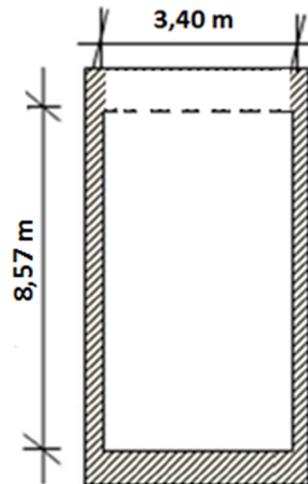
➤ A L'E.L.U :

$$q_u = (1,35G + 1,5Q) \times 1$$

$$q_u = (1,35 \times 5,96 + 1,5 \times 1,5) = 10,30 \text{ KN/m}$$

$$\begin{cases} l_x = 3,40 \text{ m} \\ l_y = 8,57 \text{ m} \end{cases}$$

$$\alpha = \frac{l_x}{l_y} = \frac{3,40}{8,57} = 0,40 \quad \Longrightarrow \quad 0,4 \leq 0,40 \leq 1 ; (\text{la dalle porte suivant deux directions})$$

b) Calcul le M_x et M_y :

Moment isostatique :

$$\begin{cases} M_x = q_u \frac{l_x^2}{8} \left(l_y - \frac{l_x}{2} \right) + q_u \cdot \frac{l_x^3}{48} \\ M_y = q_u \frac{l_x^3}{24} \end{cases}$$

$$\begin{cases} M_{xx} = 6,09 \text{ KN.m} \\ M_{yy} = 9,87 \text{ KN.m} \end{cases}$$

➤ A L'E.L.S :

$$q_{ser} = (G + Q) \times 1$$

$$q_{ser} = (5,96 + 1,5) = 7,46 \text{ KN/m}$$

c) Calcul le M_x et M_y :

Moment isostatique :

$$\begin{cases} M_{xx} = q_{ser} \frac{l_x^2}{8} \left(l_y - \frac{l_x}{2} \right) + q_{ser} \cdot \frac{l_x^3}{48} \\ M_{yy} = q_{ser} \frac{l_x^3}{24} \end{cases}$$

$$\begin{cases} M_{xx} = 4,41 \text{ KN.m} \\ M_{yy} = 7,15 \text{ KN.m} \end{cases}$$

d) Calcul de l'effort tranchant :

➤ L'E.L.U :

$$T_{zx} = 15,95 \text{ KN}$$

$$T_{zy} = 20,95 \text{ KN}$$

➤ L'E.L.S :

$$T_{zx} = 11,55 \text{ KN}$$

$$T_{zy} = 15,17 \text{ KN}$$

	Moment fléchissant (KN.m)		Efforts tranchant (KN)	
	Sens x-x	Sens y-y	Sens x-x	Sens y-y
	E.L.U		E.L.U	
	M _{xx}	M _{yy}	T _x	T _y
Type (1)	6,09	9,87	15,95	20,95
	Moment fléchissant (KN.m)		Efforts tranchant (KN)	
	Sens x-x	Sens y-y	Sens x-x	Sens y-y
	E.L.S		E.L.S	
	M _{xx}	M _{yy}	T _x	T _y
Type (1)	4,41	7,15	11,55	15,17

Tableau IV.1 : récapitulatif des sollicitations de panneau plus sollicitée à ELU et à ELS

e) Vérification des contraintes de cisaillement :

$$\tau_u = \frac{T_u^{max}}{b \times d} \leq \bar{\tau}_u$$

$\bar{\tau}_u = 0,05 \times f_{c25} = 0,05 \times 25 = 1,25 \text{ MPa}$; Il n'y a pas de reprise de bétonnage [CBA93 / Art B 6.7.2].

