

Chapitre VIII :

Les Escaliers.

1. Généralités :

Dans une construction, la circulation entre les étages se fait par l'intermédiaire soit des escaliers soit des ascenseurs.

La cage d'escaliers qui est le volume imparté à l'escalier comporte plusieurs éléments dont les charges et surcharges seront transmises successivement aux poutres puis aux poteaux ou voiles.

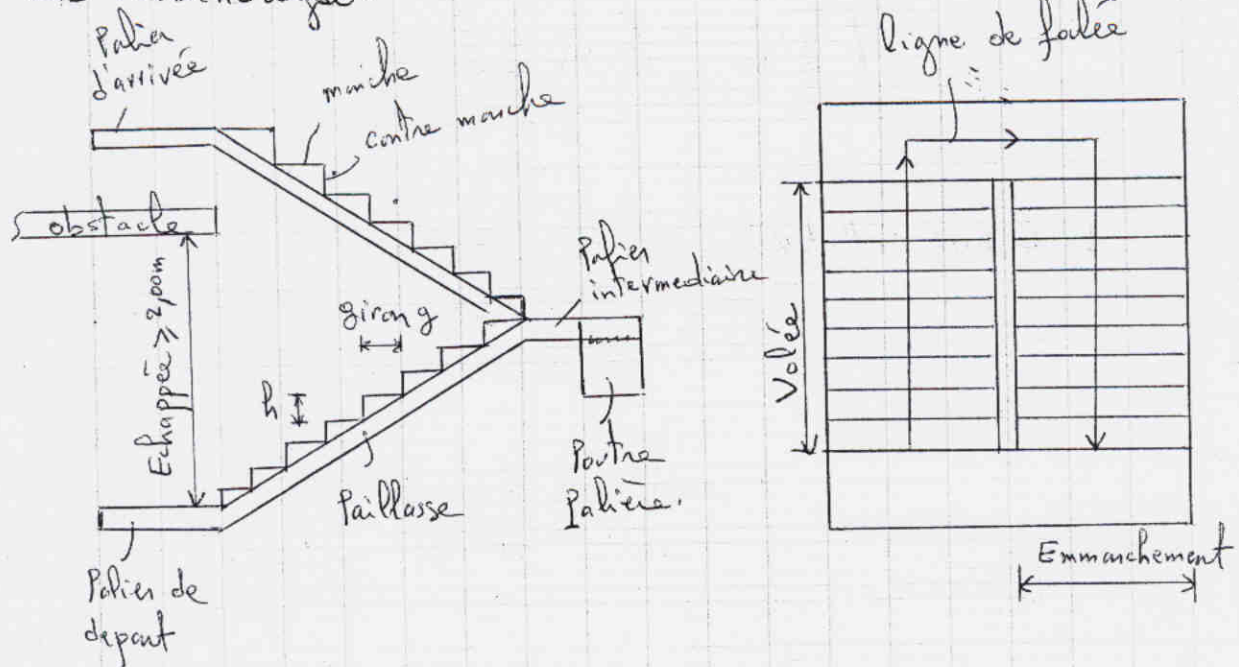
Le choix des dimensions résulte des conditions d'utilisation et de la destination de l'ouvrage (habitation, salles de classes, salle de spectacles, etc.).

Parmi les autres conditions entrant dans le choix des dimensions, on retrouve :

- Condition d'accès facile d'un étage à un autre.
- Condition de dégagement rapide des escaliers.
- Condition de sécurité.
- Condition d'éclairage.

2 Terminologie et dimensions.

2.1 Terminologie.

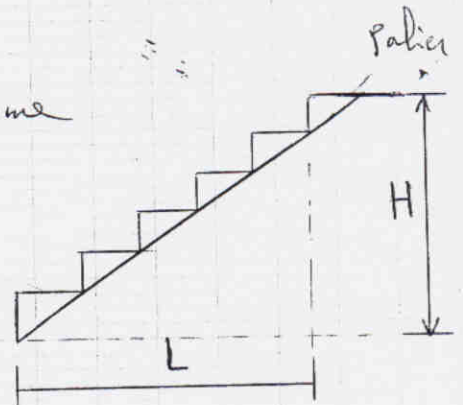


- Marche = partie horizontale « là où l'on marche ».
- Contremarche = partie verticale de hauteur h .
- Emmarchement = longueur utile de chaque marche.
- Ligne de foulée = axe de l'embranchement.
- Giron = largeur g de la marche.
- Palier = partie horizontale de la dalle en Béton Armé.
- Paillassé = partie inclinée de la dalle (qui supporte les marches et contremarches).
- Volée = Ensemble des marches de palier à palier.
- Echappée = Hauteur de passage sous un obstacle
2,00 m au minimum.
- Poutre palière = poutre qui sert d'appui pour l'escalier au niveau du palier intermédiaire.

