

I.1. Escaliers :

I.1.1. Définitions : Les escaliers servent à relier par des gradins (marches) successifs les divers niveaux d'une construction. La figure suivante définit les principaux éléments des escaliers.

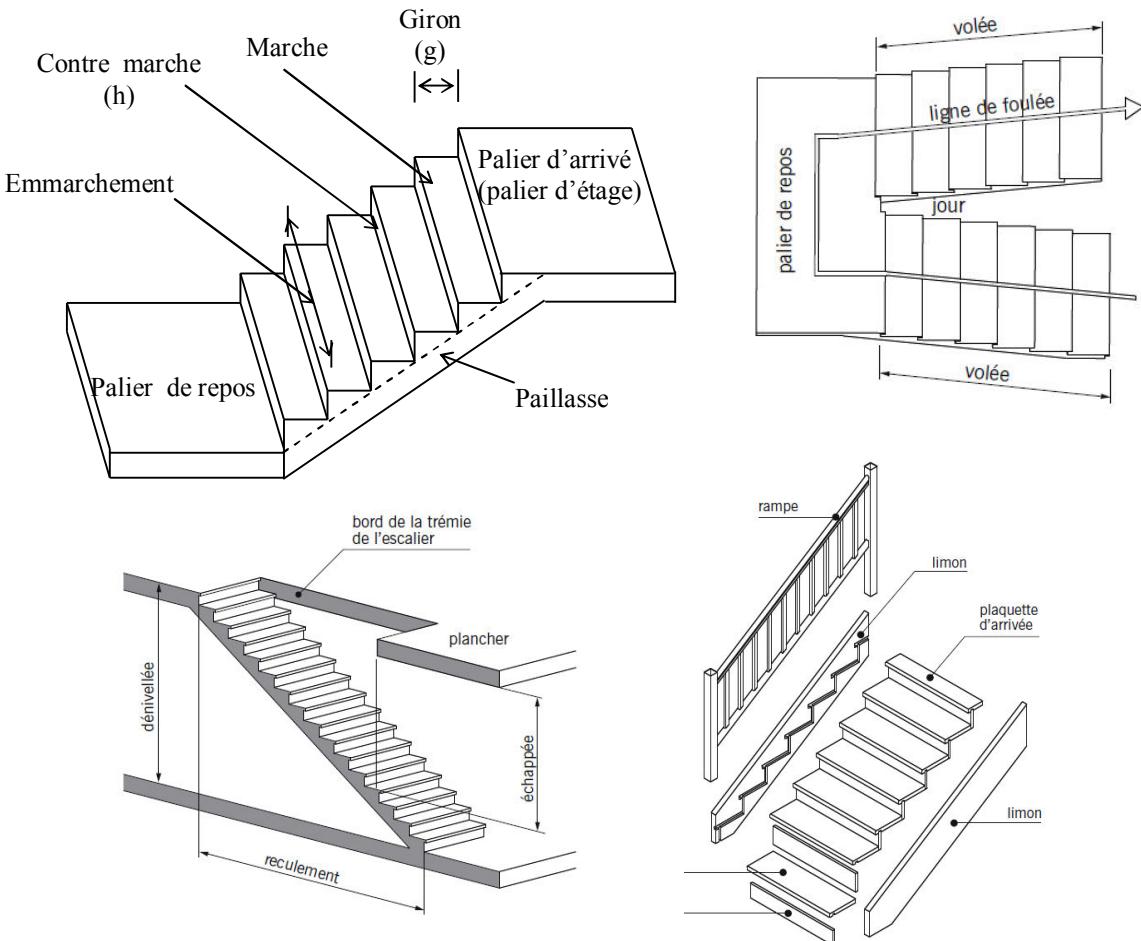


Fig. I.1. Principaux éléments des escaliers

- *Mur d'échiffre* : mur limitant l'escalier ;
- *Cage d'escalier* : volume circonscrit à l'escalier.
- *Jour* : espace libre figurant sur la vue en plan de deux paillasses successives.
- *Collet* : bord libre limitant l'escalier du côté du jour.
- *Ligne de foulée* : trajectoire décrite par une personne gravissant l'escalier. On la suppose à 0.5 m du collet.
- *Volée* : ensemble de la paillasse et des marches ininterrompues qu'elle supporte. Elle peut être droite ou courbe et comporte au maximum (18 à 20 marches).
- *Echappée* : hauteur verticale libre au dessus du nez d'une marche, sa valeur minimale est de 1.9 m, néanmoins la valeur de 2.10 m est recommandée selon la norme XP P 21-211, l'article 5.1.4.
- *Palier de repos* : partie horizontale entre deux volées.
- *Palier d'arrivée* : à chaque étage, on aboutit à un palier d'arrivée qui est en même temps un palier de départ pour l'étage suivant, la largeur d'un palier est de 3 marches au minimum.
- *Limon* : poutre droite ou courbe servant d'appui pour les marches.
- *Rampe* : c'est un garde corps réalisé du côté du vide pour protéger les usagers.

I.1.2. Différents types d'escaliers : On peut pratiquement, à condition que les dimensions le permettent, adopter un tracé d'escalier à n'importe quelle forme de cage. On distingue :

a/ Escaliers intérieurs des immeubles : Ces différents escaliers dépendent de l'espace occupé par la cage, de la forme en plan et en élévation (portée, hauteur) et du mode d'utilisation, la figure suivante présente quelques exemples :

