

ETUDE D'UN ESCALIER

1. Introduction :

Les escaliers sont des éléments de la structure qui permettent de franchir les niveaux.

Ils sont composés des éléments suivants : paillasse, volée, palier, marche (giron), contre marche.

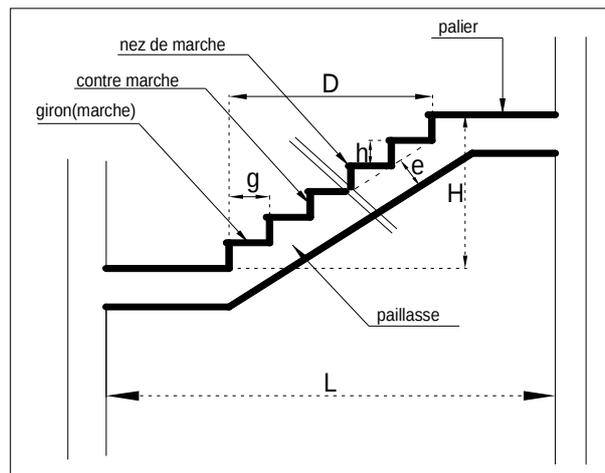


Fig.1 : Caractéristiques dimensionnelles d'un escalier

2. Présentation et conception géométrique :

Dans notre projet l'escalier à étudier permet l'accès du RDC vers les divers étages , il comporte deux volées symétriques,

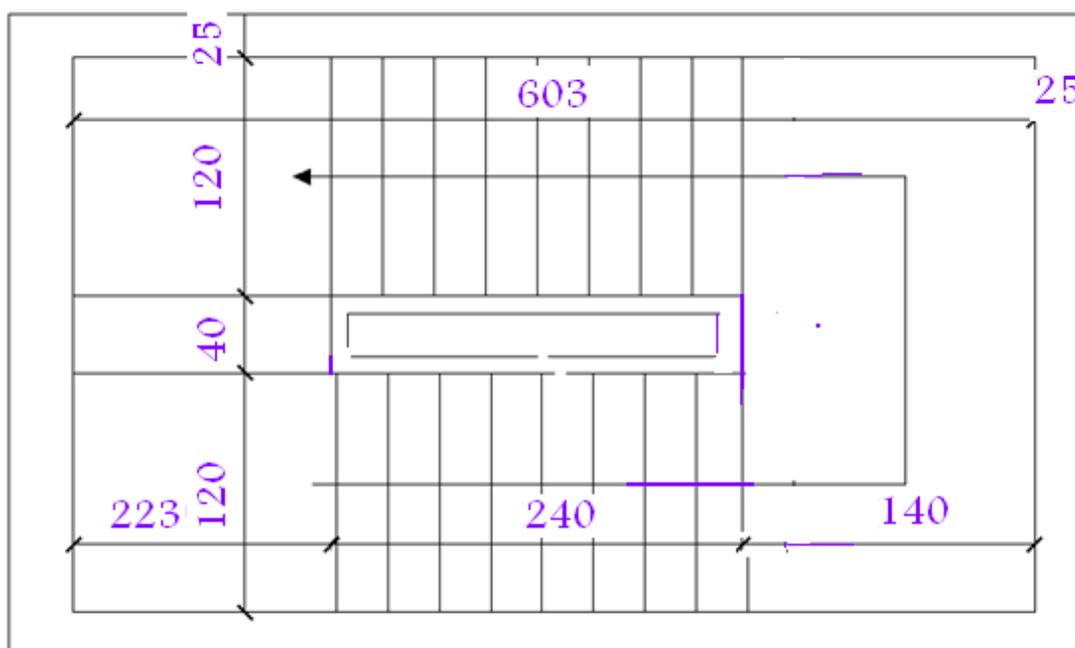


Fig.2 : Schéma d'escalier

2.1. Dimensionnement :

D'après le plan d'architecture on a

$L=603\text{cm}$; $h= 310\text{cm}$; $n=8$

$Q= 2.5 \text{ kN/m}^2$ (escaliers d'habitations)