2.2 Dimensions :

a) Marches et contremarches (g et h)

La dernière marche n'est pas comptée comme marche parce qu'elle fait partie du palier.
pour cela si on compte un nombre n de contremarches, on aura $(n-1)$ de marches.



Si on connaît H et L les distances horizontales et verticales totales pour la construction des escaliers on pourra déterminer le nombre de ~~marches~~ et les dimensions g et h des marches et contremarches, et ceci en respectant la formule de BLONDEL :

$$59 \leq g + 2h \leq 66$$

Avec aussi : $H = n \cdot h$ et $L = (n-1) \cdot g$.

Exemple :

$$2h + g = 64 \Rightarrow 2 \frac{H}{n} + \frac{L}{n-1} = 64$$

$$\Rightarrow 2 \cdot H(n-1) + L \cdot n = 64(n)(n-1)$$

$$\Rightarrow 64 \cdot n^2 - n(64 + 2H + L) + 2 \cdot H = 0$$

Formule générale pour $2h + g = X$ avec $59 \leq X \leq 66$

$$\Rightarrow \boxed{X \cdot n^2 - (X + 2H + L) \cdot n + 2 \cdot H = 0}$$

On prendra pour n le nombre entier le plus voisin de la racine trouvée et on pose $h = \frac{H}{n}$ et $g = \frac{L}{n-1}$

Dans le cas des bâtiments

en moyenne

$$h \approx 16 \text{ à } 18 \text{ cm}$$

$$g \approx 22 \text{ à } 33 \text{ cm.}$$

b) Paillasse et paliers: (Dalle en B.A)

L'épaisseur e du palier et de la paillasse sera en fonction du type d'escaliers et surtout en fonction des positions des appuis (poutres ou voiles)

La dalle en BA constituée de la paillasse et de paliers travaille en flexion simple et peut être assimilée à une poutre continue d'une ~~travée~~ ou de plusieurs travées à un mètre de largeur ($b=1m$).

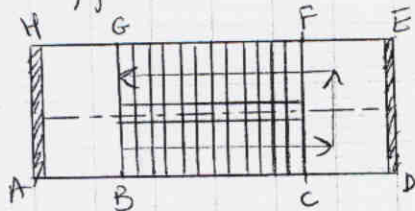
On peut utiliser les inégalités de non vérification des flèches (le cas des dalles) pour le prédimensionnement et donc la détermination de l'épaisseur e de la paillasse.

3 Types d'escaliers.

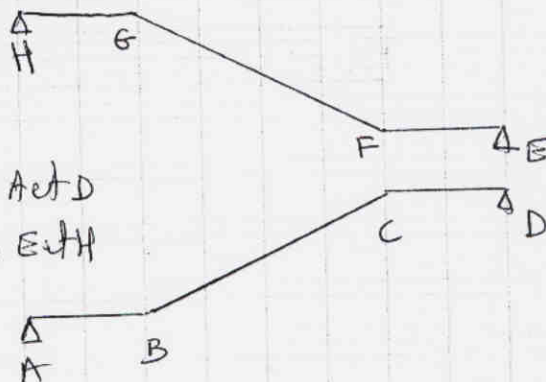
Les escaliers peuvent prendre une infinité de forme selon l'espace disponible dans la construction à la cage d'escaliers. En fonction de la forme sera déterminés le nombre des paliers et paillasses; plusieurs types peuvent se présenter.

Types courants:

Type 1:



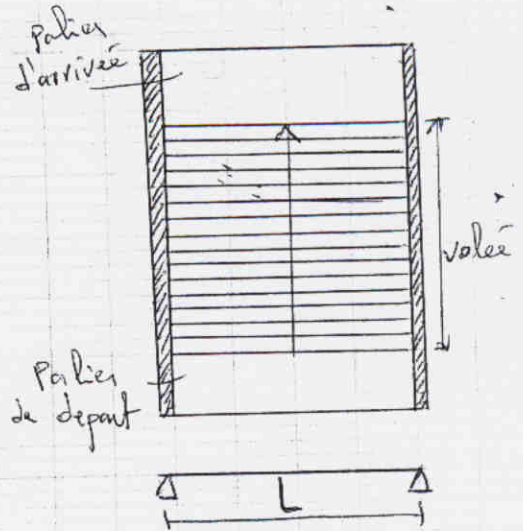
Ici les éléments (poutres) AH et ED servent de appuis pour les escaliers.