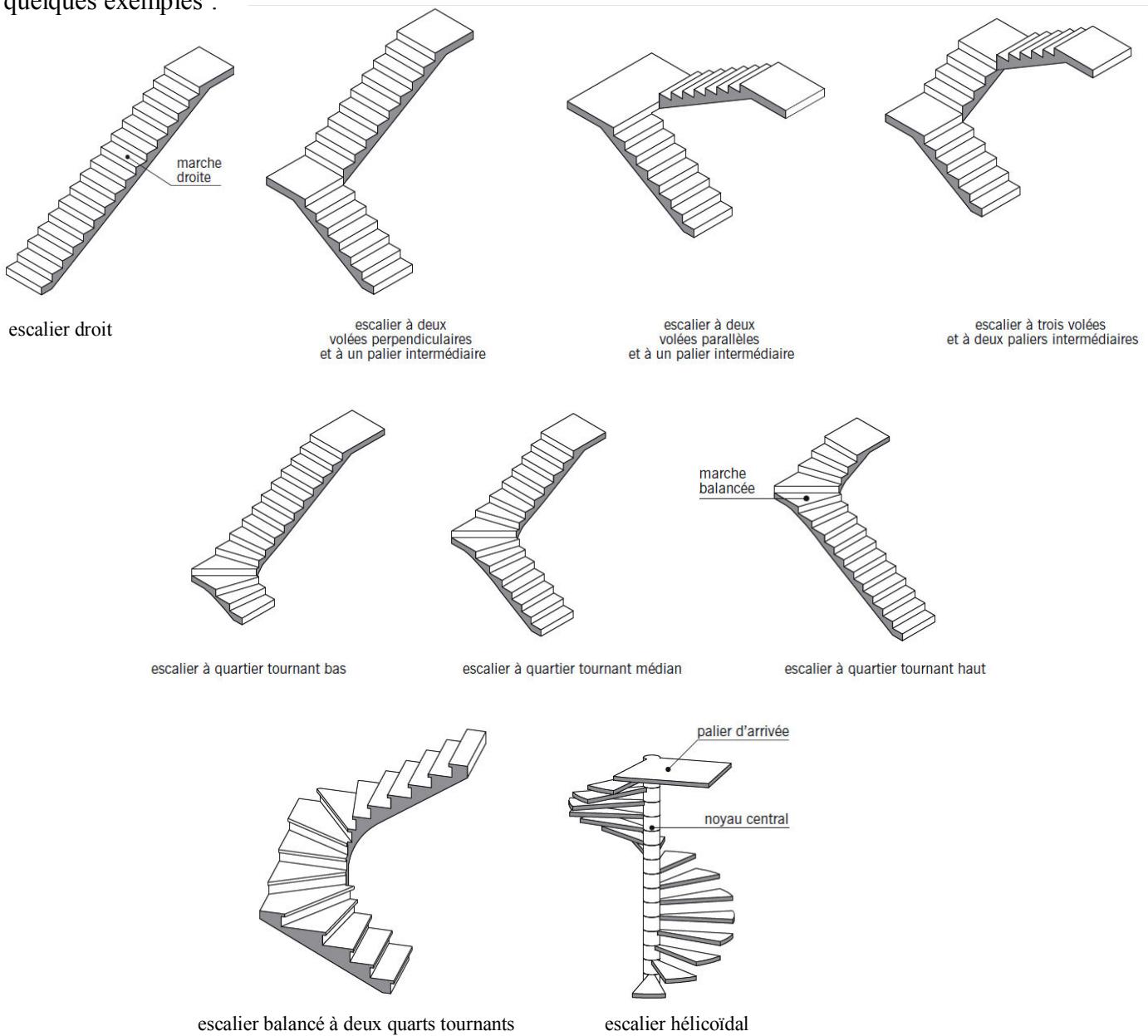


Fig. I.2. Différents types d'escaliers intérieurs

b/ Escaliers extérieurs : ils permettent l'accès aux immeubles, ils sont appelés perrons, on peut réaliser plusieurs formes :

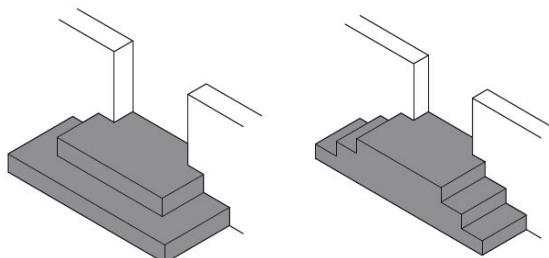


Fig. I.3. Escaliers extérieurs (perrons)

I.1.3. Dimensionnement des escaliers :

a. Paillasse droite :

Pour les dimensions des marches, on utilise la relation de BLONDEL :

$$59 \leq g + 2h \leq 66 \quad (g \text{ et } h \text{ en cm})$$

$h = 14 \div 20 \text{ cm}$ (17 cm en moyenne)

$g = 22 \div 33 \text{ cm}$ (26 cm en moyenne)

L'emmarchement est variable selon le caractère de l'escalier : $0.9 \div 2 \text{ m}$.

La détermination de (g) et (h) dépend de la hauteur (H) et de la projection en plan (L) de la paillasse. Si H et L sont connus, le nombre de marches et leurs dimensions sont obtenus par les relations suivantes :

$$g + 2h = m, \quad nh = H, \quad (n-1)g = L$$

n est la racine de l'équation : $mn^2 - n(m + 2H + L) + 2H = 0$

On fixera (m) entre 59 et 66 cm, et on prendra (n) le nombre entier le plus proche à la racine trouvée

$$\text{d'où : } h = \frac{H}{n} \quad \text{et} \quad g = \frac{L}{n-1}$$

Dans le cas le plus général, la méthode à suivre est :

On fixera h à l'avance, et on détermine le nombre de contre marche : $n = \frac{H}{h}$ (on prend l'entier le plus proche ; on calcule g et on vérifie la relation de Blondel, si cette relation n'est pas vérifiée, on corrige la valeur de (h) ou (g)).

L'épaisseur (e) de la paillasse varie en fonction de la portée et de l'importance des charges appliquées.

