

IV.I Introduction :

Les planchers sont des surfaces planes limitant les étages et supportant les revêtements du sol, ils assurent principalement 2 fonctions :

La résistance : ils doivent supporter leurs poids propre et les surcharges d'exploitations appliquées sur eux ;

L'isolation : ils isolent thermiquement et acoustiquement les différents étages.

La structure étudiée a 1 seul type de planchers :

Planchers à corps creux : qui est constitué par des poutrelles en béton armé sur lesquelles reposent les hourdis en béton ; les poutrelles sont des poutres de section en T et disposées suivant la petite portée et elles travaillent dans une seule direction.

D'après le pré dimensionnement déjà fait on a un plancher à corps creux de 20 cm de hauteur dont :

Hauteur du corps creux = 16 cm

Epaisseur de la dalle de compression = 4 cm

IV.II Calcul du ferrailage de la dalle de compression:

Ce calcul est valable pour tous les planchers à corps creux de la construction, la dalle doit avoir une épaisseur minimale de 4 cm, elle est armée d'un quadrillage de barres en treillis soudés, les dimensions de la maille ne doivent pas dépasser :

20 cm (5 par mètre) pour les armatures perpendiculaire aux poutrelles :

33 cm (3 par mètre) pour les armatures parallèle aux poutrelles.

IV.III Pré dimensionnement des poutrelles :

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

Pour la largeur de la nervure on va prendre $b_o = 12 \text{ cm}$

$$\text{Selon le B.A.E.L 83} \left\{ \begin{array}{l} b_1 \leq \frac{L_n - b_o}{2} \\ b_1 \leq \frac{L}{10} \\ 6h_o \leq b_1 \leq 8h_o \end{array} \right.$$

Avec L : La portée entre nus d'appui de la travée considérée.

L_n : La distance entre axes des nervures.

Suivant les normes Algériennes (DTR.B.C.), la distance L_n est prise généralement égale à 60 cm.

Donc pour $L_n = 60 \text{ cm}$ et $L = 380 \text{ cm}$

$$\begin{cases} b_1 \leq 24 \text{ cm.} \\ b_1 \leq \frac{380}{10} = 38 \text{ cm.} \\ 24 \leq b_1 \leq 32 \end{cases}$$

$b_1 = \min(24 ; 38 ; 32)$ On prendra donc $b_1 = 24 \text{ cm}$.

$$b = 2b_1 + b_o = 60 \text{ cm.}$$

Les poutrelles étudiées dans notre structure auront les dimensions suivantes (figure1).

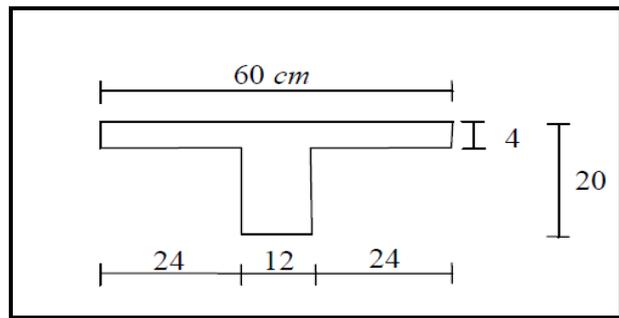


Figure IV.1 dimensionnement du poutrelle

IV.IV Méthode de calcul des poutrelles :

Il existe plusieurs méthodes pour le calcul des poutrelles, le B.A.E.L 91/99 propose une méthode simplifiée dite « méthode forfaitaire » pour le calcul des moments fléchissant et efforts tranchants concernant tous les planchers de notre structure.

1. Méthode forfaitaire :

Cette méthode s'applique quand les conditions suivantes sont vérifiées :

La surcharge d'exploitation est dite modérée c'est-à-dire $Q \leq \max(2G ; 5kN/m^2)$;

Les moments d'inertie sont les même dans les différentes travées ;

Les portés successives des travées sont dans un rapport compris entre :

$$0,85 \leq \frac{L_n}{L_{n+1}} \leq 1,25$$

Fissuration considérée comme non préjudiciable.

a) Principe de calcul des moments:

Il exprime les maximaux des moments en travée et sur appuis en fonction des moments fléchissant isostatiques M_0 de la travée indépendante.

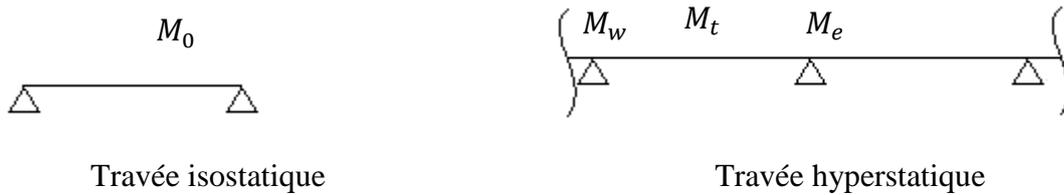


Figure IV.2 : Schéma explicatif

Avec :

M_0 : Moment max de la travée indépendante ;

M_t : Moment max de la travée étudiée ;

M_w : Moment sur l'appui gauche de la travée ;

M_e : Moment sur l'appui droit de la travée.

α : Le rapport des charges d'exploitation Q à la somme des charges permanentes G et les surcharge d'exploitation Q : $\alpha = \frac{G}{G + Q}$

Les valeurs M_t, M_w et M_e doivent vérifier les conditions suivantes :

Travée de rive :

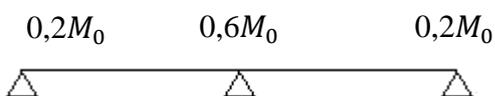
$$M_t \geq \max \left\{ \begin{array}{l} \max[(1 + 0,3\alpha)M_0; 1,05M_0] - \frac{M_w + M_e}{2} \\ \left(\frac{1,2 + 0,3\alpha}{2}\right)M_0 \end{array} \right.$$

Travée intermédiaire :

$$M_t \geq \max \left\{ \begin{array}{l} \max[(1 + 0,3\alpha)M_0; 1,05M_0] - \frac{M_w + M_e}{2} \\ \left(\frac{1 + 0,3\alpha}{2}\right)M_0 \end{array} \right.$$

Les moments sur appuis doivent avoir les valeurs suivantes :

1. Cas de 2 travées :



2. Cas de 3 travées :



3. Cas de plus de 3 travées :

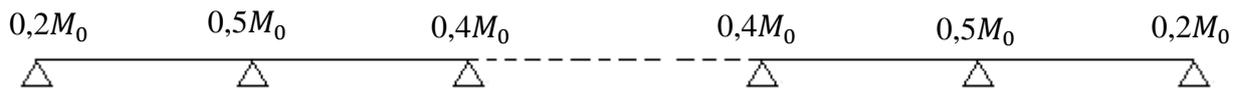


Figure IV.3 : Schémas explicatifs.

b) Principe de calcul de l'effort tranchant :

$$\begin{cases} T_w = \frac{M_w - M_e}{l} + \frac{ql}{2} \\ T_e = \frac{M_w - M_e}{l} - \frac{ql}{2} \end{cases}$$

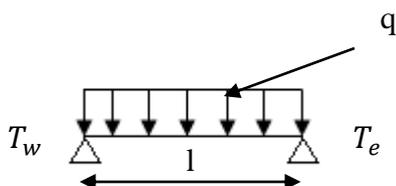
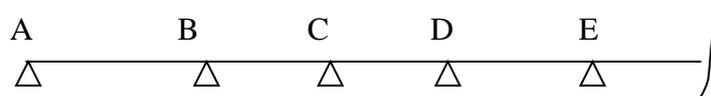


Figure IV. 4 : Schémas explicatifs.

2. **La méthode forfaitaire modifiée :**

Cette méthode est applicable, si le rapport des portées de deux travées successives n'est pas compris entre 0,8 et 1,25. Selon les travées, on distingue deux cas :

c.1) Cas ou la travée comprise entre deux grandes travées :



Il suffit de porter sur l'appui (B) la petite des valeurs admissibles pour le moment sur appuis, soit dans le cas de la figure ci-dessus. $0,5M_0$ (M_0 correspond à la travée (AB) puis de portée sur l'appui (C) à la petite des valeurs admissibles, c'est-à-dire dans le cas traité $0,4M_0$ (M_0 correspond au moment isostatique maximal de travée (CD).

Ayant obtenu la ligne de fermeture des moments sur appuis entre B et C, on devra porter à partir de cette ligne le moment isostatique maximal de la travée (BC)

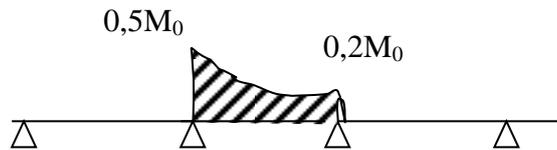


Figure IV.5 : Schémas explicatifs.