\Rightarrow
 $28 < g < 30 \quad g = 30\text{cm}$

$$\begin{cases} H = \frac{h}{2n} = \frac{310}{2 \times 8} = 19.37\text{cm} \\ 16 \leq H \leq 17 \\ d'ou \rightarrow H = 17\text{cm} \\ \alpha = \arctg\left(\frac{H}{g}\right) = 29.53^\circ \end{cases}$$

D'où

\Rightarrow $60 \leq g + 2 \times H \leq 64\text{cm} \quad g + 2 \times H = 64\text{cm}$
 Vérification de BLONDEL : or

$$e_{paillasse} = 0.018 * L * \sqrt[3]{\rho_B * e + Q}$$

L'épaisseur de la paillasse :

Par itérations on trouve $e=21\text{cm}$.

2.2. Evaluation des charges :

2.2.1. charges permanentes :

Les charges sont calculées par mètre linéaire horizontal.

$$\rho_{bb} = 22\text{KN} / \text{m}^3$$

- Béton banché :

$$\rho_{ba} = 25\text{KN} / \text{m}^3$$

- Béton armé :

$$\rho_e = 20\text{KN} / \text{m}^3$$

- Enduit :

$$\rho_m = 28\text{KN} / \text{m}^3$$

- Marbre:

a. Charges sur la paillasse :

- ✓ chape en béton armé : ($e=21\text{cm}$)

$$\left(\frac{e}{\cos(\alpha)}\right) \times \rho_{ba} \times 1\text{m} = \left(\frac{0.21}{\cos(29.53)}\right) 25 = 6.03\text{KN} / \text{m}$$

- ✓ Marche en Béton banché :

$$\frac{H}{2} \times \rho_{bb} \times 1\text{m} = \frac{0.17}{2} \times 22 \times 1\text{m} = 1.87\text{KN} / \text{m}$$

$$e_m = 3\text{cm}$$

- ✓ Marche en marbre de : ()

$$e_m \cdot H \times \rho_m = 0.03 \times 0.17 \times 28 = 0.142 \text{ KN / m}$$

$$e_p = 1.5 \text{ cm}$$

✓ Marche en pose : ()

$$e_p \times 1 \text{ m} \times \rho_e = 0.015 \times 1 \times 20 = 0.3 \text{ KN / m}$$

$$e_{cm} = 2 \text{ cm}$$

✓ Contre marche en marbre : ()

$$\frac{e_{cm} \times (H - e_m) \times 1 \text{ m}}{g} \times \rho_m = \frac{0.02 \times (0.17 - 0.025)}{0.3} \times 28 = 0.26 \text{ KN / m}$$

$$e_{mp} = 1.5 \text{ cm}$$

✓ Mortier de pose pour contre marche : ()

$$\frac{e_{mp} \times (H - e_m) \times 1 \text{ m}}{g} \times \rho_e = \frac{0.015 \times (0.17 - 0.025)}{0.3} \times 20 = 0.14 \text{ KN / m}$$

$$e_e = 1 \text{ cm}$$

✓ Enduit de la paillasse : ()

$$\frac{e_e \times 1 \text{ m}}{\cos(\alpha)} \times \rho_e = \frac{0.01}{\cos(29.53)} \times 20 = 0.22 \text{ KN / m}$$

$$0.1 \text{ KN / m}$$

✓ Garde corps :

$$G = 9.068 \text{ KN / m} \quad G$$

Alors : ou : la charge permanente totale sur la paillasse.

$$e = 21 \text{ cm}$$

b. Charge sur le palier : ()

$$e = 21 \text{ cm}$$

✓ chape en béton armé : ()

$$e \times 1 \text{ m} \times \rho_{ba} = 0.21 \times 25 = 5.25 \text{ KN / m}$$

$$e_m = 2 \text{ cm}$$

✓ Marbre : ()

$$e_m \times 1 \text{ m} \times \rho_m = 0.02 \times 28 = 0.56 \text{ KN / m}$$

$$e_{mp} = 1.5 \text{ cm}$$

✓ Mortier de pose : ()

$$e_{mp} \times 1 \text{ m} \times \rho_e = 0.015 \times 20 = 0.3 \text{ KN / m}$$

$$e_e = 1.5 \text{ cm}$$

✓ Enduit : ()

$$e_e \times 1 \text{ m} \times \rho_e = 0.015 \times 20 = 0.3 \text{ KN / m}$$

$$G = 6.41 \text{ KN / m} \quad G$$

Alors : ou : la charge permanente totale sur le palier.