Elle est généralement $l/30 \leq e \leq l/20$ $l = \sqrt{H^2 + L^2}$

b. Escalier en console :

- g et h : doivent vérifier la relation de Blondel
- La porte à faux : $70 \text{ cm} \leq l \leq 120 \text{ cm}$
- L'épaisseur de la paillasse est faible : $6 \text{ cm} \leq e \leq 8 \text{ cm}$

L'épaisseur moyenne de la marche : pour le calcul on introduit une épaisseur moyenne de la marche telle que : $e_m = \frac{a_1 + a_2}{2}$, (a_1 et a_2 sont définis sur la figure 7).

$$\operatorname{tg}\alpha = \frac{h}{g} \quad \rightarrow \quad a_2 = \frac{e}{\cos\alpha} \quad ; \quad a_1 = h + a_2$$

I.1.4. Méthodes de calcul:

A/ Evaluation de charges:

1/ Charges permanents:

a/ Escalier à paillasse droite :

- **Palier** : même méthode comme les planchers.
- **Paillasse** :

- Revêtement : comme les planchers.
- Marches : $2200.h/2$ (non armées)
 $2500.h/2$ (armées)
- Dalle inclinée : $2500.e/\cos\alpha$
- Plâtre : $1000.e'/\cos\alpha$

b/ Escalier en console :

- **Palier** : même méthode comme les planchers (son épaisseur est largement supérieure à celle de la paillasse).

- **Marches et paillasse** (on introduit l'épaisseur e_m) :
 - Carrelage ($e=2$ cm) : $g*0.02*2000$ / marche
 - Mortier ($e=2$ cm) : $g*0.02*2000$ / marche
 - Sable ($e=3$ cm) : $g*0.03*1800$ / marche
 - Béton armé : $g*e_m*2500$

c/ Escalier à quartier tournant :

- **Palier** : généralement n'existe pas
- **Marches et paillasse** : sont en console sur un mur en maçonnerie ou en béton armé. Donc pour l'évaluation des charges, même chose que l'escalier console.

2/ Surcharges d'exploitation:

a/ Escalier à paillasse droite :

- **Palier et paillasse** : puisque elle est appliquée horizontalement, donc on prend directement la valeur donnée par les normes.

b/ Escalier console :

- **Palier** : prendre la valeur donnée par les normes.
- **Marche** : $Q*g$ / marche

c/ Escalier à quartier tournant :

- **Palier** : n'existe pas
- **Marches** : $Q*g$ / marche

B/ Schémas de calcul et ferraillage:

Les schémas de calcul (de chargement) seront étudiés séparément sous G et sous Q après on fait la combinaison.

1/ Escalier à paillasse droite :

Quelque soit le nombre d'appuis et la forme d'escalier, le ferraillage se fait à la flexion simple, les moments et les efforts tranchants sont calculés par la méthode forfaitaire ou Caquot (selon le cas). Les travées à prendre dans le calcul sont les projections sur l'horizontale, la liaison avec le mur d'échiffre est supposée inexistant.