Les appuis B et C devront avoir une section correspondante au moment résultant (partie hachurée de la figure ci-dessus) qui peut être déterminée par la formule suivante :

$$M_x = \frac{Q_x(L_{bc} - x)}{2} + M_b \left(1 - \frac{x}{L_{bc}}\right) - M_c \left(\frac{x}{L_{bc}}\right) ; x = \frac{L_{bc}}{2} + \frac{M_b - M_c}{Q \times L_{bc}}$$

Les moments en travées des poutrelles (AB) et (BC) sont calculés par la méthode forfaitaire. La travée (BC) sera armée à la partie inférieure par un moment correspondant à $0,5M_0$
 M_0 : Le moment isostatique maximal de la travée (BC).

c.2) cas d'une travée de rive :

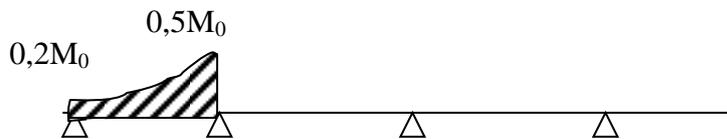


Figure IV.6 : Schémas explicatifs.

Il suffit de porter sur l'appui (A) la valeur du moment admissible tenu de l'encastrement possible, en (B) ou devra porter la valeur du moment admissible, c'est-à-dire $0,6M_0$ (BC) s'il y a que deux travées ou $0,5 M_0$ (BC) s'il existe plus de deux travées, il est alors possible de tracer la ligne de fermeture AB puis de porter à partir de cette ligne le moment isostatique maximal de (AB) les prévus en A devront avoir une section correspondante en moment résultant (partie hachurée de la figure ci-dessus).

Comme précédemment les armatures inférieures de la travée (AB) devront correspondre au moment $0,5M_0$ (BC) si la poutrelle est à plus de deux travées et $0,6 M_0$ (AB) s'il n'y a que deux travées.

IV.V Calcul des poutrelles :

1. Évaluation des charges :

Les charges sur les poutrelles sont évaluées comme suit :

a. **Terrasse :**

$$\text{E.L.U: } Q_u = (1,35G + 1,5Q) \times 0,6 = (1,35 \times 4,47 + 1,5 \times 1,5) \times 0,6 = 4,97 \text{KN/ml.}$$

$$\text{E.L.S: } Q_{ser} = (G + Q) \times 0,6 = (4,47 + 1,5) \times 0,6 = 3,58 \text{KN/ml}$$

b. **Étage courant :**

$$\text{E.L.U: } Q_u = (1,35G + 1,5Q) \times 0,6 = (1,35 \times 5,14 + 1,5 \times 1,5) \times 0,6 = 5,51 \text{KN/ml.}$$

$$\text{E.L.S: } Q_{ser} = (G + Q) \times 0,6 = (5,14 + 1,5) \times 0,6 = 3,98 \text{KN/ml}$$

c. **1^{er} Étage :**

$$\text{E.L.U: } Q_u = (1,35G + 1,5Q) \times 0,6 = (1,35 \times 5,14 + 1,5 \times 2,5) \times 0,6 = 6,41 \text{KN/ml.}$$

$$\text{E.L.S: } Q_{ser} = (G + Q) \times 0,6 = (5,14 + 2,5) \times 0,6 = 4,58 \text{KN/ml}$$

d. **R D C :**

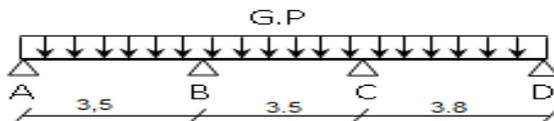
$$\text{E.L.U: } Q_u = (1,35G + 1,5Q) \times 0,6 = (1,35 \times 5,14 + 1,5 \times 4) \times 0,6 = 7,76 \text{KN/ml.}$$

$$\text{E.L.S: } Q_{ser} = (G + Q) \times 0,6 = (5,14 + 4) \times 0,6 = 5,48 \text{KN/ml}$$

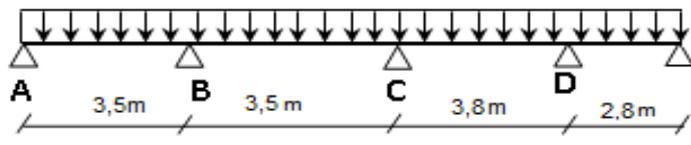
2. **Les types de poutrelles :**

Notre construction comporte 3 types de poutrelles :

Type 1



Type 2



Type 3 ce type la on a trouvé juste dans le 1^{er} étage

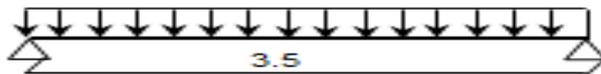


Figure IV.7 : Schéma des poutrelles

3. **1^{er} type :**a. **Vérification des conditions de la méthode forfaitaire :**

La surcharge d'exploitation :

$$\text{Plancher étage courant : } G = 5,14 \text{kN/m}^2 ; Q = 1,50 \text{kN/m}^2$$

$$Q = 1,50 \frac{kN}{m^2} < 2G = \frac{10,28kN}{m^2}; \text{ Condition vérifiée.}$$

Plancher 1er étage : $G = 5,14$; $Q = 2,5$

$$Q = 2,5kN/m^2 < 2G = 8,94kN/m^2 ; \text{ Condition vérifiée.}$$

Plancher RDC : $G = 5,14$; $Q = 4$

$$Q = 4kN/m^2 < 2G = 10,28kN/m^2 ; \text{ Condition vérifiée.}$$

Plancher terrasse : $G = 4,47$; $Q = 1,5$

$$Q = 1,50 kN/m^2 < 2G = 10,28kN/m^2 ; \text{ Condition vérifiée.}$$

Poutres à inerties transversales constantes ; Condition vérifiée.

$$\frac{l_i}{l_{i+1}} \notin [0,8 ; 1,25] ; \frac{3,50}{3,50} = 1 ; \frac{3,50}{3,8} = 0,92 ; \text{ Condition vérifiée.}$$

1. Fissuration peu préjudiciable

La méthode forfaitaire est applicable sur tous les planchers

b. Exemple de calcul

plancher R.D.C :

• Calcul des sollicitations

$$Q_u = 7,76kN/ml ; Q_{ser} = 5,48kN/ml$$

$\alpha = \frac{Q}{G+Q} = \frac{1,5}{4,47+1,5} = 0,438$	$1 + 0,3\alpha = 1,13 > 1,05$
	$\frac{1,2+0,3\alpha}{2} = 0,67 \text{ travée de rive}$
	$\frac{1+0,3\alpha}{2} = 0,57 \text{ travée intermédiaire}$

Moment isostatique :

$$M_0^{AB} = M_0^{BC} = \frac{Q_u \cdot l_{AB}^2}{8} = \frac{7,76 \times 3,5^2}{8} = 11,88kN.m$$

$$M_0^{CD} = \frac{Q_u \cdot l_{CD}^2}{8} = \frac{7,76 \times 3,8^2}{8} = 14,01kN.m$$

Moment sur appuis:

$$M_A = 0,2M_0^{AB} = 0,2 \times 11,88 = 2,38 kN.m$$

$$M_B = 0,5M_0^{BC} = 0,5 \times 11,88 = 5,94 kN.m$$

$$M_C = 0,5 \text{ Max}(M_0^{BC}; M_0^{CD}) = 0,5M_0^{CD} = 0,5 \times 14,01 = 7,01 kN.m$$

$$M_D = 0,2M_0^{CD} = 0,2 \times 14,01 = 2,80 kN.m$$

Moments en travée

Travée de rive

$$M_t \geq \max \left\{ \begin{array}{l} \max[(1 + 0,3\alpha)M_0; 1,05M_0] - \frac{M_w + M_e}{2} \\ \left(\frac{1,2 + 0,3\alpha}{2}\right)M_0 \end{array} \right. \quad \begin{array}{l} M_t (1) \\ M_t (2) \end{array}$$

Travée AB :

$$\left. \begin{array}{l} M_T^{AB} \geq 1,13 \times M_0^{AB} - \frac{2,38 + 5,95}{2} \geq 9,26 \text{KN.m} \\ M_T^{AB} \geq 0,67 \times M_0^{AB} = 7,96 \text{KN.m} \end{array} \right\} M_T^{AB} = 9,26 \text{KN.m}$$

Travée CD

$$\left. \begin{array}{l} M_T^{CD} \geq 1,13M_0^{CD} - \frac{7,01 + 2,8}{2} \geq 10,93 \text{KN.m} \\ M_T^{CD} \geq 0,67M_0^{CD} \geq 9,39 \text{KN.m} \end{array} \right\} M_T^{CD} \geq 10,93 \text{KN.m}$$

Travées intermédiaires

$$M_t \geq \max \left\{ \begin{array}{l} \max[(1 + 0,3\alpha)M_0; 1,05M_0] - \frac{M_w + M_e}{2} \\ \left(\frac{1 + 0,3\alpha}{2}\right)M_0 \end{array} \right. \quad \begin{array}{l} M_t (1) \\ M_t (3) \end{array}$$