Poutre AB (1 travée) sur 2 appuis A et B
 Poutre EH (1 travée) sur 2 appuis E et H
 chaque poutre travaille indépendamment de l'autre.

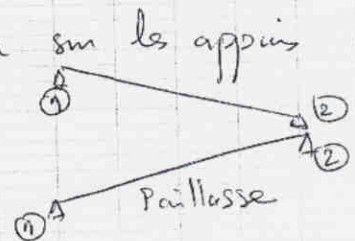
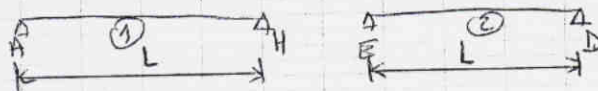
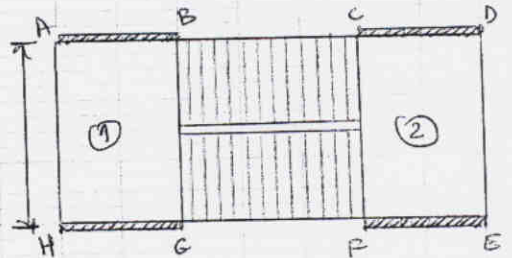
Type 2:

Ici les escaliers sont appuyés transversalement, le sens transversal est le sens porteur.



Type 3:

Les appuis : AB, CD, EF et GH
 Les paillasses seraient considérées comme poutres secondaires et vont reposer sur les poutres principales que seraient les paliers ① et ②
 de leur part, les ① et ② vont s'appuyer sur les appuis AB, HG et CD, EF respectivement.

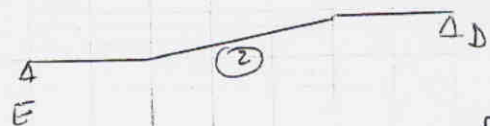
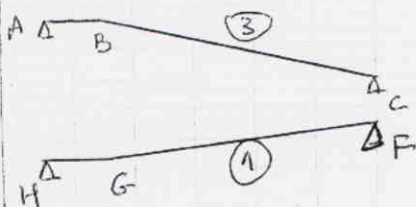
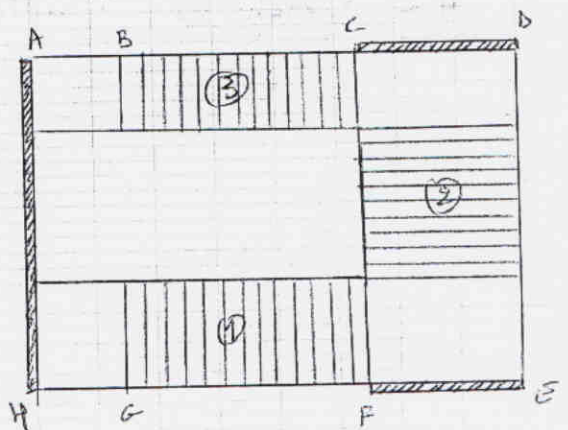


Type 4:

Escalier à 3 volées

Appuis AH, CD et EF

- Les paillasses ① et ③ s'appuient sur AH et ②
- La paillasse ② s'appuie sur CD et EF



4 Charges et combinaisons :

Les escaliers sont des constructions qui sont soumis à leurs poids propres, les poids permanents des éléments qu'ils supportent et aussi aux surcharges d'exploitation.

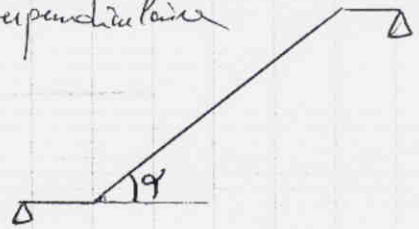
Il s'agit essentiellement de l'évaluation de G et Q de la dalle en BA afin de pouvoir la ferriller.

4.1 Charges permanentes,

- Au niveau des paliers : la charge est perpendiculaire à la dalle, si e = épaisseur de la dalle g sera la somme de :

poids propre du palier : $25 \times e$ (kN/m²)

+ poids des revêtements



- Au niveau de la paillassse : la charge est verticale mais la dalle est inclinée d'un angle α

poids propre de la paillassse : $25 \times e / \cos \alpha$ (kN/m²)

+ poids propre de la marche : $+ 25 \times h/2$ (kN/m²)

+ poids du revêtement (carrelage + mortier de pose) (kN/m²).