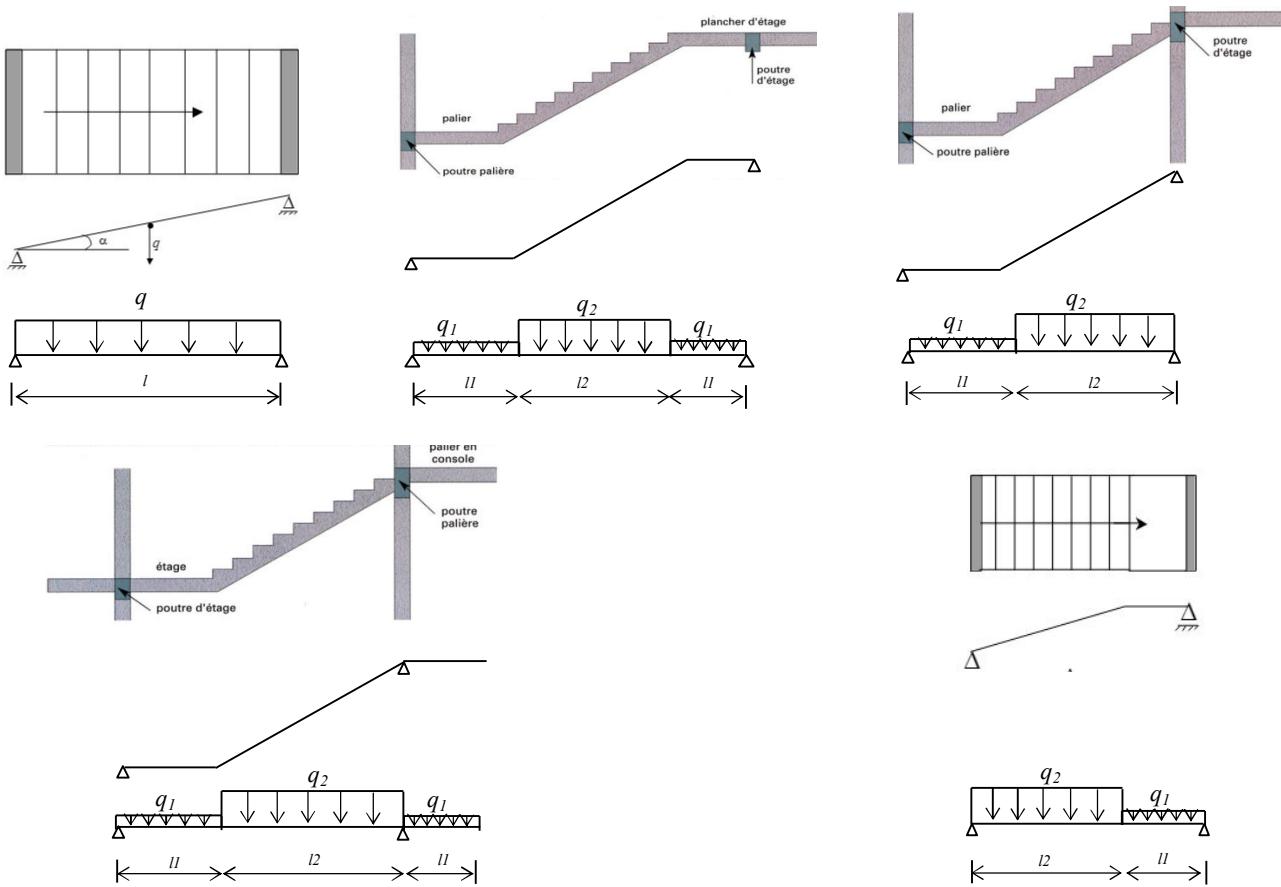


Fig. I.4. Schémas de calcul d'escaliers à paillasse droite

Remarque : pour simplifier les calculs :

- Si : q_1 et q_2 sont proches, on prend : $q = \max(q_1, q_2)$
- Si : q_1 et q_2 ne sont pas proches :
 - Soit calculer l'escalier tel qu'il est (RDM).
 - Soit prendre une charge équivalente : $q_e = \frac{\sum q_i l_i}{\sum l_i}$

$$M_o = q \cdot l^2 / 8 ; \quad M_t = 0.8 M_o ; \quad M_a = 0.4 M_o ; \quad T = q \cdot l / 2$$

2/ Escalier à paillasses parallèles :

Le schéma de calcul dépend des conditions d'appuis des paillasses et du palier (poutres palières, voiles, mur en maçonnerie, poutre brisée latérale) :

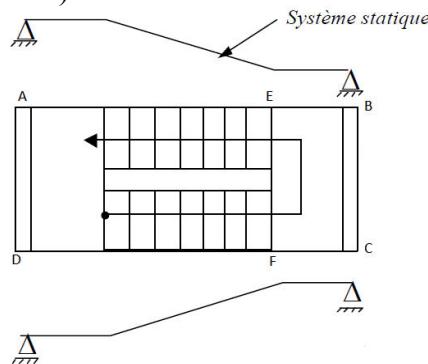


Fig. I.5. Schémas de calcul d'escaliers à paillasses parallèles

a/ Pas de liaison avec les murs (AB) et (CD) :