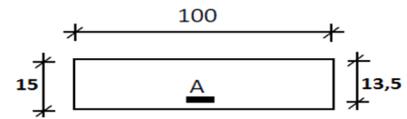
$$\tau_u = \frac{T_u^{max}}{b \times d} = \frac{20,95 \times 10^{-3}}{1 \times 0,135} = 0,155 \text{ MPa}$$

$\tau_u = 0,155 \text{ MPa} < \bar{\tau}_u = 1,25 \text{ MPa}$; Condition vérifiée

Donc : Les armatures transversales ne sont pas nécessaires

IV.2.2.1 Ferrailage de la dalle pleine :

L'E.L.U



- Suivant Ly : $M_{max} = 9,87 \text{ KN.m}$

$$\mu = \frac{M_y}{\sigma_b \times d \times b^2} = \frac{9,87 \times 10^{-3}}{14,17 \times 1 \times (0,135)^2} = 0,038 \longrightarrow \beta = 0,981$$

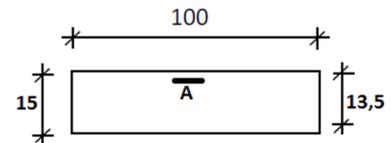
$$A_y = \frac{M_y}{\beta \times d \times \sigma_s} = \frac{9,87 \times 10^{-3}}{0,981 \times 0,135 \times 348} \times 10^4 = 2,14 \text{ cm}^2/\text{ml}$$

Choix des armatures :

5T10 \longrightarrow $A_s = 3,93 \text{ cm}^2/\text{ml}$

Espacement maximal des armatures :

En prendre : $S_t = 20 \text{ cm}$



- Suivant Lx : $M_{xx} = 6,09 \text{ KN.m}$

$$\mu = \frac{M_x}{\sigma_b \times d \times b^2} = \frac{6,09 \times 10^{-3}}{14,17 \times 1 \times (0,135)^2} = 0,024 \longrightarrow \beta = 0,988$$

$$A_x = \frac{M_x}{\beta \times d \times \sigma_s} = \frac{6,09 \times 10^{-3}}{0,988 \times 0,135 \times 348} \times 10^4 = 1,31 \text{ cm}^2/\text{ml}$$

Choix des armatures :

4T10 \longrightarrow $A_s = 3,14 \text{ cm}^2/\text{ml}$

Espacement maximal des armatures :

En prendre : $S_t = 25 \text{ cm}$

Calcul des armatures minimales

· Condition de non fragilité :

➤ Selon Ly :

$$A_{y \min} (\text{cm}^2/\text{ml}) \begin{cases} 12h & \text{pour RL} \\ 8h & \text{pour HA 400} \\ 6h & \text{pour HA 500} \end{cases} \longrightarrow A_{y \min} = 8 \times 0,15 = 1,2 \text{ cm}^2/\text{m}$$

➤ Selon Lx :

$$A_{x \min} = \frac{3-\alpha}{2} \times A_{y \min} = \frac{3-0,40}{2} \times 1,2 = 1,56 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$A = \max (A_{cal}; A_x) = 2,14 \text{ cm}^2/\text{m}$$

- Ferrailage sur le sens x-x et le sens y-y :

	M_u (KN.m)	μ	β	A(cm ² /ml)	A_{min} (cm ² /ml)	choix	As(cm ² /ml)
Sens y-y	9,87	0,038	0,981	2,14	1,2	5T10	3,93
Sens x-x	6,09	0,024	0,988	1,31	1,56	4T10	3,14

Tableau IV.2 : ferrailage sur le sens x-x et le sens y-y

TYPE 2

$$\begin{cases} L_x = 3,40m \\ L_y = 8,43m \end{cases}$$

	Moment fléchissant (KN.m)		Efforts tranchant (KN)	
	Sens x-x	Sens y-y	Sens x-x	Sens y-y
	E.L.U		E.L.U	
	M_{xx}	M_{yy}	T x	T y
Type (2)	6,10	9,87	16,06	20,94
	Moment fléchissant (KN.m)		Efforts tranchant (KN)	
	Sens x-x	Sens y-y	Sens x-x	Sens y-y
	E.L.S		E.L.S	
	M_{xx}	M_{yy}	T x	T y
Type (2)	4,42	7,15	11,63	15,16

