2 EXIGENCES ESSENTIELLES

2.1 RÉSISTANCE MÉCANIQUE ET STABILITÉ

2.1.1 ENONCÉ DU PROBLÈME

Comme nous l'avons souligné en introduction, la résistance mécanique et la stabilité sont des exigences essentielles auxquelles doivent satisfaire les escaliers d'un bâtiment, selon les dispositions de la directive européenne "Produits de construction" et ses commentaires.

Il convient de distinguer :
- la stabilité de l'ensemble et la résistance mécanique de chacun des éléments constitutifs de l'escalier
- la résistance des éléments de l'escalier aux chocs d'objets durs et d'objets mous
- la résistance aux rayures et à l'usure des surfaces de circulation en bois
- les aspects de durabilité qui concernent la résistance mécanique et la stabilité.

2.1.2 PRESCRIPTIONS

2.1.2.1 STABILITÉ DE L'ENSEMBLE ET RÉSISTANCE MÉCANIQUE

La structure portante doit avoir une stabilité et une résistance mécanique lui permettant de résister, sans effets dommageables, aux actions qu'elle peut subir durant sa construction et son utilisation, que ce soit directement ou indirectement (par exemple, par l'intermédiaire des garde-corps). On se référera à cet effet aux prescriptions applicables aux constructions portantes et aux garde-corps, énoncées dans la Note d'information technique n° 196 relative aux balcons [7].

Dans un escalier, la structure portante est constituée par les limons et les paliers : ceux-ci transmettent le poids propre de l'escalier et les charges d'exploitation, exercées sur les marches et les garde-corps, aux appuis de départ et d'arrivée de l'escalier ainsi qu'aux ancrages muraux.

En ce qui concerne la structure portante, on tient compte de la pente de l'escalier : plus celle-ci est raide, plus la composante perpendiculaire aux limons augmente et plus la composante parallèle aux limons diminue (figure 17).

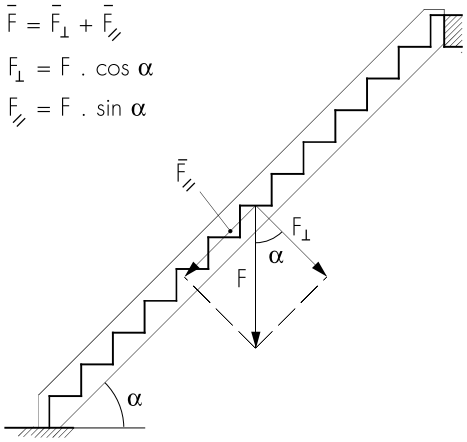


Fig. 17 *Composantes de la charge en fonction de la pente de l'escalier α.*

Les appuis et les ancrages des limons doivent reporter correctement les efforts de réaction sur les planchers des étages et sur les murs.

Pour la structure portante de l'escalier, il y a lieu de tenir compte des sollicitations suivantes :

- actions permanentes dues au poids propre (voir la norme NBN B 03-102 [17])
- charges d'exploitation (norme NBN B 03-103) [18], à savoir :
  - charges uniformément réparties, selon la destination de l'ouvrage :
    - escalier à usage privé : 3000 N/m^2
    - escalier accessible au public : 4000 N/m^2
    - escalier de tribune : 5000 N/m^2
  - charge concentrée : 2000 N au minimum (ou davantage pour les locaux de la classe V) appliqués sur une surface de 0,05 x 0,05 m, indépendamment de la charge uniformément répartie.

Surface de circulation

L'épaisseur des marches et des limons ainsi que leur assemblage avec les murs, les planchers, les paliers, garde-corps, poteaux, ... assurent la stabilité de l'escalier en fonction des charges d'exploitation prévisibles.

Le tableau 1 indique les valeurs recommandées pour l'épaisseur des marches.

Tableau 1 *Epaisseurs recommandées des marches appuyées sur deux limons.*

LONGUEUR DE LA MARCHE (m)	EPAISSEUR DE LA MARCHE (mm)
jusqu'à 0,8	35
jusqu'à 1,0	40
jusqu'à 1,2	45

Garde-corps

Le garde-corps doit résister aux sollicitations définies par les STS 54 (§ 12) [37]; le lecteur se référera à ce sujet à la NIT 196 déjà citée (§ 2.1.2.1 B) [7].