Travée BC:

$$\left. \begin{array}{l} M_T^{BC} \geq 1,13 \times M_0^{BC} - \frac{7,01 + 2,8}{2} \geq 6,95 \\ M_T^{BC} \geq 0,57M_0^{BC} \geq 6,77 \end{array} \right\} M_T^{BC} \geq 6,95 \text{KN.m}$$

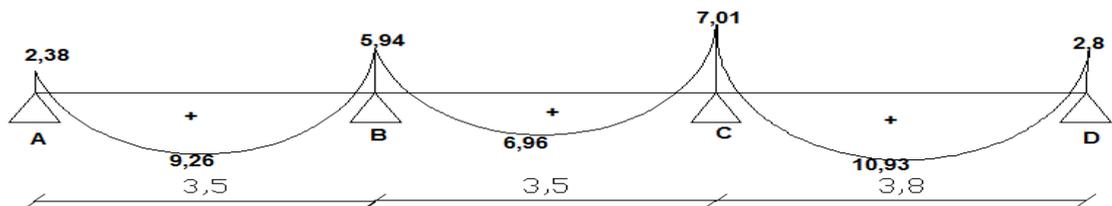


Figure IV.8 : Diagramme des moments fléchissant, M [KN.m]

- Calcul de l'effort tranchant T :
- L'effort tranchant est donnée par :

$$\left\{ \begin{array}{l} T_w = \frac{ql}{2} + \frac{M_w - M_e}{l} \text{ (kN)} \\ T_w = -\frac{ql}{2} + \frac{M_w - M_e}{l} \text{ (kN)} \end{array} \right.$$

- **Travée AB :**

$$\left\{ \begin{array}{l} T_A = \frac{ql_{AB}}{2} + \frac{M_A - M_B}{l_{AB}} = \frac{7,76 \times 3,5}{2} + \frac{2,38 - 5,94}{3,5} = 12,56 \text{KN} \\ T_B = -\frac{ql_{AB}}{2} + \frac{M_A - M_B}{l_{AB}} = \frac{7,76 \times 3,5}{2} + \frac{2,38 - 5,94}{3,5} = -14,60 \text{KN} \end{array} \right.$$

- Travée BC :

$$\begin{cases} T_B = \frac{ql_{BC}}{2} + \frac{M_B - M_C}{l_{BC}} = \frac{7,76 \times 3,5}{2} + \frac{5,94 - 7,01}{3,5} = 13,27KN \\ T_C = -\frac{ql_{BC}}{2} + \frac{M_B - M_C}{l_{BC}} = -\frac{7,76 \times 3,5}{2} + \frac{5,94 - 7,01}{3,5} = -13,89KN \end{cases}$$

- Travée CD :

$$\begin{cases} T_C = \frac{ql_{CD}}{2} + \frac{M_C - M_D}{l_{CD}} = \frac{7,76 \times 3,8}{2} + \frac{7,01 - 2,8}{3,8} = 15,85KN \\ T_D = -\frac{ql_{CD}}{2} + \frac{M_C - M_D}{l_{CD}} = -\frac{7,76 \times 3,8}{2} + \frac{7,01 - 2,8}{3,8} = -13,64KN \end{cases}$$

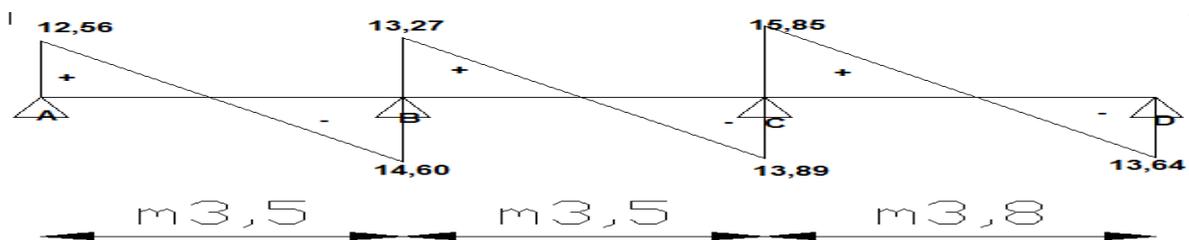


Figure IV.9: Diagramme des efforts tranchant [KN]

Les résultats trouvés sont notifiés dans le tableau suivant :

Travée		AB	BC	CD	
L (m)		3,5	3,5	3,8	
$M_0 = \frac{ql^2}{8} (kN.m)$	E.L.U	11,88	11,88	14,01	
	E.L.S	8,40	8,40	9,90	
Appui		A	B	C	D
Coefficient forfaitaire		0,2	0,5	0,5	0,2
M_a (Appui)	E.L.U	2,38	5,94	7,01	2,8
	E.L.S	1,68	4,20	4,95	1,98
M_t (1)	E.L.U	9,26	6,95	10,93	
	E.L.S	6,54	4,91	7,73	
M_t (2)	E.L.U	7,96	/	9,39	
	E.L.S	5,62	/	6,63	
M_t (3)	E.L.U	/	6,77	/	
	E.L.S	/	4,78	/	
M_t (Adopté)	E.L.U	9,26	6,95	10,93	
	E.L.S	6,54	4,91	7,73	
$T = \frac{M_w - M_e}{l} \pm \frac{ql}{2} (kN)$	T_w	12,56	13,27	15,85	
	T_e	-14,60	-13,89	-13,64	

Tableau IV. 1 : Récapitulatif des résultats des moments et efforts tranchants des poutrelles type 1 de RDC

3. 2ieme typea. Vérification des conditions de la méthode forfaitaire :

Les conditions 1-2-4 et 5 sont déjà vérifiées au titre du 1^{er} type

$$3. \frac{l_i}{l_{i+1}} \notin [0,8 ; 1,25] ; \frac{3,50}{3,8} = 0,789 ; \text{ Condition non vérifiée.}$$

La méthode forfaitaire modifiée est applicable sur tous les planchers

b. Exemple de calcul :

-plancher R.D.C :

Calcul des sollicitations

Les travées AB – BC –CD seront calculées avec la méthode forfaitaire, la travée DE ne vérifiant pas la condition du rapport des portées successives qui doit être compris entre 0,8 et 1,25, sera calculée avec la méthode forfaitaire modifiée.

$$Q_u = 7,76 \text{KN/ml}; Q_{ser} = 5,48 \text{KN/ml}$$

$$Q'_u = 1,35G = 1,35 \times 5,14 \times 0,6 = 4,16 \text{kN/ml}$$

$\alpha = \frac{Q}{G+Q} = \frac{1,5}{4,47+1,5} = 0,438$	$1 + 0,3\alpha = 1,13 > 1,05$
	$\frac{1,2+0,3\alpha}{2} = 0,67$ travée de rive
	$\frac{1+0,3\alpha}{2} = 0,57$ travée intermediaire

Moment isostatique :

$$M_0^{AB} = M_0^{BC} = \frac{Q_u \cdot l_{AB}^2}{8} = \frac{7,76 \times 3,5^2}{8} = 11,88 \text{KN.m}$$

$$M_0^{CD} = \frac{Q_u \cdot l_{CD}^2}{8} = \frac{7,76 \times 3,8^2}{8} = 14,01 \text{KN.m}$$

Moment sur appuis:

$$MA = 0,2M_0^{AB} = 0,2 \times 11,88 = 2,38 \text{KN.m}$$

$$MB = 0,5M_0^{BC} = 0,5 \times 11,88 = 5,94 \text{KN.m}$$

$$MC = 0,4 \text{Max} (M_0^{BC}; M_0^{CD}) = 4M_0^{CD} = 0,4 \times 14,01 = 5,60 \text{KN.m}$$

$$MD = 0,5M_0^{CD} = 0,5 \times 14,01 = 7,01 \text{KN.m}$$

Moments en travée

Travée de rive

$$M_t \geq \max \begin{cases} \max[(1 + 0,3\alpha)M_0; 1,05M_0] - \frac{M_w + M_e}{2} & M_t (1) \\ \left(\frac{1,2 + 0,3\alpha}{2}\right)M_0 & M_t (2) \end{cases}$$

Travée AB

$$\left. \begin{aligned} M_T^{AB} &\geq 1,13 \times M_0^{AB} - \frac{2,38 + 5,94}{2} \geq 9,26 \text{ KN.m} \\ M_T^{AB} &\geq 0,67 \times M_0^{AB} = 7,96 \text{ KN.m} \end{aligned} \right\} M_T^{AB} = 9,26 \text{ KN.m}$$

Travées intermédiaires

$$M_t \geq \max \left\{ \begin{aligned} &\max[(1 + 0,3\alpha)M_0; 1,05M_0] - \frac{M_w + M_e}{2} && M_t (1) \\ &\left(\frac{1 + 0,3\alpha}{2}\right)M_0 && M_t (3) \end{aligned} \right.$$