Tableau IV.3 : Récapitulatif des sollicitations de panneau à ELU et à ELS

- Ferrailage sur le sens x-x et le sens y-y :

	M_u (KN.m)	μ	β	A(cm ² /ml)	A_{min} (cm ² /ml)	choix	As(cm ² /ml)
Sens y-y	9,87	0,038	0,981	2,14	1,2	5T10	3,93
Sens x-x	6,10	0,024	0,988	1,31	1,56	4T10	3,14

Tableau IV.4 : ferrailage sur le sens x-x et le sens y-y

TYPE 3

$$\begin{cases} L_x = 3,40m \\ L_y = 7,73m \end{cases}$$

	Moment fléchissant (KN.m)		Efforts tranchant (KN)	
	Sens x-x	Sens y-y	Sens x-x	Sens y-y
	E.L.U		E.L.U	
	M _{xx}	M _{yy}	T _x	T _y
Type (3)	6,09	9,87	15,91	20,95
	Moment fléchissant (KN.m)		Efforts tranchant (KN)	
	Sens x-x	Sens y-y	Sens x-x	Sens y-y
	E.L.S		E.L.S	
	M _{xx}	M _{yy}	T _x	T _y
Type (3)	4,41	7,15	11,52	15,18

Tableau IV.5 : Récapitulatif des sollicitations de panneau à ELU et à ELS

- Ferrailage sur le sens x-x et le sens y-y :

	M _u (KN.m)	μ	β	A(cm ² /ml)	A _{min} (cm ² /ml)	choix	As(cm ² /ml)
Sens y-y	9,87	0,038	0,981	2,14	1,2	5T10	3,93
Sens x-x	6,09	0,024	0,988	1,31	1,54	4T10	3,14

Tableau IV.6 : ferrailage sur le sens x-x et le sens y-y

TYPE 4

$$\begin{cases} L_x = 3,40m \\ L_y = 7,70m \end{cases}$$

	Moment fléchissant (KN.m)		Efforts tranchant (KN)	
	Sens x-x	Sens y-y	Sens x-x	Sens y-y
	E.L.U		E.L.U	
	M _{xx}	M _{yy}	T _x	T _y
Type (4)	6,09	9,87	15,94	20,95
	Moment fléchissant (KN.m)		Efforts tranchant (KN)	
	Sens x-x	Sens y-y	Sens x-x	Sens y-y
	E.L.S		E.L.S	
	M _{xx}	M _{yy}	T _x	T _y

Type (4)	4,41	7,15	11,54	15,17
----------	------	------	-------	-------

Tableau IV.7 : Récapitulatif des sollicitations de panneau à ELU et à ELS

- Ferrailage sur le sens x-x et le sens y-y :

	M_u (KN.m)	μ	β	A(cm ² /ml)	A_{min} (cm ² /ml)	choix	A_s (cm ² /ml)
Sens y-y	9,87	0,038	0,981	2,14	1,2	5T10	3,93
Sens x-x	6,09	0,024	0,988	1,31	1,53	4T10	3,14

Tableau IV.8 : ferrailage sur le sens x-x et le sens y-y

TYPE 5

$$\begin{cases} L_x = 2,90m \\ L_y = 4,02m \end{cases}$$

	Moment fléchissant (KN.m)		Efforts tranchant (KN)	
	Sens x-x	Sens y-y	Sens x-x	Sens y-y
	E.L.U		E.L.U	
	M_{xx}	M_{yy}	T_x	T_y
Type (5)	4,27	7,11	13,75	17,11
	Moment fléchissant (KN.m)		Efforts tranchant (KN)	
	Sens x-x	Sens y-y	Sens x-x	Sens y-y
	E.L.S		E.L.S	
	M_{xx}	M_{yy}	T_x	T_y
Type (5)	3,10	5,15	9,96	12,39

Tableau IV.9 : Récapitulatif des sollicitations de panneau à ELU et à ELS

- Ferrailage sur le sens x-x et le sens y-y :