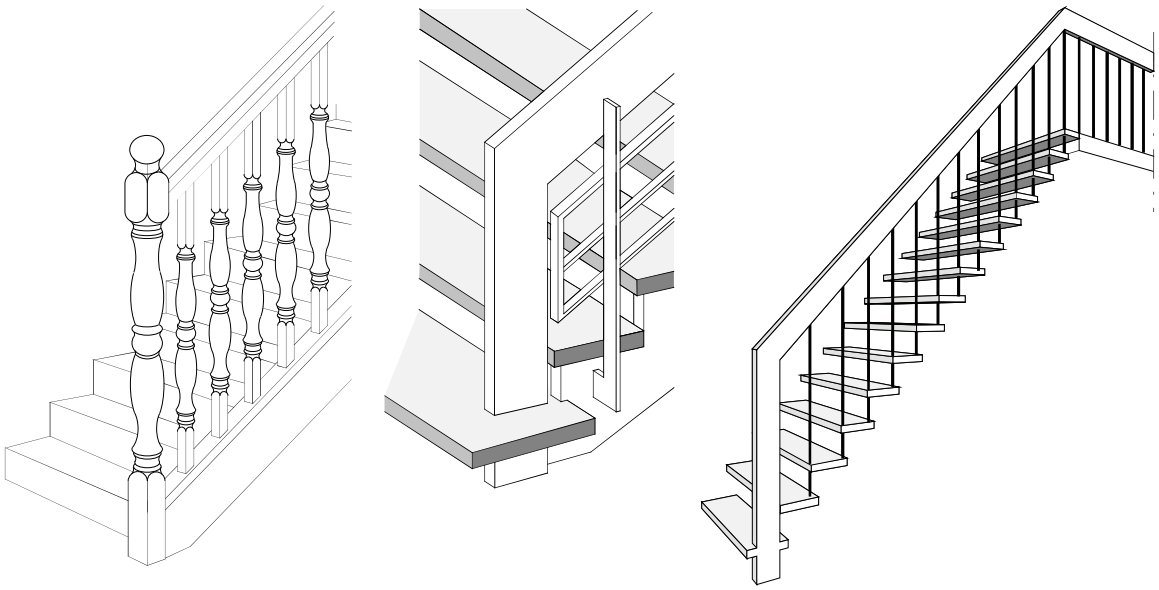
Les assemblages garde-corps/limon et/ou garde-corps/surface de circulation en particulier seront exécutés de manière à ce qu'ils puissent reprendre les sollicitations.

Plusieurs modes de fixation sont envisageables (figure 18, p. 22). Dans les escaliers où les marches sont encastrées dans les limons, les balustres sont fixés dans les limons. Dans le cas de limons sciés en crémaillère ou de limons libres, les garde-corps sont fixés sur la face supérieure des marches ou sur la face latérale des limons. Dans un escalier suspendu, le système de suspension fait souvent office de garde-corps.

Pour la mise en œuvre, on se reportera au chapitre 4 (p. 52) du présent document. Toute solution qui s'écarte de la pratique courante fera l'objet d'une étude particulière.

Fig. 18 *Fixation des balustres.*

A. DANS LE LIMON B. SUR LE CÔTÉ DU LIMON C. DANS UN ESCALIER SUSPENDU



2.1.2.2 RÉSISTANCE AUX CHOCS DE CORPS DURS ET DE CORPS MOUS

Les éléments de l'escalier (limons, marches, garde-corps, ...) et leurs fixations doivent résister aux charges dynamiques de sécurité (chocs) conformément aux STS 54 (§ 12.22) [37]. Pour plus de détails, on se référera au § 2.1.2.2 de la NIT 196 [7].

2.1.2.3 RÉSISTANCE DES SURFACES DE CIRCULATION À LA RAYURE ET À L'USURE

La résistance aux rayures et à l'usure des surfaces de circulation en bois (marches, paliers) est essentiellement déterminée par celle de la finition appliquée et par la dureté superficielle des surfaces sous-jacentes en bois.

Les bois couramment utilisés dans les escaliers sont repris au tableau 8 (p. 48). La masse volumique moyenne est un critère indicatif de la dureté superficielle du bois : en général, la dureté augmente pour une masse volumique croissante.

2.1.2.4 DURABILITÉ EN RAPPORT AVEC LA RÉSISTANCE MÉCANIQUE ET LA STABILITÉ

Escaliers extérieurs

Tous les matériaux exposés à l'air libre doivent être résistants au gel; ils doivent en outre posséder une durabilité suffisante vis-à-vis du climat extérieur et des attaques éventuelles par des champignons et des insectes. Les recommandations en la matière sont décrites en détail au § 2.1.2.3 de la NIT 196 [7].