Travée BC:

$$\left. \begin{aligned} M_T^{BC} &\geq 1,13 \times M_0^{BC} - \frac{5,94 + 5,60}{2} \geq 7,65 \\ M_T^{BC} &\geq 0,57M_0^{BC} \geq 6,77 \end{aligned} \right\} M_T^{BC} \geq 7,65 \text{ KN.m}$$

Travée CD :

$$\left. \begin{aligned} M_T^{CD} &\geq 1,13M_0^{CD} - \frac{5,60 + 7,01}{2} \geq 9,53 \\ M_T^{CD} &\geq 0,57M_0^{CD} \geq 7,99 \end{aligned} \right\} M_T^{CD} \geq 5,60 \text{ KN.m}$$

Travée particulière DE

1. Cas des charges minimales sur la travée DE :

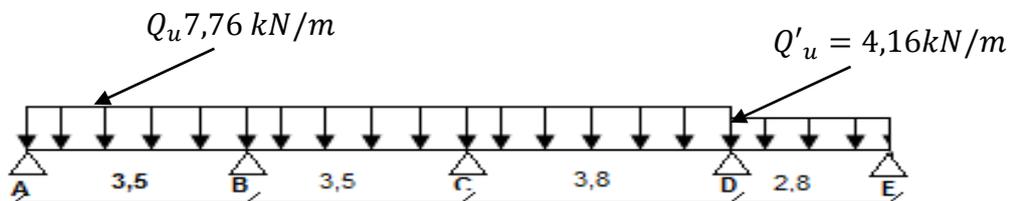


Figure IV.10 Schéma cas particulier de la méthode forfaitaire

Moment isostatique et moments sur appuis :

$$\left\{ \begin{aligned} M_0^{DE} &= \frac{Q'_u \times l^2}{8} = \frac{4,16 \times 2,8^2}{8} = 4,08 \text{ kN.m} \\ M_D &= 0,5 \max(M_0^{CD}; M_0^{DE}) = 0,5 \times M_0^{CD} = 7,01 \text{ kN.m} \\ M_E &= 0,2M_0^{DE} = 0,81 \text{ kN.m} \end{aligned} \right.$$

- Moment en travée particulière DE :

$$X = \frac{l_{DE}}{2} + \frac{M_D - M_E}{Q'_u \times l_{DE}} = \frac{2,8}{2} + \frac{7,01 - 0,81}{4,16 \times 2,8} = 1,93 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} M_{t \min(x)} &= \frac{Q'_u \times (l_{DE} - X)}{2} - M_D \left(\frac{1 - X}{l_{DE}}\right) - M_E \left(\frac{X}{l_{DE}}\right) \\ &= \frac{4,16 \times (2,8 - 1,93)}{2} - 7,01 \left(\frac{1 - 1,93}{2,8}\right) - 0,81 \left(\frac{1,93}{2,8}\right) = 3,58 \text{ kN.m} \end{aligned}$$

Cas des charges maximales sur la travée DE :

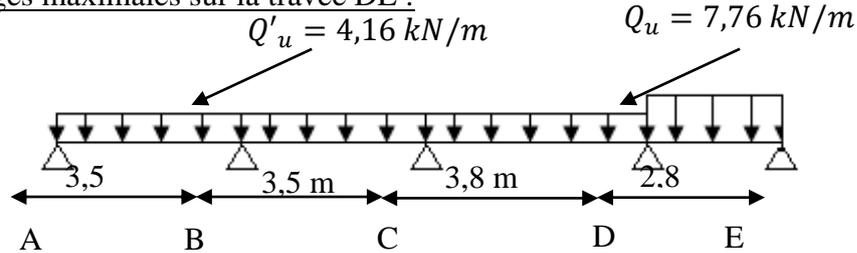


Figure IV.11 : Schéma cas particulier de la méthode forfaitaire.

- Moment isostatique :

$$M_0^{AB} = M_0^{BC} = \frac{Q'_u \cdot l_{AB}^2}{8} = \frac{4,16 \times 3,5^2}{8} = 6,37 \text{ kN.m}$$

$$M_0^{CD} = \frac{Q'_u \times l^2}{8} = \frac{4,16 \times 3,8^2}{8} = 7,51 \text{ kN.m}$$

$$M_0^{DE} = \frac{Q_u \times l^2}{8} = \frac{7,76 \times 2,8^2}{8} = 7,60 \text{ kN.m}$$

- Moments sur appuis :

$$M_D = 0,5 \min(M_0^{CD}; M_0^{DE}) = 0,5 \times 7,51 = 3,76 \text{ kN.m}$$

$$M_E = 0,2 M_0^{DE} = 1,52 \text{ kN.m}$$

- Moment en travée particulière DE :

$$X = \frac{l_{DE}}{2} + \frac{M_D - M_E}{Q_u \times l_{DE}} = \frac{2,8}{2} + \frac{3,76 - 1,52}{7,76 \times 2,8} = 1,50 \text{ m}$$

$$M_{t \min(x)} = \frac{Q_u \times (l_{DE} - X)}{2} - M_D \left(\frac{1 - X}{l_{DE}} \right) - M_E \left(\frac{X}{l_{DE}} \right)$$

$$= \frac{47,76 \times (2,8 - 1,50)}{2} - 3,76 \left(\frac{1 - 1,50}{2,8} \right) - 1,52 \left(\frac{1,50}{2,8} \right) = 4,90 \text{ kN.m}$$

Donc :

$$\begin{cases} M_T^{DE} = 4,90 \text{ kN.m} \\ \text{et} \\ M_E = 1,52 \text{ kN.m} \end{cases}$$

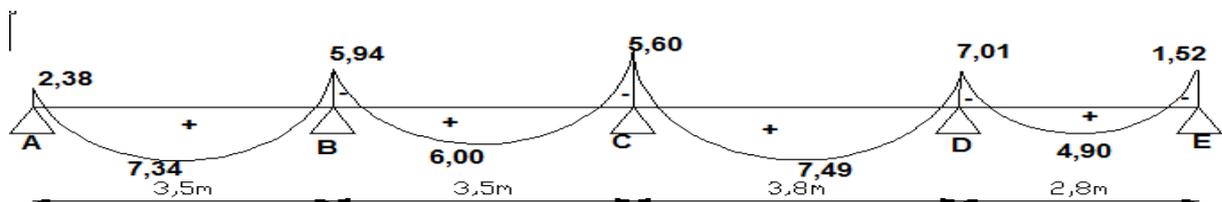


Figure IV.12 : Diagramme des moments fléchissant, M [KN.m]

- Calcul de l'effort tranchant T :

- L'effort tranchant est donnée par :

$$\begin{cases} T_w = \frac{ql}{2} + \frac{M_w - M_e}{l} \text{ (kN)} \\ T_w = -\frac{ql}{2} + \frac{M_w - M_e}{l} \text{ (kN)} \end{cases}$$

- Travée AB :

$$\begin{cases} T_A = \frac{ql_{AB}}{2} + \frac{M_A - M_B}{l_{AB}} = \frac{7,76 \times 3,5}{2} + \frac{2,38 - 5,94}{3,5} = 12,56 \text{KN} \\ T_B = \frac{ql_{BC}}{2} + \frac{M_B - M_C}{l_{BC}} = \frac{7,76 \times 3,5}{2} + \frac{5,94 - 5,60}{3,5} = 13,68 \text{KN} \end{cases}$$

- Travée BC :

$$\begin{cases} T_C = \frac{ql_{BC}}{2} + \frac{M_B - M_C}{l_{BC}} - \frac{7,76 \times 3,5}{2} + \frac{5,94 - 5,60}{3,5} = 13,68 \text{KN} \\ T_C = -\frac{ql_{BC}}{2} + \frac{M_B - M_C}{l_{BC}} - \frac{7,76 \times 3,5}{2} + \frac{5,94 - 5,60}{3,5} = -13,43 \text{KN} \end{cases}$$

- Travée CD :

$$\begin{cases} T_C = \frac{ql_{CD}}{2} + \frac{M_C - M_D}{l_{CD}} - \frac{7,76 \times 3,8}{2} + \frac{5,60 - 7,01}{3,8} = 14,37 \text{KN} \\ T_D = -\frac{ql_{CD}}{2} + \frac{M_C - M_D}{l_{CD}} - \frac{7,76 \times 3,8}{2} + \frac{5,60 - 7,01}{3,8} = -15,12 \text{KN} \end{cases}$$

- Travée DE:

$$\begin{cases} T_D = \frac{ql_{DE}}{2} + \frac{M_D - M_E}{l_{DE}} - \frac{7,76 \times 2,8}{2} + \frac{7,01 - 1,52}{2,8} = 12,31 \text{KN} \\ T_E = -\frac{ql_{DE}}{2} + \frac{M_D - M_E}{l_{DE}} - \frac{7,76 \times 2,8}{2} + \frac{7,01 - 1,52}{2,8} = -9,42 \text{KN} \end{cases}$$