2.2.2. Charges d'exploitation :

On adopte pour l'escalier une charge d'exploitation :

$$q = 2.5 \text{ KN} / \text{m}^2$$

3. Schéma de calcul et Dimensionnement :

3.1. calcul de la première volée :

a. Sollicitation :

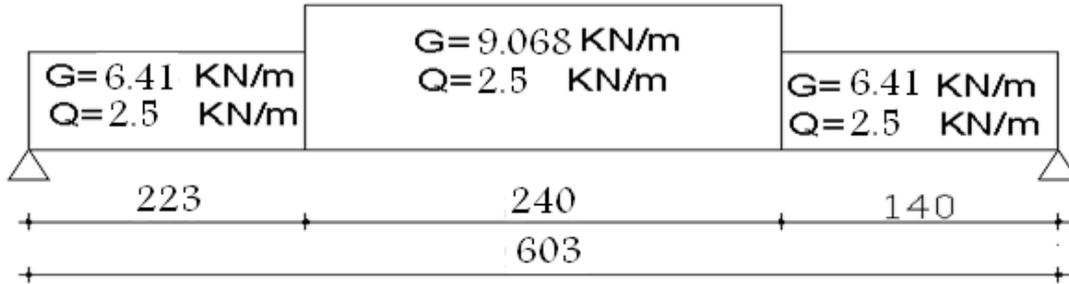


Fig 3 : chargement de l'escalier

Combinaison	Moments fléchissant (kN.m)	Effort tranchant (kN)	
1.35*G+1.5*Q	66.45	41.09	42.27
G+Q	47.99	29.6	30.5

Tableau 1:calcul des sollicitations a partir du logiciel RDM6

b. Ferrailage :

Le calcul des armatures est réalisé sur une poutre isostatique de section (0.21x1) m² soumise à la flexion simple.

✓ Armatures principales :

○ Moment réduit agissant :

$$\mu = \frac{M_u}{b \times d^2 \times f_{bu}} = \frac{66.45 \times 10^{-3}}{1 \times 0.18^2 \times 2.46} = 0.164$$

○ Nécessité d'aciers comprimés

$$\mu_l = 0.39$$

$$\mu < \mu_l$$

⇒

On n'a pas besoin d'aciers comprimés.

○ Section d'aciers tendus A_{st} :

$$\alpha = 1.25 * (1 - \sqrt{1 - 2 * \mu}) = 0.225$$

$$y_u = \alpha * d = 0.0405 \text{ m}$$

$$z = d - 0.4 * y_u = 0.1638 \text{ m}$$

$$\Rightarrow A_{st} = \frac{M_u}{Z \times f_{su}} = \frac{66.45 \times 10^{-3}}{0.1638 \times 347.83} = 11.66 \text{ cm}^2$$

o **Sections minimales (condition de non fragilité) :**

$$A_{\min} = 0.23 \times b \times \frac{f_{t28}}{f_e} = 0.23 \times 0.18 \times \frac{1.92}{400} = 98 \text{ cm}^2 > A_{st} \Rightarrow$$

CNF

vérifiée.

D'où on choisie pour les armatures principales : **8HA14 /ml**
 ($A_{st} = 12.31 \text{ cm}^2$)

✓ **Armatures en chapeaux :**

$$\Rightarrow A_{ap} = 0.15 A_{st} = 1.74 \text{ cm}^2 / \text{ml} \quad A_{ap} = (2.01 \text{ cm}^2)$$

; Soit **4HA8 /ml** ; .

✓ **Calcul des armatures de répartition :**

La section des armatures de répartition, dans le sens de la largeur des escaliers, est prise égale au quart de la section des armatures principales, on a alors:

$$A_r = \frac{A_s}{4} = 2.91 \text{ cm}^2 / \text{ml} \quad (A_s = 3.01 \text{ cm}^2)$$

; Choix : **6HA8/ml** .