	M_u (KN.m)	μ	β	A(cm ² /ml)	A_{min} (cm ² /ml)	choix	A_s (cm ² /ml)
Sens y-y	4,27	0,016	0,992	1,53	1,2	5T10	3,93
Sens x-x	7,11	0,027	0,9865	0,91	1,36	4T10	3,14

Tableau IV.10 : ferrailage sur le sens x-x et le sens y-y

TYPE 6

$$\begin{cases} L_x = 2,90m \\ L_y = 3,38m \end{cases}$$

	Moment fléchissant (KN.m)		Efforts tranchant (KN)	
	Sens x-x	Sens y-y	Sens x-x	Sens y-y
	E.L.U		E.L.U	
	M _{xx}	M _{yy}	T _x	T _y
Type (6)	4,28	7,19	13,83	17,23
	Moment fléchissant (KN.m)		Efforts tranchant (KN)	
	Sens x-x	Sens y-y	Sens x-x	Sens y-y
	E.L.S		E.L.S	
	M _{xx}	M _{yy}	T _x	T _y
Type (6)	3,10	5,21	10,02	12,48

Tableau IV.11 : Récapitulatif des sollicitations de panneau à ELU et à ELS

- Ferrailage sur le sens x-x et le sens y-y :

	M _u (KN.m)	μ	β	A(cm ² /ml)	A _{min} (cm ² /ml)	choix	A _s (cm ² /ml)
Sens y-y	7,19	0,028	0,986	1,55	1,2	5T10	3,93
Sens x-x	4,28	0,016	0,992	0,91	1,28	4T10	3,14

Tableau IV.12 : ferrailage sur le sens x-x et le sens y-y

TYPE 7

$$\begin{cases} L_x = 2,35m \\ L_y = 2,65m \end{cases}$$

	Moment fléchissant (KN.m)		Efforts tranchant (KN)	
	Sens x-x	Sens y-y	Sens x-x	Sens y-y
	E.L.U		E.L.U	
	M _{xx}	M _{yy}	T _x	T _y
Type (7)	2,60	4,63	10,83	13,54
	Moment fléchissant (KN.m)		Efforts tranchant (KN)	
	Sens x-x	Sens y-y	Sens x-x	Sens y-y
	E.L.S		E.L.S	
	M _{xx}	M _{yy}	T _x	T _y

Type (7)	1,88	3,25	7,81	9,07
----------	------	------	------	------

Tableau IV.13 : Récapitulatif des sollicitations de panneau à ELU et à ELS

- Ferrailage sur le sens x-x et le sens y-y :

	M_u (KN.m)	μ	β	A(cm ² /ml)	A_{min} (cm ² /ml)	choix	As(cm ² /ml)
Sens y-y	4,63	0,018	0,991	1,00	1,2	5T10	3,93
Sens x-x	2,60	0,010	0,995	0,55	1,26	4T10	3,14

Tableau IV.14 : ferrailage sur le sens x-x et le sens y-y

TYPE 8

$$\begin{cases} L_x = 2,37m \\ L_y = 2,80m \end{cases}$$

	Moment fléchissant (KN.m)		Efforts tranchant (KN)	
	Sens x-x	Sens y-y	Sens x-x	Sens y-y
	E.L.U		E.L.U	
	M_{xx}	M_{yy}	T_x	T_y
Type (8)	18,71	18,95	45,77	36,77
	Moment fléchissant (KN.m)		Efforts tranchant (KN)	
	Sens x-x	Sens y-y	Sens x-x	Sens y-y
	E.L.S		E.L.S	
	M_{xx}	M_{yy}	T_x	T_y
Type (8)	13,42	13,68	33,22	27,57

Tableau IV.15 : Récapitulatif des sollicitations de panneau à ELU et à ELS

- Ferrailage sur le sens x-x et le sens y-y :

	M_u (KN.m)	μ	β	A(cm ² /ml)	A_{min} (cm ² /ml)	choix	As(cm ² /ml)
Sens y-y	18,95	0,073	0,9625	4,19	1,2	5T10	3,93
Sens x-x	18,71	0,072	0,963	4,13	1,29	4T10	3,14