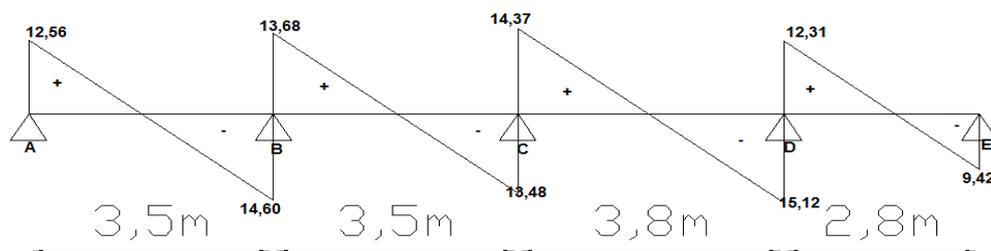


Figure IV.13:diagramme des efforts tranchant [KN]

Les résultats trouvés sont notifiés dans le tableau suivant :

Travée		AB	BC	CD	DE	
L (m)		3,5	3,5	3,8	2,8	
$M_0 = \frac{ql^2}{8} (kN.m)$	E.L.U	11,88	11,88	14,01	7,60	
	E.L.S	8,39	8,39	9,89	5,37	
Appui		A	B	C	D	E
Coefficient forfaitaire		0,2	0,5	0,4	0,5	0,2
M_a (Appui)	E.L.U	2,38	5,94	5,60	7,01	1,52
	E.L.S	1,68	4,20	3,96	4,95	1,07
M_t (1)	E.L.U	9,26	7,65	9,53	4,90	
	E.L.S	6,56	5,40	6,72	1,18	
M_t (2)	E.L.U	7,96	/	/	/	
	E.L.S	5,59	/	/	/	
M_t (3)	E.L.U	/	6,77	7,99	/	
	E.L.S	/	4,75	5,60	/	
M_t (Adopté)	E.L.U	7,34	6,00	7,49	4,90	
	E.L.S	6,56	5,40	6,72	1,18	
$T = \frac{M_w - M_e}{l} \pm \frac{ql}{2} (kN)$	T_w	12,56	13,68	14,37	12,31	
	T_e	-14,60	-13,48	-15,12	-9,42	

Tableau IV.2 : Récapitulatif des résultats des moments et efforts tranchants des poutrelles type 1 de RDC

Type de poutrelle	Travée	Longueur (m)	Sollicitation à l'E.L.U				
			M_t	M_w	M_e	T_w	T_e
2	AB	3,5	9,26	2,38	5,94	12,56	-14,60
	BC	3,5	6,95	5,94	7,01	13,27	-13,89
	CD	3,8	10,93	7,01	2,8	15,85	-13,64
3	AB	3,5	9,26	2,38	5,94	12,56	-14,60
	BC	3,5	7,65	5,94	5,60	13,68	-13,48
	CD	3,8	9,53	5,60	7,01	14,37	-15,12
	DE	2,8	4,90	7,01	1,52	12,31	-9,42

Tableau IV. 3 Récapitulatif des résultats trouvés des poutrelles RDC

4. Ferraillages

1. Calcul des armatures longitudinales :

En travée

$$M_t = b \times h_0 \times f_{bc} \times \left(\frac{d - h_0}{2}\right) = 60 \times 4 \times 14,2 \times \left(\frac{18 - 4}{2}\right) \times 10^{-3} = 23,85 \text{ kN.m}$$

$$M_{t \max} = 10,93 \text{ kN.m} < M_t = 23,85 \text{ kN.m}$$

Donc l'axe neutre tombe dans la table de compression, la section en T sera calculée en flexion simple comme une section rectangulaire de dimension $(b \times h_t) = (65 \times 24) \text{ cm}^2$ soumise à :

$$M_{t \max} = 10,93 \text{ kN.m}$$

$$\mu = \frac{M_{t \max}}{b \times d^2 \times f_{bc}} = \frac{10,93 \times 10^3}{60 \times 18^2 \times 14,2} = 0,040 < \mu_l = 0,392 \rightarrow A'_s = 0$$

$$= 0,040 \rightarrow \beta = 0,980 ; \beta \text{ est tirée du tableau.}$$

$$\sigma_s = \frac{f_e}{\gamma_s} = \frac{400}{1,15} = 348 \text{ MPa}$$

$$A_s = \frac{M_{t \max}}{\beta \times d \times \sigma_s} = \frac{10,93 \times 10^3}{0,980 \times 18 \times 348} = 1,78 \text{ cm}^2$$

Condition de non fragilité (section en Té) :

$$A_{min} = \frac{I \times f_{t28}}{0,81 \times h_t \times V_2 \times f_e}$$

Avec :

$$V_2 = \frac{\left(b \times h_0 \times \left(h - \frac{h_0}{2}\right)\right) + \left(b_0 \times (h - h_0) \times \left(\frac{h - h_0}{2}\right)\right)}{(b \times h_0) + (b_0 \times (h - h_0))}$$

$$= \frac{\left(60 \times 4 \times \left(20 - \frac{4}{2}\right)\right) + \left(12 \times (20 - 4) \times \left(\frac{20 - 4}{2}\right)\right)}{(60 \times 4) + (12 \times (20 - 4))} = 13,56 \text{ cm}$$

$$V_1 = h_t - V_2 = 20 - 13,56 = 6,44 \text{ cm}$$

$$I = \frac{bV_1^3 - ((b - b_0) \times (V_1 - h_0)^3)}{3} + \frac{b_0 \times (h - V_1)^3}{3}$$

$$= \frac{(60 \times 6,44^3) - ((60 - 12) \times (6,44 - 4)^3)}{3} + \frac{12 \times (20 - 6,44)^3}{3}$$

$$= 15082,67 \text{ cm}^4$$

$$A_{min} = \frac{15082,67 \times 2,1}{0,81 \times 20 \times 13,56 \times 400} = 0,36 \text{ cm}^2$$

Donc $A_{s \text{ cal}} = 1,78 \text{ cm}^2 > A_{min} = 0,36 \text{ cm}^2$; Condition vérifiée

On prend : 3T10 ; $A_s = 2,35 \text{ cm}^2$

Sur appui intermédiaire (armatures supérieurs) :

$$\mu = \frac{M_a}{b \times d^2 \times f_{bc}} = \frac{7,01 \times 10^3}{60 \times 18^2 \times 14,2} = 0,126 < \mu_l = 0,392 \rightarrow A'_s = 0$$

$$\mu = 0,126 \rightarrow \beta = 0,932 ; \beta \text{ est tirée du tableau.}$$

$$A_s = \frac{M_a}{\beta \times d \times \sigma_s} = \frac{7,01 \times 10^3}{0,932 \times 18 \times 348} = 1,20 \text{ cm}^2$$

Condition de non fragilité (section en T) :

$$A_{min} = \frac{I \times f_{t28}}{0,81 \times h_t \times V_1 \times f_e} = \frac{15082,67 \times 2,1}{0,81 \times 20 \times 6,44 \times 400} = 0,76 \text{ cm}^2$$

Donc : $A_{s \text{ cal}} = 1,20 \text{ cm}^2 > A_{min} = 0,77 \text{ cm}^2$; Condition vérifiée

On prend : 1T10 (filante) + 1T10 (chapeau) ; $A_s = 1,56 \text{ cm}^2$

Sur appui de rive :

La section calculée est une section rectangulaire de dimension (12 x 24) cm².

$$\mu = \frac{M_a}{b \times d^2 \times f_{bc}} = \frac{2,8 \times 10^3}{60 \times 18^2 \times 14,2} = 0,010 < \mu_l = 0,392 \rightarrow A'_s = 0$$

$\mu = 0,009 \rightarrow \beta = 0,995$; β est tirée du tableau.

$$A_s = \frac{M_a}{\beta \times d \times \sigma_s} = \frac{2,8 \times 10^3}{0,995 \times 18 \times 348} = 0,44 \text{ cm}^2$$

Condition de non fragilité (section en T) :

$$A_{min} = \frac{I \times f_{t28}}{0,81 \times h_t \times V_1 \times f_e} = \frac{15082,6 \times 2,1}{0,81 \times 20 \times 6,44 \times 400} = 0,76 \text{ cm}^2$$

Donc: $A_{s \text{ cal}} = 0,44 \text{ cm}^2 < A_{min} = 0,76 \text{ cm}^2$; Condition non vérifiée ; On prend $A_s = 0,91 \text{ cm}^2$

On prend : 1T12 ; $A_s = 1,13 \text{ cm}^2$

2. Vérification à l'E.L.S :

a) Position de l'axe neutre :

$$H = \frac{b \cdot h_0^2}{2} + 15A'(h_0 - c) - 15A(d - h_0) \Rightarrow H = 33,3 > 0$$

$H > 0 \rightarrow A.N$ dans la table (section rectangulaire) $y_1 \leq h_0$

On utilise la formule suivante :

$$\frac{b}{2}y^2 + 15A'(y - c) - 15.A(d - y) = 0 \rightarrow 32y^2 + 58,65y - 681,3 = 0$$