4.2 Surcharges d'exploitation

La surcharge d'exploitation de l'escalier est donnée par le règlement "charges permanentes et charges d'exploitation", cette surcharge varie suivant le fonctionnement de la construction.

4.3. Combinaisons :

Les calculs des escaliers consistent essentiellement à la détermination des moments en fonction des dimensions, des conditions d'appuis et surtout du type d'escaliers.

Une fois les ~~conditions~~ conditions sont bien fixées, il reste à déterminer les moments à l'Etat Limite Ultime et de service. Le calcul de la dalle se fait à l'ELU puis les vérifications à l'ELS, dans chaque Etat, on doit utiliser la combinaison correspondante.

$$\text{ELU} : 1,35 G + 1,5 Q$$

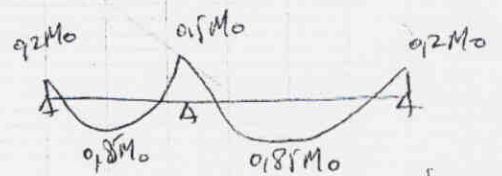
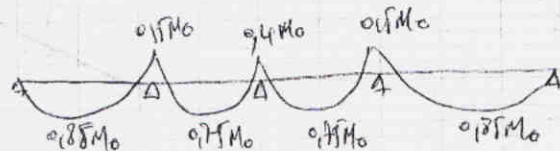
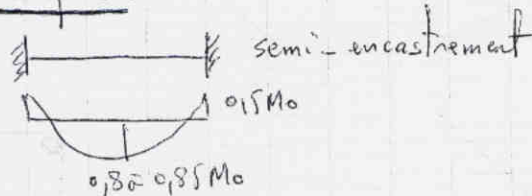
$$\text{ELS} : G + Q$$

5 Ferrailage.

Avant de commencer les calculs de ferrailage, il faut déterminer les moments de flexion en fonction du type d'escalier et des conditions d'appuis.

La dalle (paillasson + paliers) peut être considérée comme une poutre continue avec les différentes conditions d'appuis, les méthodes de calcul et de détermination des moments dans les poutres continues ou simples peuvent être appliquées dans le cas des escaliers.

Exemple :



appui de rive : semi-encastrement
 $0,2 Mo$.

5.1 Détermination des armatures.

Généralement les conditions d'appuis donnent une dalle qui travaille dans un seul sens, nous aurons donc à calculer la section d'armatures principales puis la section d'armatures de répartition.

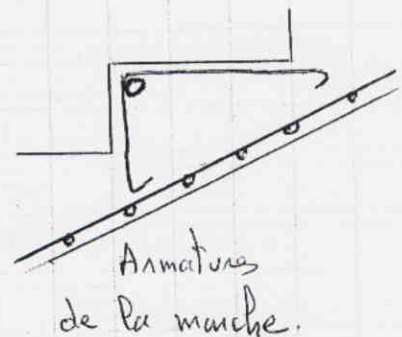
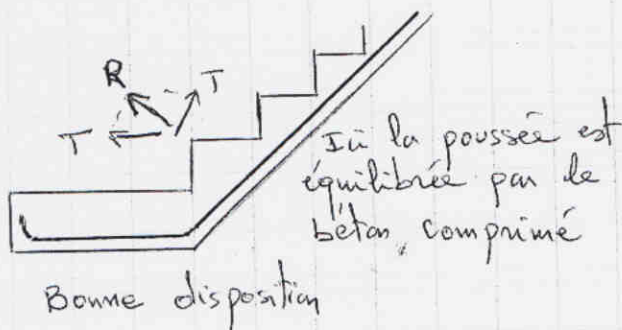
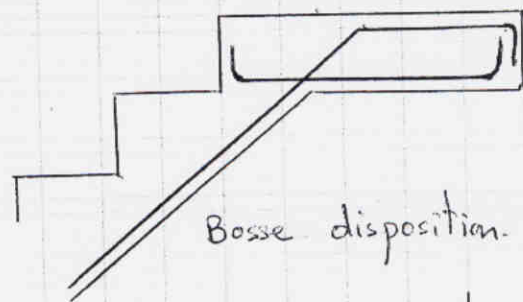
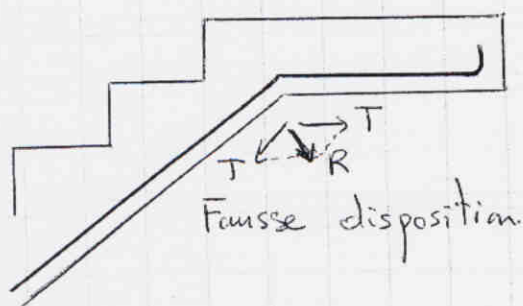
Pour l'armature principale, la dalle est soumise à la flexion simple, l'armature est déterminée en fonction du moment de flexion.