✓ **Vérification à l'ELS :**

$$M_s = 47.99 \text{ KN.m}$$

$$\frac{b}{2} \times y_1^2 + [15 \times A_{st}] \times y_1 - 15 \times A_{st} \times d = 0$$

$$0.5 y_1^2 + 18.4610^{-3} y_1 - 3.32310^{-3} = 0$$

$$y_1 = 0.0651 \text{ m}$$

=>

$$I_{SRH} = \frac{b \times y_1^3}{3} + 15 \times A_{st} \times (d - y_1)^2$$

$$\Rightarrow I_{SRH} = 3.35710^{-4} \text{ m}^4$$

$$\sigma_{bc} = \frac{M_s}{I_{srh}} \times y_1 = 9.30 \text{ MPa}$$

$$\Rightarrow \sigma_{bc} < \overline{\sigma_{bc}} = 13.2 \text{ MPa}$$

✓ **Vérification des contraintes :**

Pour les poutres dalles; coulée sans reprise de bétonnage sur leur épaisseur, les armatures transversales ne sont pas nécessaire si:

$$\tau_u \leq \bar{\tau}_u$$

$$\tau_u = \frac{V_u}{b_0 \times d} = \frac{42.27 \times 10^{-3}}{1 \times 0.18} = 0.234 \text{ MPa}$$

$$\bar{\tau}_u = \min \left(0.06 \frac{f_{c28}}{\gamma_b}; 1.5 \text{ MPa} \right) = 0.88 \text{ MPa}$$

$$\tau_u = 0.234 \text{ MPa} \leq \bar{\tau}_u = 0.88 \text{ MPa} \Rightarrow \text{vérifiée}$$

✓ **Vérification de flèche :**

$\frac{h}{l} \geq \frac{1}{16}$		$\frac{h}{l} \geq \frac{M_t}{10M_0}$		$\frac{A}{b_0 \cdot d} \leq \frac{4.2}{f_e}$	
0.257	0.0625	0.257	0.66	0,0006	0,0105
ok		Non vérifiée		ok	

✓ **Calcul De la Fleche Par la Méthode de l'Inertie Fissurée**

Puisque la condition de flèche n'est pas vérifiée , un calcul de flèche est indispensable.

$$\lambda_i = \frac{0.05 \times f_{t28}}{\rho \left(2 + 3 \frac{b_0}{b_0} \right)} \quad \text{avec } \rho = \frac{A_s}{b_0 \cdot d} = \frac{12.31 \cdot 10^{-4}}{1 \times 0.18} = 0.0068$$

$$= \frac{0.05 \times 1.92}{0.0068 \times \left(2 + 3 \frac{1}{1} \right)} = 2.82 \text{ MPa}$$

$$\sigma_s = 15K (d - y) \quad \text{avec } K = \frac{M_{ser}}{I_0}$$

$$\rightarrow I_0 = 3.357 \cdot 10^{-4} \text{ m}^4.$$

$$K = \frac{47.99}{3.357 \cdot 10^{-4}} = 14.29 \cdot 10^4 \text{ KN / m}^3$$

$$\sigma_s = 246.2 \text{ MPa}$$

$$\mu = 1 - \frac{1.75 f_{t28}}{4 \rho \sigma_s + f_{t28}} = 0.61 \rightarrow \mu = 0.68 > 0$$

$$L' \text{ inertie fissurée : } I_{fi} = \frac{1 \cdot I_0}{1 + \lambda_i \mu} = 0.0001357 \text{ m}^4$$

$$E_i = 11000 \sqrt[3]{f_{c28}} = 30822 \text{ MPa}$$

$$f_i = \frac{M_{ser} \cdot l^2}{10 E_i \times I_{fi}} = 0.41 \text{ cm}$$

$$f_{adm} = \frac{l}{1000} + 0.5 \text{ cm} = 1.103 \text{ cm} \Rightarrow f_i < f_{adm}.$$