$\rightarrow y = 3,89 \text{ cm}$

b) Moment d'inertie :

$$\begin{aligned} I &= \frac{b}{3}y^3 + 15A'(y-c)^2 + 15A(d-y)^2 \\ &= \frac{60 \times 3,89^3}{3} + 15 \times 1,56 \times (3,89 - 2)^2 + 15 \times 2,35(18 - 3,89)^2 \\ &= 8278,86 \text{ cm}^4 \end{aligned}$$

c) Détermination des contraintes dans le béton comprimé σ_{bc} :

$$\sigma_{bc} = K \times y = \frac{M_{ser}}{I} \times y = \frac{7,73 \times 10^3}{8278,86} \times 3,89 = 3,63 \text{ MPa}$$

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

$$\sigma_{bc} = 3,63 \text{ MPa} < \bar{\sigma}_{bc} = 15 \text{ MPa} \text{ Condition vérifiée}$$

3. Vérification de la flèche :

D'après les règles B.A.E.L 91, Nous montrons qu'il n'est pas nécessaire de calculer la flèche d'une poutre ou d'une poutrelle si cette dernière est associée à un hourdis et si toutes les inégalités suivantes sont vérifiées :

$$a) \frac{h}{L} \geq \frac{1}{16}$$

$$b) \frac{h}{L} > \frac{1}{10} \cdot \frac{M_{t \text{ service}}}{M_{a \text{ service}}}$$

$$c) \frac{A}{b_0 \cdot d} \leq \frac{4,2}{f_e}$$

Avec : L : La portée de la travée entre nus d'appui.

h : La hauteur totale de la section droite.

d : La hauteur utile de la section droite.

b_0 : La largeur de la nervure.

$M_{t \text{ service}}$: Le moment en travée maximal à E.L.S.

$M_{a \text{ service}}$: Le moment en appui maximal à E.L.S.

A : La section des armatures tendue.

f_e : La limite élastique de l'acier utilisé (en MPa).

a) Vérification des conditions :

$$\frac{h}{l} \geq \frac{1}{10} \Rightarrow \frac{20}{380} = 0,0526 < \frac{1}{16} = 0,0625 \text{ C.N.V}$$

$$\frac{h}{l} \geq \frac{1}{10} \cdot \frac{M_{t \text{ service}}}{M_{0 \text{ service}}} \Rightarrow \frac{20}{380} = 0,052 < \frac{7,73}{9,89} \cdot \frac{1}{10} = 0,078 \text{ C.N.V}$$

Ces trois conditions ne sont pas vérifiées, donc le calcul de la flèche est nécessaire.

$$\frac{h}{l} \geq \frac{1}{10} \cdot \frac{M_{t \text{ service}}}{M_{0 \text{ service}}} \Rightarrow \frac{20}{380} = 0,052 < \frac{7,73}{9,89} \cdot \frac{1}{10} = 0,078 \text{ C.N.V}$$

$$\frac{A}{b_0 \cdot d} = \frac{2,35}{12 \times 18} = 0,0108 > \frac{4,2}{400} = 0,0105 \text{ C. N. V}$$

Ces trois conditions ne sont pas vérifiées, donc le calcul de la flèche est nécessaire.

G : Charge permanente après mise en place des cloisons.

P : Charge Totale ($P = G +$ charge d'exploitation).

J : Charge permanente avant la mise en place des cloisons.

On a:

$$\begin{cases} G = 5,14 \text{ KN/m}^2 \\ P = G + Q = 5,14 + 4 = 9,14 \text{ KN/m}^2 \\ J = G - 1 = 4,14 \text{ KN/m}^2 \end{cases}$$

Pour $b=0.60$

$$\begin{cases} G = 5,14 \times 0,6 = 3,08 \text{ KN/ml} \\ P = 9,14 \times 0,6 = 5,48 \text{ KN/ml} \\ J = 4,14 \times 0,6 = 2,48 \text{ KN/ml} \end{cases}$$

b) Calcul des moments fléchissant

$$\begin{cases} M_G = 0,71 \frac{GL^2}{8} = 0,71 \times \frac{3,08 \times 3,8^2}{8} = 3,95 \text{ KN.m} \\ M_P = 0,71 \frac{PL^2}{8} = 0,71 \times \frac{5,48 \times 3,8^2}{8} = 7,02 \text{ KN.m} \\ M_J = 0,71 \frac{JL^2}{8} = 0,71 \times \frac{2,48 \times 3,8^2}{8} = 3,18 \text{ KN.m} \end{cases}$$

c) Module du modèle de déformation longitudinale :

$$E_i = 11000 \cdot \sqrt[3]{f_{c28}} = 11000 \cdot \sqrt[3]{25} = 32164,19 \text{ MPa}$$

$$E_v = 3700 \cdot \sqrt[3]{f_{c28}} = 3700 \cdot \sqrt[3]{25} = 10818,86 \text{ MPa}$$

d) Détermination du centre de gravité :

$$Y_G = \frac{\sum A_i Y_i}{A_i} = \frac{(b \cdot h_0) \left(\frac{h_0}{2} + h - h_0 \right) + 5 \left[\frac{b_0 (h - h_0) (h - h_0)}{2} \right] + \eta \cdot A_s \cdot c}{(b \cdot h_0) + (h - h_0) b_0 + \eta \cdot A_s}$$

$$= \frac{(60 \times 4) \left(\frac{4}{2} + 20 - 4 \right) + \left[\frac{12(20 - 4)(20 - 4)}{2} \right] + 15 \times 2,35 \times 2}{(60 \times 4) + (20 - 4)12 + 15 \times 2,35} = 12,68$$

e) **Détermination du moment d'inertie :**

$$I_g = \frac{by_G^3}{3} - \frac{(b-b_0)(y_G-h_0)^3}{3} + \frac{b_0(h_t-y_G)^3}{3} + 15A_s(d-y_G)^2$$

$$I_g = \frac{60.(12,68)^3}{3} - \frac{(60-12).(12,68-4)^3}{3} + \frac{12.(20-12,68)^3}{3} + 15.2,35.(18-12,68)^2$$

$$I_g = 32877,42 \text{ cm}^4$$

f) **Pourcentages des armatures :**

$$\rho = \frac{A}{b_0 \cdot d} = \frac{2,35}{12 \times 18} = 0,011 \Rightarrow \beta + 0,877$$

g) **Calcul des contraintes suivant les sollicitations :**

$$\left\{ \begin{array}{l} \sigma_{SG} = \frac{M_G}{A \cdot \beta_1 \cdot d} = \frac{3,95 \times 10^3 \text{ N.m}}{2,35 \times 0,877 \times 18} = 106,48 \text{ Mpa} \\ \sigma_{SP} = \frac{M_P}{A \cdot \beta_1 \cdot d} = \frac{7,02 \times 10^3 \text{ N.m}}{2,35 \times 0,877 \times 18} = 188,43 \text{ Mpa} \\ \sigma_{SJ} = \frac{M_J}{A \cdot \beta_1 \cdot d} = \frac{3,18 \times 10^3 \text{ N.m}}{2,35 \times 0,877 \times 18} = 84,75 \text{ Mpa} \end{array} \right.$$

h) **Calcul de μ_g, μ_p, μ_j**

$$\left\{ \begin{array}{l} \mu_G = 1 - \left[\frac{1,75 f_{t28}}{4 \cdot \rho \cdot \sigma_{SG} + f_{t28}} \right] = 1 - \left[\frac{1,75 \times 2,1}{4 \times 0,011 \times 121,80 + 2,1} \right] = 0,49 \\ \mu_G = 1 - \left[\frac{1,75 f_{t28}}{4 \cdot \rho \cdot \sigma_{SP} + f_{t28}} \right] = 1 - \left[\frac{1,75 \times 2,1}{4 \times 0,011 \times 188,43 + 2,1} \right] = 0,65 \\ \mu_G = 1 - \left[\frac{1,75 f_{t28}}{4 \cdot \rho \cdot \sigma_{SJ} + f_{t28}} \right] = 1 - \left[\frac{1,75 \times 2,1}{4 \times 0,011 \times 84,75 + 2,1} \right] = 0,37 \end{array} \right.$$

i) **Calcul des moments d'inertie fictifs :**

$$I_f = \frac{1,1 I_0}{(1 + \lambda \cdot \mu)}$$

$$\lambda_i = \frac{0,05 f_{t28}}{\left(2 + 3 \frac{b_0}{b}\right) \cdot \rho} = \frac{0,05 \times 2,1}{\left(2 + 3 \frac{12}{60}\right) \times 0,011} = 3,67$$

$$\lambda_v = \frac{2}{5} \lambda_i = 1,47$$

$$I_{fi}^G = \frac{1,1 \cdot I_0}{(1 + \lambda_i \cdot \mu_G)} = \frac{1,1 \times 32877,42}{(1 + 3,67 \times 0,49)} = 12923,97 \text{ cm}^4$$