Tableau IV.16 : ferrailage sur le sens x-x et le sens y-y

IV.2.2.2 Vérification à l'état limite de service E.L.S :

$$M_{MAX\ ser} = 7,15\ KN.m$$

$$A_s = 3,93\ cm^2$$

a) Détermination de la position de l'axe neutre :

$$\frac{b}{2}y^2 - 15A_s(d - y) = 50y^2 + 58,95y - 795,83 = 0 \rightarrow y = 3,44\ cm$$

L'axe neutre se trouve à la fibre la plus comprimée.

b) Détermination du moment d'inertie :

$$I = \frac{b}{3}y^3 + \eta A_s(d - y)^2 = \frac{100 \times 3,44^3}{3} + ((15 \times 3,93)(13,50 - 3,44)^2) = 7322,87\ cm^4$$

c) Détermination de contrainte dans le béton comprimé σ_{bc} :

$$\sigma_{bc} = \frac{M_{ser}}{I} \times y_1 = \frac{7,15 \times 10^3}{7322,87} \times 3,44 = 3,35\ MPa$$

$$\overline{\sigma}_{bc} = 0,6f_{c28} = 15\ MPa$$

$$\sigma_{bc} = 3,35\ MPa < \overline{\sigma}_{bc} = 15\ MPa; \text{ Condition vérifiée}$$

d) Détermination des contraintes dans l'acier tendue σ_{st} :

$$\text{pour une fissuration préjudiciable } \overline{\sigma}_{st} = \min \left[\frac{2}{3}f_e ; 110\sqrt{\eta f_{t28}} \right].$$

η : Coefficient de fissuration pour HA $\Phi \geq 6\ mm$; $\eta = 1,6$

$$\overline{\sigma}_{st} = \min(266,67\ MPa ; 201,63\ MPa) = 201,63\ MPa$$

$$\sigma_{st} = \eta \frac{M_{ser}}{I} (d - y) = 15 \times \frac{7,15 \times 10^3}{7322,87} \times (13,50 - 3,44) = 147,34\ MPa$$

$$\sigma_{st} = 147,34\ MPa < \overline{\sigma}_{st} = 201,63\ MPa; \text{ Condition vérifiée}$$

e) Vérification de la flèche :

Pour les éléments supportés en console, la flèche F est égale à :

$$\left\{ F_1 = \frac{Ql^4}{8EI} ; \text{ Flèche due à la charge répartie} \right.$$

e.1) Détermination du centre de gravité :

$$Y_G = \frac{\sum A_i \times Y_i}{\sum A_i} = \frac{\left((b \times h) \frac{h}{2} \right) + (\eta \times A_s \times d)}{(b \times h) + (\eta \times A_s)} = \frac{(100 \times 15 \times 7,5) + (15 \times 3,93 \times 13,50)}{(100 \times 15) + (15 \times 3,93)} = 7,73 \text{ cm}$$

$$Y_1 = Y_G = 7,73 \text{ cm}$$

$$Y_2 = h - Y_G = 7,27 \text{ cm}$$

e.2) Calcul du moment d'inertie :

$$\begin{aligned} I &= \frac{bY_1^3}{3} + \frac{bY_2^3}{3} + \eta A(d - Y_1)^2 \\ &= \frac{100 \times 7,73^3}{3} + \frac{100 \times 7,27^3}{3} + ((15 \times 3,93) \times (13,50 - 7,73)^2) \\ &= 30166,96 \text{ cm}^4 \end{aligned}$$

e.3) Calcul de la flèche :

$$F = \frac{l^3}{EI} \left[\frac{Ql}{8} \right] = \frac{3,40^3 \times 10^2}{32164,19 \times 10^{-5} \times 30166,96} \times \left[\frac{7,46 \times 3,40}{8} \right] = 1,28 \text{ cm}$$

$$F_{adm} = \frac{L}{250} = \frac{3,40}{250} = 1,36 \text{ cm}$$

$F_{cal} = 1,28 \text{ cm} < F_{adm} = 1,36 \text{ cm}$; Condition vérifiée

IV.2.2.3 Schéma du ferrailage :