Pour l'armature de répartition, la section est évaluée à environ le un quart ($1/4$) de la section d'armatures principales

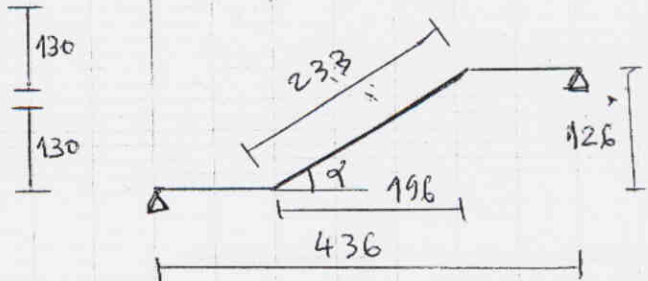
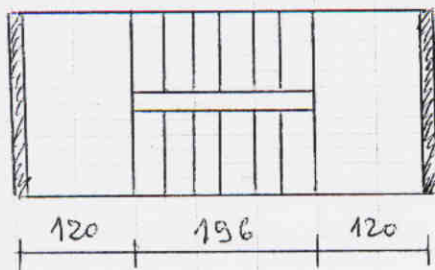
$$A_{\text{répartition}} \approx \frac{A_{\text{principale}}}{4}$$

5.2 Dispositions.

Les aciers inclinés (de la poutrelle) et horizontaux (du palier) doivent être distincts, car dans le cas contraire, ils introduisent une poussée au vide dû à leur traction.



Exercice :



$$n=7 \rightarrow h = \frac{196}{7} = 28 \text{ cm}$$

$$(n-1)g = L \Rightarrow g = \frac{L}{n-1} = \frac{196}{6} = 32,6 \text{ cm}$$

Epaisseur de la dalle $e = 15 \text{ cm}$; $\cos \alpha = \frac{196}{233} = 0,841 \rightarrow \alpha = 32,6^\circ$

Charges :

- pailleuse = $25 \times \frac{0,15}{\cos \alpha} = 4,46 \text{ kN/m}^2$

- manche : $\frac{25 \times 0,18}{2} = 2,25 \text{ kN/m}^2$

- revêtement = $0,84 \text{ kN/m}^2$

$$g = 7,55 \text{ kN/m}^2$$

Surcharge : $q = 4,00 \text{ kN/m}^2$

A D'ELU : $p = 1,35g + 1,5q = 1,35 \cdot 7,55 + 1,5 \cdot 4 = 16,20 \text{ kN/m}^2$

L'étude se fera pour une largeur $b = 1 \text{ m}$

$\Rightarrow p = 16,20 \text{ kN/ml}$ pour la pailleuse

Pour le palier : Dalle = $25 \times 0,15 = 3,75 \text{ kN/m}$

revêtement = $0,84 \text{ kN/m}$

$$g = 4,59 \text{ kN/ml}$$

$$p = 1,35 \cdot 4,59 + 1,5 \cdot 4 = 12,2 \text{ kN/ml}$$

$p = 12,20 \text{ kN/ml}$ pour le palier.

$$R_A = R_B = 30,51 \text{ kN}$$

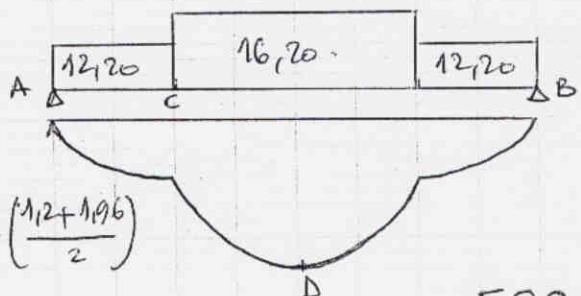
$$M_C = 1,2 R_A - 12,2 \cdot \frac{1,2^2}{2}$$

$$M_C = 27,83 \text{ kNm}$$

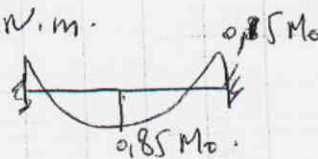
$$M_D = 30,51 \times 2,18 - 12,2 \times 1,2 \left(\frac{1,2 + 1,96}{2} \right)$$

$$- 16,2 \cdot \left(\frac{1,96}{2} \right) \times \left(\frac{1,96}{4} \right)$$

$$M_D = 35,6 \text{ kNm}$$



ES9

$M_{0\max} = M_D = 35,6 \text{ kN}\cdot\text{m}$
 Si on prend le cas 

$$\Rightarrow M_f = 0,85 M_0 = 0,85 \cdot 35,6 = 30,26 \text{ kNm}$$

$$M_{app} = 0,15 M_0 = 0,15 \cdot 35,6 = 17,8 \text{ kNm}$$

Ferraillage : $f_{us} = 25 \text{ MPa}$; $FeE400$.