Lorsque la menuiserie intérieure est susceptible d'être attaquée par des insectes, il convient de traiter le bois au moyen d'un procédé de préservation B, ce qui implique l'emploi d'un produit B homologué (ABPB, Association belge pour la protection du bois). En ce qui concerne les escaliers, une attaque par des insectes n'est à craindre que dans certains cas :

- le lyctus (*Lyctus spp.*) peut attaquer l'aubier de certains feuillus (tels le chêne, l'orme, le méranti ou le lauan) contenant de grandes quantités d'amidon et dont le diamètre des vaisseaux est assez grand; les couches d'aubier présentes dans du multiplex peuvent également être attaquées par cet insecte
- la petite vrillette (*Anobium punctatum*) s'attaque surtout à l'aubier des résineux et des essences feuillues d'Europe; en général, le duramen n'est susceptible d'être attaqué que si le bois a été préalablement contaminé par un champignon, comme par exemple dans le cas de meubles, lambris et éléments anciens en contact avec des murs humides ou dans les endroits où l'air ambiant est humide en permanence
- le *Ptilinus pectinicornis* est un coléoptère relativement rare, connu pour creuser ses galeries dans du bois humide provenant de certains arbres indigènes comme le hêtre, l'orme, le charme ou l'érable; il s'attaque aux troncs abattus et au bois mis en œuvre en milieu humide. Dès que le bois est sec, tout danger d'une nouvelle attaque est écarté, les conditions étant devenues défavorables au développement de l'insecte.

2.2 SÉCURITÉ EN CAS D'INCENDIE

2.2.1 ENONCÉ DU PROBLÈME

L'auteur de projet prend les mesures nécessaires en vue d'assurer la sécurité du bâtiment en cas d'incendie et ce, en fonction de la hauteur de l'immeuble et des dispositions applicables en la matière. Ces dispositions consistent à prévoir des possibilités d'évacuation (implantation des chemins d'évacuation notamment) ainsi qu'un compartimentage judicieux. De telles mesures sont nécessaires pour permettre en cas d'incendie :

- d'évacuer le bâtiment dans les meilleurs délais
- de limiter les dégâts matériels
- d'assurer aux services d'incendie une intervention efficace et sans danger.

2.2.1.1 HAUTEUR 'h' D'UN IMMEUBLE

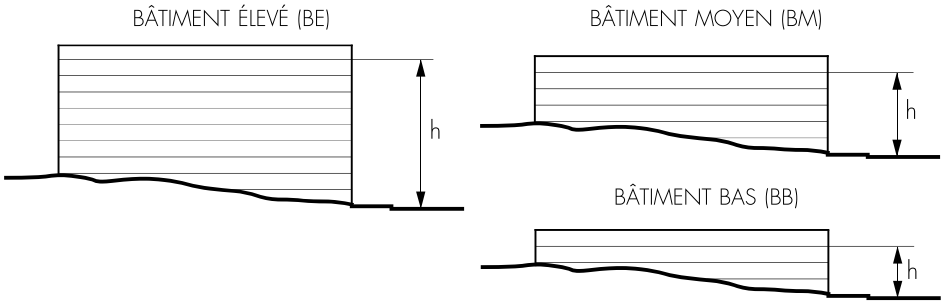
La hauteur 'h' d'un immeuble est définie conventionnellement comme la distance entre le niveau fini du plancher de l'étage le plus élevé et le niveau le plus bas des voies entourant le bâtiment et utilisables par les véhicules des services d'incendie (figure 19, p. 24). Lorsque la toiture ne comprend que des locaux à usage technique, ce niveau n'intervient pas dans le calcul de la hauteur.

Les bâtiments sont classés d'après leur hauteur comme indiqué au tableau 2. La plupart des maisons unifamiliales appartiennent à la catégorie des bâtiments bas.

Tableau 2 *Classement des bâtiments selon leur hauteur.*

TYPE DE BÂTIMENT	HAUTEUR DU BÂTIMENT
Bâtiments élevés (BE)	h > 25 m
Bâtiments moyens (BM)	10 m ≤ h ≤ 25 m
Bâtiments bas (BB)	h < 10 m

Fig. 19 *Hauteur 'h' d'un bâtiment.*



2.2.1.2 EVACUATION

L'évacuation d'un bâtiment peut se faire par les voies prévues à cet effet, telles que couloirs, escaliers, paliers, sas, terrasses d'évacuation, portes, etc. Un chemin d'évacuation est une voie située à l'intérieur d'un bâtiment, présentant une pente de 10 % au maximum et donnant accès à une issue, une cage d'escalier ou une terrasse d'évacuation. Une terrasse d'évacuation est une voie située à l'extérieur du bâtiment, présentant une pente de 10 % au maximum et donnant accès à un escalier.

2.2.1.3 ESCALIERS

Les escaliers faisant dans certains cas fonction de voies d'évacuation, ils constituent un élément essentiel de la protection contre l'incendie.