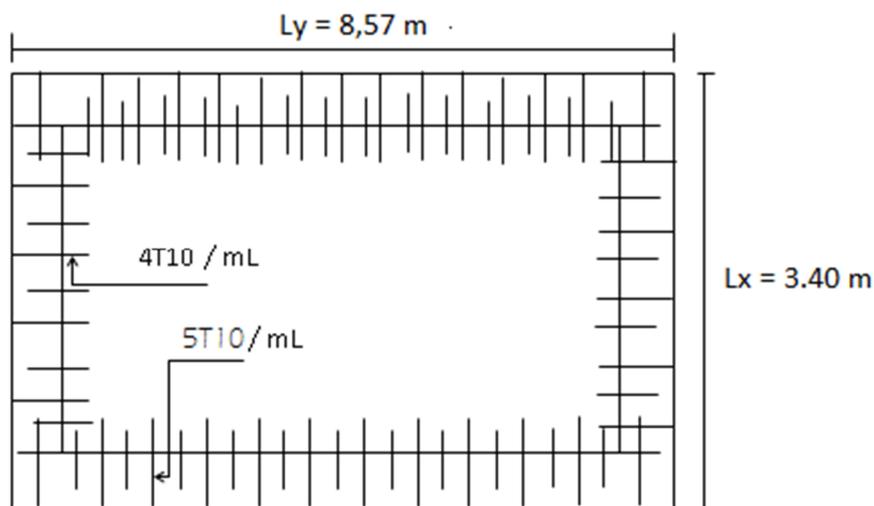


Figure IV.4 : Ferrailage supérieure de la dalle d'étage courant

IV.2.3 Plancher terrasse :

Les dalles sur 3 appuis

	Moment fléchissant (KN.m)		Efforts tranchant (KN)	
	Sens x-x	Sens y-y	Sens x-x	Sens y-y
	E.L.U		E.L.U	
	M_{xx}	M_{yy}	T_{zx}	T_{zy}
Type (1)	6,82	11,05	17,85	23,45
Type (2)	6,83	11,05	17,97	23,44
Type (3)	6,82	11,05	17,81	23,45
Type (4)	6,82	11,05	17,84	23,45
Type (5)	4,79	7,96	15,39	19,15
Type (6)	4,79	8,05	15,48	19,28
Type (7)	2,91	5,18	12,12	15,16
	Moment fléchissant (KN.m)		Efforts tranchant (KN)	
	Sens x-x	Sens y-y	Sens x-x	Sens y-y
	E.L.S		E.L.S	
	M_{xx}	M_{yy}	T_{zx}	T_{zy}
Type (1)	5	8,08	13,05	17,15
Type (2)	5	8,08	13,14	17,14
Type (3)	4,97	7,93	12,97	14,88
Type (4)	4,97	7,93	12,99	14,86
Type (5)	3,49	5,71	11,20	12,46
Type (6)	3,50	5,74	11,28	12,51
Type (7)	2,12	3,67	8,83	10,25

Tableau IV.17 : Récapitulatif des sollicitations des panneaux à ELU et à ELS

IV.2.3.1 Ferrailage :

- Ferrailage sur le sens x-x et le sens y-y :