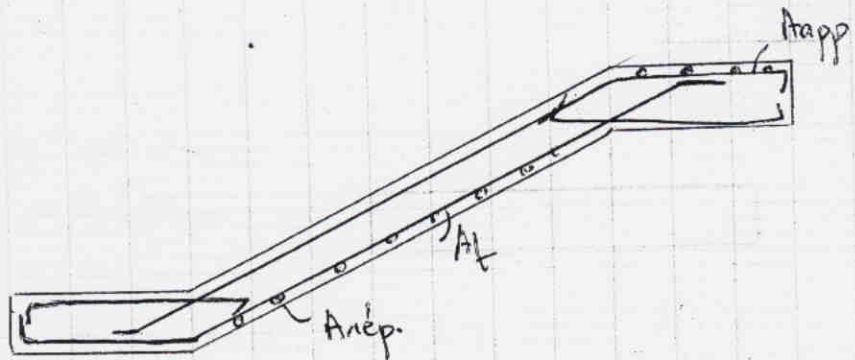
$h = 15 \text{ cm} \rightarrow d = 13 \text{ cm}$ avec $M_f = 30,26 \text{ kNm}$.

$$\mu = \frac{30,26 \cdot 10^3}{14,2 \cdot 100 \cdot 13^2} = 0,126 < \mu_f \Rightarrow A_1 = 0 \rightarrow \beta = 0,932$$

$$\Rightarrow A_L = \frac{30,26 \cdot 10^3}{348 \cdot 13 \cdot 0,932} = \boxed{7,17 \text{ cm}^2}$$

Armatures de repartition $A_{rep} \approx \frac{A_L}{4} = \frac{7,17}{4} = \boxed{1,8 \text{ cm}^2}$

On procedera de la même façon à l'appui.



12.6 Principales formes d'escaliers

12.61 Escaliers droits

C'est le type d'escalier le plus répandu et qui offre le plus grand confort d'utilisation car il permet l'implantation de paliers intermédiaires (fig. 1 et 2).

12.62 Escaliers balancés

Voir paragraphe 12.5.

12.63 Escaliers rayonnants

Ils sont utilisés dans le cas où l'on manque de place. L'incision des marches dans la partie tournante se fait à partir d'un seul point (fig. 3) et toutes les marches ont même giron sur la ligne de foulée. On leur préfère en général les escaliers balancés.

12.64 Escaliers hélicoïdaux

C'est l'escalier qui présente l'encombrement le plus réduit mais son utilisation est peu confortable (fig. 4).