$$I_{fv}^G = \frac{1,1 \cdot I_0}{(1 + \lambda_v \cdot \mu_G)} = \frac{1,1 \times 32877,42}{(1 + 1,47 \times 0,49)} = 21022,59 \text{ cm}^4$$

$$I_{fi}^P = \frac{1,1 \cdot I_0}{(1 + \lambda_i \cdot \mu_p)} = \frac{1,1 \times 32877,42}{(1 + 3,67 \times 0,65)} = 10682,37 \text{ cm}^4$$

$$I_{fi}^J = \frac{1,1 \cdot I_0}{(1 + \lambda_i \cdot \mu_j)} = \frac{1,1 \times 32877,42}{(1 + 3,67 \times 0,37)} = 15337,87 \text{ cm}^4$$

j) **Calcul de flèche (total et admissible)**

$$f_{gi} = \frac{M_g \cdot L^2}{10 \cdot E_i \cdot I_{fi}^g} = \frac{6221,27 \times (474)^2}{10 \times 32164,19 \times 24166,71} = 0,17 \text{ cm}$$

$$f_{Gi} = \frac{M_G \cdot L^2}{10 \cdot E_i \cdot I_i^G} = \frac{3,93 \times 10^3 \times 380^2}{10 \times 32164,19 \times 12923,97} = 0,136 \text{ cm}$$

$$f_{Gv} = \frac{M_G \cdot L^2}{10 \cdot E_v \cdot I_v^G} = \frac{3,93 \times 10^3 \times 380^2}{10 \times 10818,86 \times 12923,97} = 0,405 \text{ cm}$$

$$f_{Pi} = \frac{M_p \cdot L^2}{10 \cdot E_i \cdot I_i^P} = \frac{7,02 \times 10^3 \times 380^2}{10 \times 32164,19 \times 10682,37} = 0,295 \text{ cm}$$

$$f_{Ji} = \frac{M_j \cdot L^2}{10 \cdot E_i \cdot I_i^J} = \frac{3,18 \times 10^3 \times 380^2}{10 \times 32164,19 \times 15337,87} = 0,093 \text{ cm}$$

k) **La flèche totale**

$$\Delta f_t = (f_{g_v} - f_{J_i}) + (f_{P_i} - f_{g_i}) = (0,405 - 0,093) + (0,295 - 0,136)$$

$$\Delta f_t = 0,471 \text{ cm}$$

$$\Delta f_{max} = \frac{l}{500} = \frac{380}{500} = 0,76$$

Donc $\Delta f_t = 0,471 \text{ cm} < \Delta f_{max} = 0,76 \text{ cm} \longrightarrow$ condition vérifiées

e) Contrainte de cisaillement :

$$\tau_u = \frac{T}{b_0 \times d} = \frac{15785 \times 10^{-3}}{0,12 \times 0,18} = 0,73 \text{ MPa}$$

$\bar{\tau}_u = \min(0,13 f_{c28} ; 5 \text{ MPa})$; Fissuration peu préjudiciable

$$\bar{\tau}_u = \min(3,25 \text{ MPa} ; 5 \text{ MPa}) = 3,25 \text{ MPa}$$

$\tau_u = 0,73 \text{ MPa} < \bar{\tau}_u = 3,25 \text{ MPa}$; Condition vérifiée

Les armatures transversales A_t :

D'après le B.A.E.L 99 (A.5.1.23), on a :

$$\Phi_t \leq \min\left(\frac{h}{35} ; \frac{b_0}{10} ; \Phi_L\right) = \min(5,71 ; 12 ; 10) ; \text{ On trouve } \Phi_t = 5,71 \text{ mm}$$

On adopte : $\Phi_t = 6 \text{ mm}$

Choix : $2\phi 6 \longrightarrow A_s = 0,56 \text{ cm}^2$

a) Calcul des espacements :

$$S_t \leq \min(0,9d ; 40 \text{ cm}) = \min(16,20 \text{ cm} ; 40 \text{ cm}) = 16,20 \text{ cm}$$

$$S_t = 15 \text{ cm}$$

5. Calcul des poutrelles du plancher du 1er étage, étage courant et terrasse:

Ces planchers ont été calculé avec la méthode forfaitaire et forfaitaire modifiée, les mêmes étapes ont été suivies que dans 1^{er} calcul du plancher précédent, les résultats sont donnés directement :

IV.7.1- Terrasse :

a) Les moments fléchissant et efforts tranchants trouvées :

Travée		AB	BC	CD	
L (m)		3,5	3,5	3,8	
$M_0 = \frac{ql^2}{8} \text{ (kN.m)}$	E.L.U	7,61	7,61	8,97	
	E.L.S	5,48	5,48	6,47	
Appui		A	B	C	D
Coefficient forfaitaire		0,2	0,5	0,5	0,2
$M_a \text{ (Appui)}$	E.L.U	1,52	3,81	4,49	1,79
	E.L.S	1,10	2,74	3,23	1,29
$M_t \text{ (1)}$	E.L.U	5,52	4,03	6,50	
	E.L.S	3,98	2,91	4,69	
$M_t \text{ (2)}$	E.L.U	4,87	/	5,74	
	E.L.S	3,50	/	4,12	
$M_t \text{ (3)}$	E.L.U	/	4,11	/	
	E.L.S	/	2,95	/	
$M_t \text{ (Adopté)}$	E.L.U	5,52	4,11	6,50	
	E.L.S	3,98	2,95	4,69	
$T = \frac{M_w - M_e}{l} \pm \frac{ql}{2} \text{ (kN)}$	T_w	8,04	8,50	10,15	
	T_e	-9,35	-8,89	-8,73	

Tableau IV.4 : résultats des moments et efforts tranchants des poutrelles type 1de terrasse.

Travée		AB	BC	CD	DE	
L (m)		3,5	3,5	3,8	2,8	
$M_0 = \frac{ql^2}{8} (kN.m)$	E.L.U	7,61	7,61	8,97	4,87	
	E.L.S	5,48	5,48	6,47	3,51	
Appui		A	B	C	D	E
Coefficient forfaitaire		0,2	0,5	0,4	0,5	0,2
M_a (Appui)	E.L.U	1,52	3,81	3,59	4,49	0,97
	E.L.S	1,10	2,74	2,59	3,23	0,70
M_t (1)	E.L.U	5,52	4,48	5,60	3,13	
	E.L.S	3,98	3,23	4,04	2,16	
M_t (2)	E.L.U	4,87	/	/	/	
	E.L.S	3,50	/	/	/	
M_t (3)	E.L.U	/	4,11	4,84	/	
	E.L.S	/	2,95	3,47	/	
M_t (Adopté)	E.L.U	5,52	4,48	5,60	3,13	
	E.L.S	3,98	3,23	4,04	2,16	
$T = \frac{M_w - M_e}{l} \pm \frac{ql}{2} (kN)$	T_w	8,04	8,76	9,21	8,22	
	T_e	-9,35	-8,63	-9,68	-5,70	

Tableau IV.5 résultats des moments et efforts tranchants des poutrelles type 2 de terrasse

Type de poutrelle	Travée	Longueur (m)	Sollicitation à l'E.L.U				
			M_t	M_w	M_e	T_w	T_e
2	AB	3,5	5,52	1,52	3,81	8,04	-9,35
	BC	3,5	4,11	3,81	4,49	8,50	-8,89
	CD	3,8	6,50	4,49	1,79	10,15	-8,73
3	AB	3,5	5,52	1,52	3,81	8,04	-9,35
	BC	3,5	4,48	3,81	3,59	8,76	-8,63
	CD	3,8	5,60	3,59	4,49	9,21	-9,68
	DE	2,8	3,13	4,49	0,97	8,22	-5,70

Tableau IV.6 Récapitulatif des résultats trouvés des poutrelles de terrasse

Ferrailage

Sur travée :

As=1,05 on adopte 3T10 de section A=2,35

Sur appuis :

As=0,74 on adopte 1T10 de section A=0,78

Plancher étage courant :

Type 1

$$Q_u = 5,51 \text{ kN/ml}; Q_{ser} = 3,98 \text{ kN/ml}.$$

Les résultats trouvés sont notifiés dans le tableau suivant :

Travée		AB	BC	CD	
L (m)		3,5	3,5	3,8	
$M_0 = \frac{ql^2}{8} \text{ (kN.m)}$	E.L.U	8,44	8,44	9,95	
	E.L.S	6,10	6,10	7,19	
Appui		A	B	C	D
Coefficient forfaitaire		0,2	0,5	0,5	0,2
$M_a \text{ (Appui)}$	E.L.U	1,69	4,22	4,98	1,99
	E.L.S	1,22	3,05	3,60	1,44
$M_t \text{ (1)}$	E.L.U	6,06	4,41	7,14	
	E.L.S	4,38	3,19	5,16	
$M_t \text{ (2)}$	E.L.U	5,32	/	6,27	
	E.L.S	3,87	/	4,56	
$M_t \text{ (3)}$	E.L.U	/	4,47	/	
	E.L.S	/	3,26	/	
$M_t \text{ (Adopté)}$	E.L.U	6,06	4,47	7,14	
	E.L.S	4,38	3,26	5,16	
$T = \frac{M_w - M_e}{l} \pm \frac{ql}{2} \text{ (kN)}$	T_w	8,92	9,43	11,26	
	T_e	-10,37	-9,86	-9,68	