Type1	M _u (KN.m)	μ	β	A(cm ² /ml)	A _{min} (cm ² /ml)	choix	As(cm ² /ml)
Sens y-y	11,05	0,042	0,979	2,40	1,2	5T10	3,93
Sens x-x	6,82	0,026	0,987	1,47	1,56	4T10	3,14
Type2	M _u (KN.m)	μ	β	A(cm ² /ml)	A _{min} (cm ² /ml)	choix	As(cm ² /ml)
Sens y-y	11,05	0,042	0,979	2,40	1,2	5T10	3,93
Sens x-x	6,83	0,026	0,987	1,47	1,56	4T10	3,14
Type3	M _u (KN.m)	μ	β	A(cm ² /ml)	A _{min} (cm ² /ml)	choix	As(cm ² /ml)
Sens y-y	11,05	0,042	0,979	2,40	1,2	5T10	3,93
Sens x-x	6,82	0,026	0,987	1,47	1,56	4T10	3,14
Type4	M _u (KN.m)	μ	β	A(cm ² /ml)	A _{min} (cm ² /ml)	choix	As(cm ² /ml)
Sens y-y	11,05	0,042	0,979	2,40	1,2	5T10	3,93
Sens x-x	6,82	0,026	0,987	1,47	1,56	4T10	3,14
Type5	M _u (KN.m)	μ	β	A(cm ² /ml)	A _{min} (cm ² /ml)	choix	As(cm ² /ml)
Sens y-y	7,96	0,030	0,985	1,72	1,2	5T10	3,93
Sens x-x	4,79	0,018	0,991	1,02	1,37	4T10	3,14
Type6	M _u (KN.m)	μ	β	A(cm ² /ml)	A _{min} (cm ² /ml)	choix	As(cm ² /ml)
Sens y-y	8,05	0,031	0,9845	1,72	1,2	5T10	3,93
Sens x-x	4,79	0,018	0,991	1,02	1,28	4T10	3,14
Type7	M _u (KN.m)	μ	β	A(cm ² /ml)	A _{min} (cm ² /ml)	choix	As(cm ² /ml)
Sens y-y	5,18	0,020	0,990	1,11	1,2	5T10	3,93
Sens x-x	2,91	0,011	0,9945	0,62	1,26	4T10	3,14

Tableau IV.18 : ferrailage sur le sens x-x et le sens y-y

Vérification des contraintes de cisaillement :

$$\tau_u = \frac{T_u^{max}}{b \times d} \leq \bar{\tau}_u$$

$\bar{\tau}_u = 0,05 \times f_{c25} = 0,05 \times 25 = 1,25 \text{ MPa}$; Il n'y a pas de reprise de bétonnage [C.B.A.93 / Art B 6.7.2.]

$$\tau_u = \frac{T_u^{max}}{b \times d} = \frac{23,45 \times 10^{-3}}{1 \times 0,135} = 0,173 \text{ MPa}$$

$\tau_u = 0,173 \text{ MPa} < \bar{\tau}_u = 1,25 \text{ MPa}$; Condition vérifiée

Donc : Les armatures transversales ne sont pas nécessaires

IV.2.3.2 Vérification à l'état limite de service E.L.S :

$$M_{MAX\ ser} = 8,08\ KN.m$$

$$A_s = 3,93\ cm^2$$

a) Détermination de la position de l'axe neutre :

$$\frac{b}{2}y^2 - 15A_s(d - y) = 50y^2 + 58,95y - 795,83 = 0 \rightarrow y = 3,44\ cm$$

L'axe neutre se trouve à la fibre la plus comprimée.

b) Détermination du moment d'inertie :

$$I = \frac{b}{3}y^3 + \eta A_s(d - y)^2 = \frac{100 \times 3,44^3}{3} + ((15 \times 3,93)(13,50 - 3,44)^2) = 7322,87\ cm^4$$

c) Détermination de contrainte dans le béton comprimé σ_{bc} :

$$\sigma_{bc} = \frac{M_{ser}}{I} \times y_1 = \frac{8,08 \times 10^3}{7322,87} \times 3,44 = 3,79\ MPa$$

$$\overline{\sigma}_{bc} = 0,6f_{c28} = 15\ MPa$$

$$\sigma_{bc} = 3,79\ MPa < \overline{\sigma}_{bc} = 15\ MPa; \text{ Condition vérifiée}$$

d) Détermination des contraintes dans l'acier tendue σ_{st} :

$$\text{pour une fissuration préjudiciable } \overline{\sigma}_{st} = \min \left[\frac{2}{3}f_e ; 110\sqrt{\eta f_{t28}} \right].$$