12.7 Représentation sur les dessins

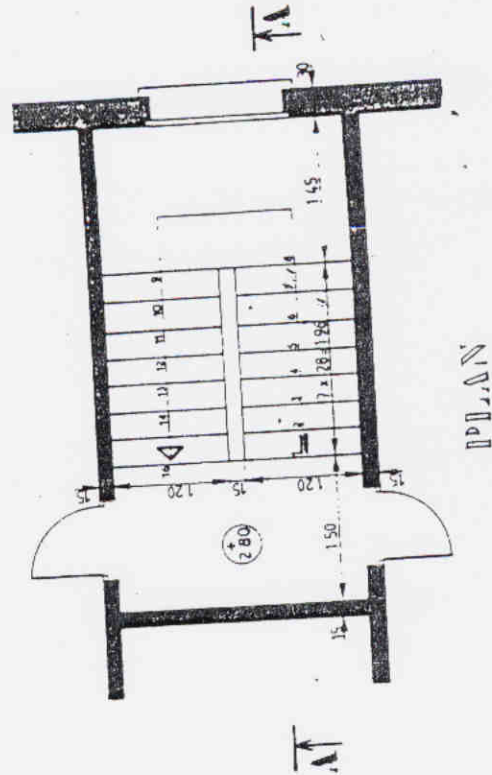
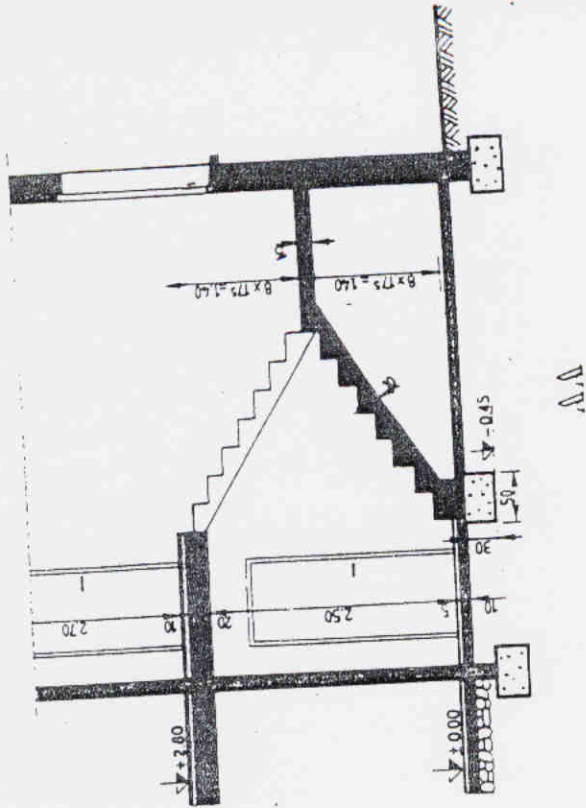
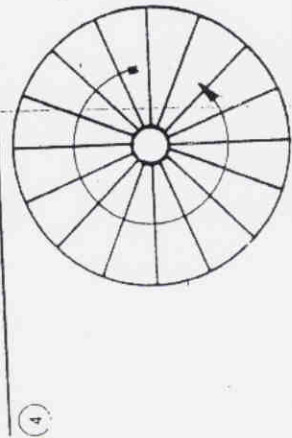
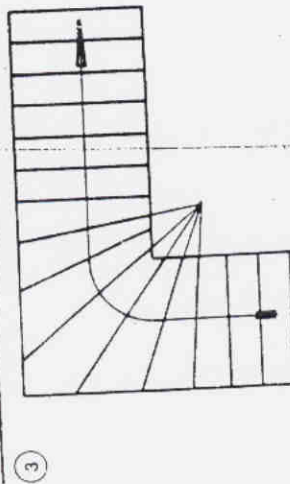
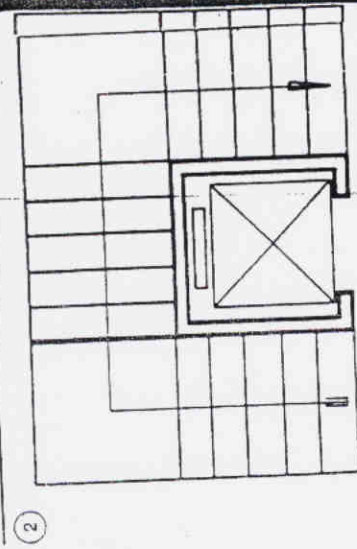
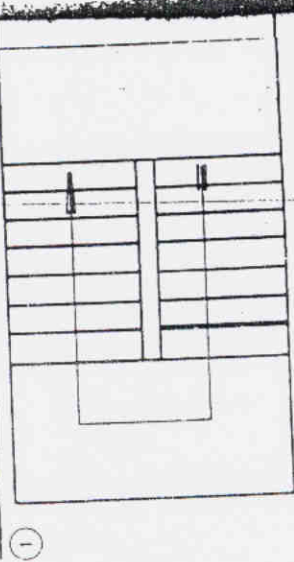
- Indiquer le sens de montée par une ligne fléchée placée sur la ligne de foulée et numéroter les marches de palier d'étage à palier d'étage.
- Sur les plans, on sectionne l'escalier à la hauteur de la septième contremarche (fig. 1 et 2).
- La représentation des garde-corps est facultative.
- Les marches ne sont pas numérotées sur les coupes verticales.

REMARQUE :

Les numéros des marches s'inscrivent toujours verticalement quelle que soit l'incision de la ligne de foulée.

12.8 Cotation de l'escalier

Le dessin, page suivante, donne un exemple de cotation d'escalier en béton armé. On remarquera que les longueurs et hauteurs de volées sont cotées avec le principe de cotation des éléments identiques (voir chapitre 8). On peut éventuellement indiquer le niveau des paliers intermédiaires ; mais, dans tous les cas, ces cotes seront celles des sols finis.