La méthode de calcul est semblable à celle de la paillasse droite.

b/ Si le contour (ABCD) a une liaison avec la paillasse et les paliers (encastrement partiel sur un voile ou une poutre brisée) : on considère :

- Chaque paillasse comme une dalle s'appuyant sur trois côtés (AB et les deux lignes médianes des deux paliers).
- Chaque palier étant lui-même une dalle sur trois côtés (EB, BC, CF) supportant son poids, les surcharges d'exploitation et les efforts tranchants transmis par les deux paillasses.

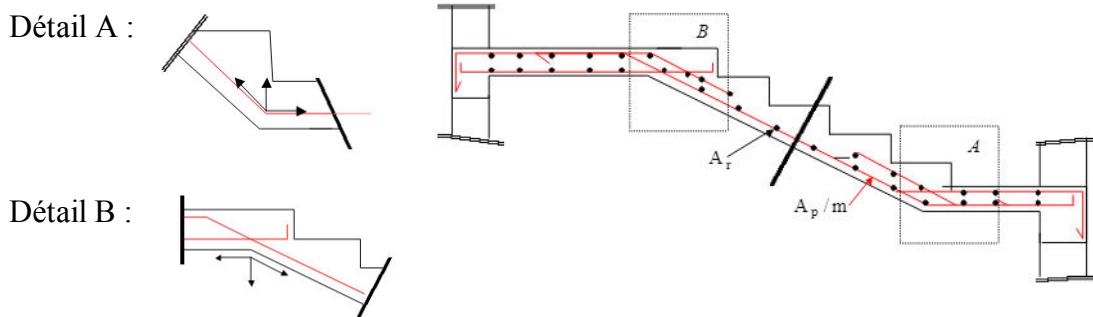


Fig. I.6. Ferraillage d'un escalier à paillasse à doubles paliers

3/ Escaliers en console :

Le calcul est valable aussi pour les escaliers à quartier tournant (car les marches sont en console).

- Les moments et les efforts tranchants sont ceux d'une console (pour palier et marche).
- On fait les calculs séparément (sous G) et (sous Q) puis on fait les combinaisons.
- Le ferraillage se fait à la flexion simple.

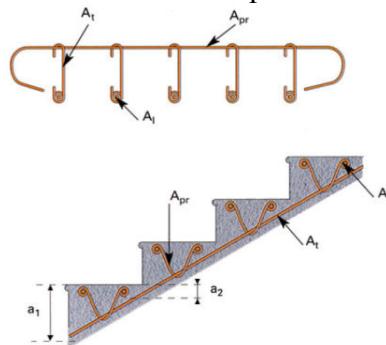


Fig. I.7. Ferraillage d'un escalier en console

4/ Escaliers à deux limons : les marches de travées égales à l'emmarchement se calculent comme des poutres semi-encastrees sur le mur d'échiffre et sur le limon, la paillasse mince ($4 \div 5$ cm) d'épaisseur est armée forfaitairement d'un léger treillis soudé ou quadrillage. Chaque marche supporte son poids et les surcharges qui reviennent à elle seule. Le ferraillage se fait à la flexion simple (largeur g et hauteur e_m). L'effort tranchant est toujours faible donc les armatures transversales sont inutiles.