η : Coefficient de fissuration pour $HA \Phi \geq 6\ mm$; $\eta = 1,6$

$$\overline{\sigma}_{st} = \min(266,67\ MPa ; 201,63\ MPa) = 201,63\ MPa$$

$$\sigma_{st} = \eta \frac{M_{ser}}{I} (d - y) = 15 \times \frac{8,08 \times 10^3}{7322,87} \times (13,50 - 3,44) = 166,50\ MPa$$

$$\sigma_{st} = 166,50\ MPa < \overline{\sigma}_{st} = 201,63\ MPa; \text{ Condition vérifiée}$$

e) Vérification de la flèche :

Pour les éléments supportés en console, la flèche F est égale à :

$$\left\{ F_1 = \frac{Ql^4}{8EI} ; \text{ Flèche due à la charge répartie} \right.$$

e.1) Détermination du centre de gravité :

$$Y_G = \frac{\sum A_i \times Y_i}{\sum A_i} = \frac{\left((b \times h) \frac{h}{2} \right) + (\eta \times A_s \times d)}{(b \times h) + (\eta \times A_s)} = \frac{(100 \times 15 \times 7,5) + (15 \times 3,93 \times 13,50)}{(100 \times 15) + (15 \times 3,93)} = 7,73 \text{ cm}$$

$$Y_1 = Y_G = 7,73 \text{ cm}$$

$$Y_2 = h - Y_G = 7,27 \text{ cm}$$

e.2) Calcul du moment d'inertie :

$$\begin{aligned} I &= \frac{bY_1^3}{3} + \frac{bY_2^3}{3} + \eta A(d - Y_1)^2 \\ &= \frac{100 \times 7,73^3}{3} + \frac{100 \times 7,27^3}{3} + ((15 \times 3,93) \times (13,50 - 7,73)^2) \\ &= 30166,96 \text{ cm}^4 \end{aligned}$$

e.3) Calcul de la flèche :

$$F = \frac{l^3}{EI} \left[\frac{Ql}{8} \right] = \frac{3,40^3 \times 10^2}{32164,19 \times 10^{-5} \times 30166,96} \times \left[\frac{8,43 \times 3,40}{8} \right] = 1,35 \text{ cm}$$

$$F_{adm} = \frac{L}{250} = \frac{340}{250} = 1,36 \text{ cm}$$

$F_{cal} = 1,35 \text{ cm} < F_{adm} = 1,36 \text{ cm}$; Condition vérifiée

IV.2.3.3 Schéma du ferrailage :

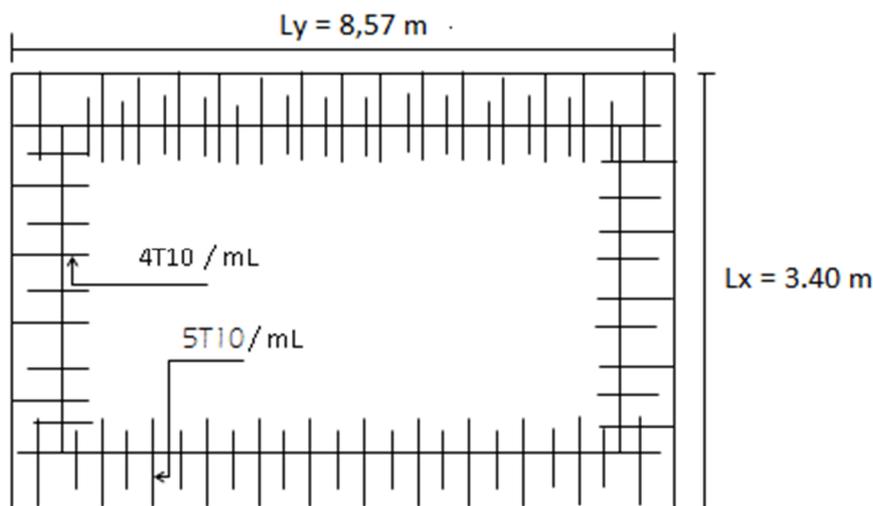


Figure IV.5 : Ferrailage supérieure de plancher terrasse.