12 Escaliers

12.1 Définition

C'est une suite régulière de plans horizontaux permettant de passer d'un niveau à un autre d'une construction

12.2 Terminologie

Marche

C'est la partie horizontale qui reçoit le pied, elle doit donc avoir une largeur de 30 cm correspondant à un pied normal

Contremarche

C'est la partie verticale qui limite la marche

Nez de marche

En saillie sur la contremarche, il prolonge la marche pour permettre un meilleur appui du pied, toutefois il peut être réduit à l'arrêt d'intersection de la marche et de la contremarche

Giron

C'est la distance horizontale qui sépare deux nez de marche consécutifs ou deux contremarches

Hauteur de marche

C'est la différence de hauteur entre deux marches successives

Paillassse

C'est la dalle oblique en béton qui porte l'escalier

Emmarchement

C'est la largeur de l'escalier

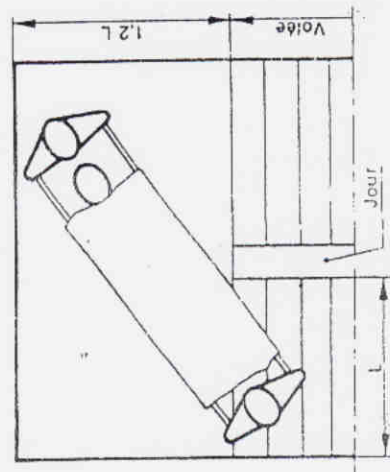
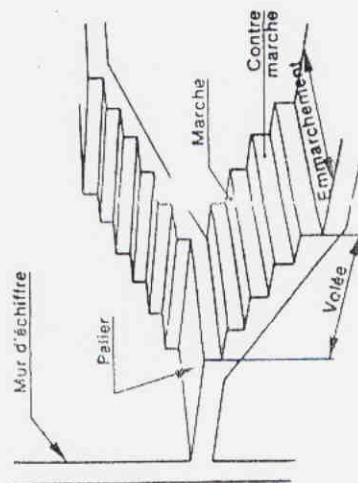
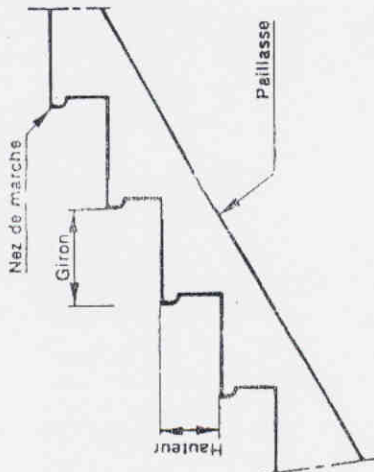
Il est recommandé pour :

- les maisons individuelles $\geq 0,80$ m,
- les immeubles collectifs $\geq 1,20$ m,
- les bâtiments publics $\geq 1,20$ m

Paliers

Ce sont des aires planes qui assurent un repos pendant la montée.

Ils doivent permettre le passage des objets volumineux tels qu'un brancard. Si l'on appelle L l'embranchement, le palier devra avoir une largeur $\geq 1,2$ l



Volée

C'est le nombre de marches comprises entre deux paliers consécutifs, il ne doit pas excéder vingt-cinq

Jour

C'est l'espace vide entre deux volées

Ligne de jour

C'est le développement du périmètre du jour

Échappée

C'est la hauteur libre au-dessus du nez des marches

Mur d'échiffre

C'est le mur limitant la cage

Ligne de foulée

Elle représente le parcours d'une personne qui descend en se tenant à la rampe du côté du jour, elle est placée conventionnellement :
 au milieu de l'embranchement si celui-ci mesure moins de 1,00 m,
 à 0,50 m de la rampe si l'embranchement mesure plus de 1,00 m.

Toutes les marches ont un même giron sur la ligne de foulée.

Dimensions des marches

On doit vérifier dans tous calculs d'escaliers que les dimensions des marches satisfassent la relation de Blondel :

$$2 H + G = 60 \text{ à } 64 \text{ cm.}$$

Dimensions moyennes des marches :

Types d'escaliers	Hauteurs	Girons
Escalier peron	15,5 à 17	30 à 32
Escalier d'étage	16,5 à 17,5	27 à 30
Escalier de cave	17,5 à 18,5	25 à 28

REMARQUE :

Ces dimensions sont indicatives, elles peuvent être rectifiées en fonction d'utilisations particulières telles que les foyers pour personnes âgées ou les écoles maternelles