Le limon est considéré comme semi encastré aux deux extrémités et il reçoit la réaction des marches, cette charge se décompose en une charge verticale à l'effet de flexion sur le limon ($Mt=q_1 \cdot L_1^2 / 10$) et une charge horizontale provoque un effort de compression sur la partie inférieure du limon et un effort de traction sur la partie supérieure, ces efforts sont égaux : $(q \cdot L_1 \sin \alpha) / 2 = qH/2$

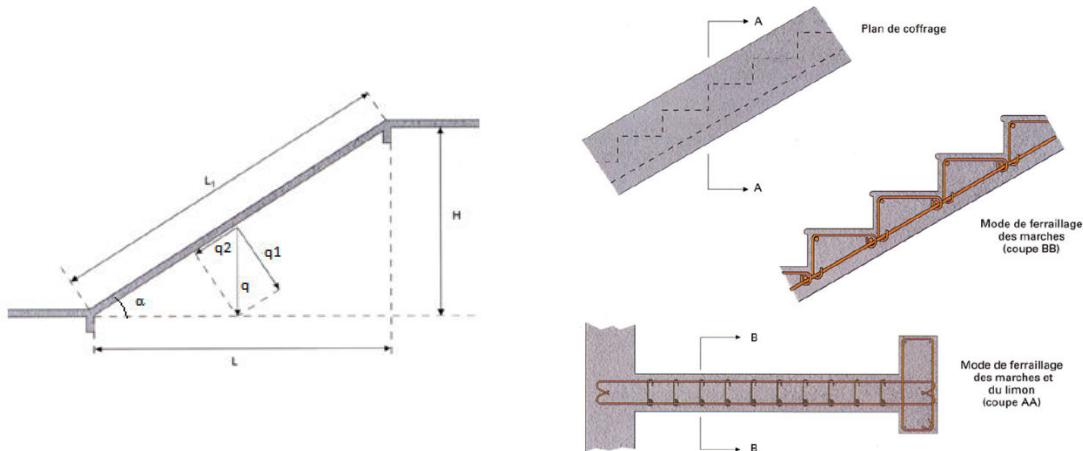


Fig. I.8. Escalier à deux limons

I.2. Acrotères :

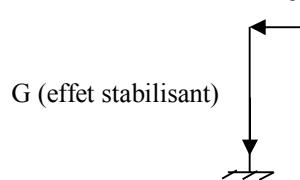
C'est un élément qui contourne le sommet du bâtiment, conçu pour la protection contre les infiltrations des eaux pluviales (larmier), protège l'étanchéité et il sert comme un garde corps.

L'acrotère est considéré comme une console placée verticalement et encastrée à la base. Il est soumis à son poids propre et à une force horizontale d'un effet de renversement appelée la main courante prise égale à 1 kN/m^2 . Il se calcule donc à la flexion composée avec un effort de compression, en considérant une tranche de 1 m, sous les valeurs des sollicitations suivantes :

$$M_u = 1.5 M_Q$$

$$N_u = N_G$$

$$Q = 1 \text{ kN/m}^2 \text{ (effet renversant)}$$



Vérification sismique (selon RPA99 Art.6.2.3.):

$$F_p = 4 \cdot A \cdot C_p \cdot W_p$$

A : coefficient d'accélération de zone.

C_p : facteur de force horizontale.

W_p : poids de l'acrotère.

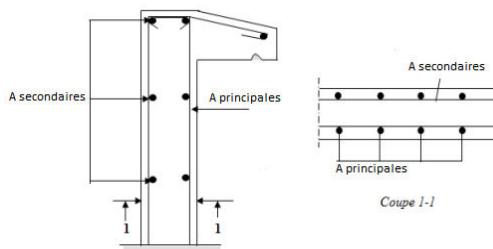


Fig. I.9. Schéma de ferraillage acrotère

Références bibliographiques

Gérard Calvat, « 191 La maison de A à Z - Le vocabulaire de la construction », Editeur : Alternatives, pp.191, Date parution : 05/2003 (4ème édition).

Pierre Charon, « Calcul des ouvrages en béton armé suivant les règles B.A.E.L. 83, théorie et applications », Eyrolles, Paris, 1986.

Guide pratique, « Les escaliers- Conception, Dimensionnement, exécution : escalier en bois, métal, verre, maçonnerie, pierre naturelle... », CSTB décembre 2008.

Document technique réglementaire D.T.R. –B.C. 2. 48, Règles parasismiques algériennes RPA 99 / version 2003, Web : www.cgs-dz.org.