Tableau IV.7 résultats des moments et efforts tranchants des poutrelles type 2 d'étage courant

Type 2 : Les résultats trouvés sont notifiés dans le tableau suivant :

Travée		AB	BC	CD	DE	
L (m)		3,5	3,5	3,8	2,8	
$M_0 = \frac{ql^2}{8} (kN.m)$	E.L.U	8,44	8,44	9,95	5,40	
	E.L.S	6,10	6,10	7,19	3,90	
Appui		A	B	C	D	E
Coefficient forfaitaire		0,2	0,5	0,4	0,5	0,2
M_a (Appui)	E.L.U	1,69	4,22	3,98	4,98	1,08
	E.L.S	1,22	3,05	2,87	3,59	0,78
M_t (1)	E.L.U	6,06	4,92	6,15	3,46	
	E.L.S	4,38	3,55	4,44	2,51	
M_t (2)	E.L.U	5,32	/	/	/	
	E.L.S	3,87	/	/	/	
M_t (3)	E.L.U	/	4,47	5,27	/	
	E.L.S	/	3,26	3,84	/	
M_t (Adopté)	E.L.U	6,06	4,92	6,15	3,46	
	E.L.S	4,38	3,55	4,44	2,51	
$T = \frac{M_w - M_e}{l} \pm \frac{ql}{2} (kN)$	T_w	8,92	9,71	10,21	9,11	
	T_e	-10,37	-9,57	-10,73	-6,32	

Tableau IV.8 résultats des moments et efforts tranchants des poutrelles type 2 d'étage courant

Type de poutrelle	Travée	Longueur (m)	Sollicitation à l'E.L.U				
			M_t	M_w	M_e	T_w	T_e
2	AB	3,5	6,06	1,69	4,22	8,92	-10,37
	BC	3,5	4,47	4,22	4,98	9,43	-9,68
	CD	3,8	7,14	4,98	1,99	11,26	-9,86
3	AB	3,5	6,06	1,69	4,22	3,98	-10,37
	BC	2,5	4,92	4,22	3,98	9,71	-9,57
	CD	3,8	6,15	3,98	4,98	10,21	-10,73
	DE	2,8	3,46	4,98	1,08	9,11	-6,32

Tableau VI.9 : Récapitulatif des résultats trouvés des poutrelles d'étage courant

6. Ferrailage

Sur travée :

$A_s=1,16$ on adopte 3T10 de section $A=2,35$

Sur appuis :

$A_s=0,83$ on prend : 1T10 (filante) + 1T10 (chapeau) ; $A_s = 1,56 \text{ cm}^2$

1^{er} étage :

$Q_u = 6,41\text{KN/ml}; Q_{ser} = 4,58\text{KN/ml}.$

$\alpha = \frac{Q}{G+Q} = \frac{1,5}{4,47+1,5} = 0,327$	$1 + 0,3\alpha = 1,098 > 1,05$
	$\frac{1,2+0,3\alpha}{2} = 0,65$ travée de rive
	$\frac{1+0,3\alpha}{2} = 0,55$ travée intermediaire

Type 1

Moment isostatique :

$M_0^{AB} = \frac{Q_u \cdot l_{AB}^2}{8} = \frac{6,41 \times 3,5^2}{8} = 9,81\text{KN.m}$

Moment sur appuis:

$M_A = M_B = 0,2M_0^{AB} = 0,2 \times 9,81 = 1,96 \text{ KN.m}$

Moments en travée :

$M_T^{AB} = 0,8M_0^{AB} = 0,8 \times 9,81 = 7,85\text{KN.m}$

Type 2 :

Travée		AB	BC	CD	
L (m)		3,5	3,5	3,8	
$M_0 = \frac{ql^2}{8}$ (kN.m)	E.L.U	9,81	9,81	11,57	
	E.L.S	7,02	7,02	8,27	
Appui		A	B	C	D
Coefficient forfaitaire		0,2	0,5	0,5	0,2
M_a (Appui)	E.L.U	1,96	4,91	5,79	2,31
	E.L.S	1,40	3,51	4,14	1,65
M_t (1)	E.L.U	7,34	5,42	8,65	
	E.L.S	5,25	3,88	6,19	
M_t (2)	E.L.U	6,38	/	7,52	
	E.L.S	4,56	/	5,37	
M_t (3)	E.L.U	/	5,39	/	
	E.L.S	/	3,85	/	
M_t (Adopté)	E.L.U	7,34	5,42	8,65	
	E.L.S	5,25	3,88	6,19	
$T = \frac{M_w - M_e}{l} \pm \frac{ql}{2}$ (kN)	T_w	10,37	10,97	13,09	
	T_e	-12,06	-11,47	-11,26	

Tableau IV.10 : résultats des moments et efforts tranchants des poutrelles type 1 du 1^{er} étage

Type 3

Travée		AB	BC	CD	DE	
L (m)		3,5	3,5	3,8	2,8	
$M_0 = \frac{ql^2}{8} \text{ (kN.m)}$	E.L.U	9,81	9,81	11,57	6,28	
	E.L.S	7,02	7,02	8,27	4,5	
Appui		A	B	C	D	E
Coefficient forfaitaire		0,2	0,5	0,4	0,5	0,2
M_a (Appui)	E.L.U	1,96	4,91	4,63	5,79	1,26
	E.L.S	1,4	3,5	3,3	4,1	0,92
M_t (1)	E.L.U	7,34	6,00	7,49	4,05	
	E.L.S	5,25	4,30	5,36	3,24	
M_t (2)	E.L.U	6,38	/	/	/	
	E.L.S	4,56	/	/	/	
M_t (3)	E.L.U	/	5,40	6,36	/	
	E.L.S	/	3,85	4,54	/	
M_t (Adopté)	E.L.U	7,34	6,00	7,49	4,05	
	E.L.S	5,25	4,30	5,35	3,24	
$T = \frac{M_w - M_e}{l} \pm \frac{ql}{2} \text{ (kN)}$	T_w	10,37	11,30	11,87	10,59	
	T_e	-12,06	-11,14	-12,48	-7,36	

Tableau IV.11 : résultats des moments et efforts tranchants des poutrelles type 2 du 1^{er} étage

Type de poutrelle	Travée	Longueur (m)	Sollicitation à l'E.L.U				
			M_t	M_w	M_e	T_w	T_e
1	AB	3,5	7,85	1,96	1,96	11,22	-11,22
2	AB	3,5	7,34	1,96	4,91	10,37	-12,06
	BC	3,5	5,42	4,91	5,79	10,97	-11,47
	CD	3,8	8,65	5,79	2,31	13,09	-11,26
3	AB	3,5	7,34	1,96	4,91	10,37	-12,06
	BC	3,5	6,00	4,91	4,63	11,30	-11,14
	CD	3,8	7,49	4,63	5,79	11,87	-12,48
	DE	2,8	4,05	5,79	1,26	10,59	-7,36

Tableau IV.12 : Récapitulatif des résultats trouvés des poutrelles du 1^{er} étage**Ferrailage**Sur travée :

$A_s=1,40$ on adopte 3T10 de section $A=2,35$

Sur appuis :

$A_s=0,97$ on adopte On prend : 1T10 (filante) + 1T10 (chapeau) ; $A_s = 1,56 c$

7. Dessin de ferrailage des poutrelles :

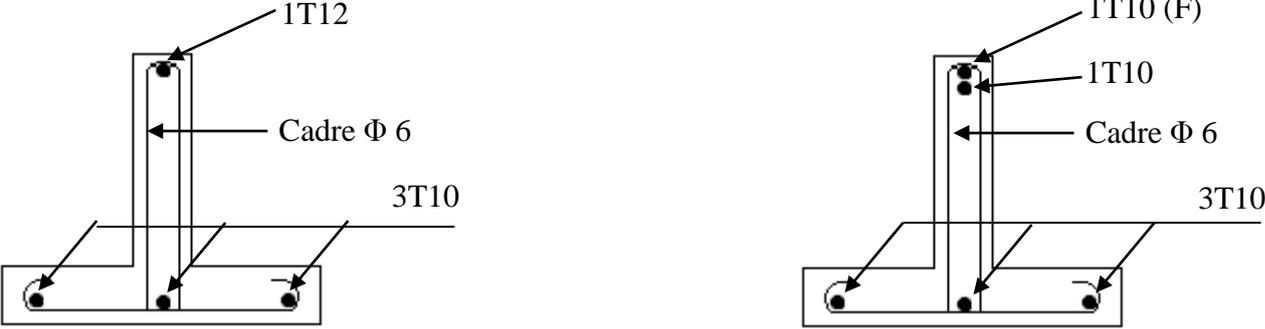


Figure IV.14 : ferrailage des poutrelles