De ce point de vue, les caractéristiques suivantes peuvent revêtir une certaine importance : largeur utile requise, hauteur des marches, giron et/ou pente de l'escalier, réaction au feu des matériaux mis en œuvre (§ 2.2.1.5) et stabilité au feu de l'escalier (voir § 2.2.1.4).

L'unité de passage est la largeur minimale requise pour le passage d'une personne. Elle est fixée par convention à 0,60 m. La largeur utile 'b_r' d'un chemin d'évacuation est la largeur libre de tout obstacle jusqu'à une hauteur d'au moins 2 m. On ne tient pas compte toutefois des saillies formées sur les murs par les plinthes, les limons et les socles lorsqu'elles ne dépassent pas 0,10 m et qu'elles ne surplombent pas les marches ou le plancher de plus de 1 m. La même règle s'applique aux garde-corps.

Remarque : il convient de faire la distinction entre la notion de largeur utile 'b_r' définie par la norme belge NBN S 21-201 [23] et l'AR du 7/7/94 [33], d'une part, et la largeur libre 'b_v' telle que définie par la norme NBN NEN 3509 [25], d'autre part (voir à titre d'exemple la figure 21, p. 26, et la définition, p. 9).

La largeur utile théorique 'b_t' (en m) d'un chemin d'évacuation est définie par la relation :

$$b_t = a\left[\frac{n_p}{n}\right]\max. \qquad (m)$$

dans laquelle

- 'n_p' est le nombre d'utilisateurs d'un compartiment quelconque desservi par le chemin d'évacuation
- 'n' est le nombre de cages d'escaliers ou d'escaliers donnant accès au compartiment
- $\left[\frac{n_p}{n}\right]\max.$ est la valeur maximale de $\frac{n_p}{n}$, compte tenu de tous les compartiments d'un même étage desservis par le chemin d'évacuation
- 'a' est un coefficient fictif de passage dépendant de la nature du chemin d'évacuation (voir tableau 3).

La largeur utile requise 'b_r' est calculée à l'aide de la formule suivante :

$$b_r = \left\{\text{int}\left[\frac{b_t}{0,60}\right]+1\right\} x\, 0,60 \qquad (m)$$

dans laquelle le terme $\left\{\text{int}\left[\frac{b_t}{0,60}\right]\right\}$ représente la valeur de $\frac{b_t}{0,60}$ arrondie à l'unité inférieure.

Tableau 3 *Valeurs de 'a' selon la nature du chemin d'évacuation.*

NATURE DU CHEMIN D'ÉVACUATION	a (en m)
Chemin d'évacuation, porte, terrasse d'évacuation et chemin d'accès en pente	0,01
Escalier descendant vers les issues	0,0125
Escalier montant vers les issues	0,02

La largeur utile requise pour les chemins d'évacuation est au minimum de 0,80 m (voir § 2.2.2.2, p. 27).

Un niveau d'évacuation ou niveau E comporte une ou plusieurs issues permettant une évacuation à l'extérieur. Les issues en question débouchent sur la voie publique ou sur un lieu donnant accès à la voie publique. Dans un bâtiment comportant plusieurs niveaux d'évacuation, on a :

- Ei, le niveau d'évacuation inférieur
- Es, le niveau d'évacuation supérieur.

La largeur totale de la voie publique et/ou du lieu d'évacuation communiquant avec les chemins d'évacuation du bâtiment ne peut être inférieure à la largeur utile totale requise pour les chemins d'évacuation.

Exemple

Un des étages d'un immeuble de bureaux comporte quatre compartiments d'une surface 'S', desservis par deux cages d'escaliers permettant de descendre vers les issues (voir figure 20), l'un des compartiments (n° 1) étant un local à destination particulière (salle de réunion de 100 personnes, n_r = 100); pour les autres compartiments, $n_p = \frac{S}{10}$:

COMPARTIMENT	S (m^2)	n_p	n	$\frac{n_p}{n}$
1	400	n_r = 100	2	50
2	400	40	1	40
3	50	5	2	2,5
4	50	5	1	5
Surface totale :	900		maximum =	50

Calculons la largeur utile requise 'b_r' :

$$b_t = a\left[\frac{n_p}{n}\right]\max. \qquad (m)$$

b_t = 50 x 0,0125 m
b_t = 0,625 m

$$b_r = \left\{\text{int}\left[\frac{b_t}{0,60}\right]+1\right\} x\, 0,60 \qquad (m)$$

$$\frac{b_t}{0,60} = \frac{0,625}{0,60} = 1,04$$

$$\text{int}\left[\frac{b_t}{0,60}\right] = 1$$

$$b_r = \left\{\text{int}\left[\frac{0,625}{0,60}\right]+1\right\} x\, 0,60$$

b_r = 1,20 m.

Fig. 20 *Vue en plan de l'étage.*

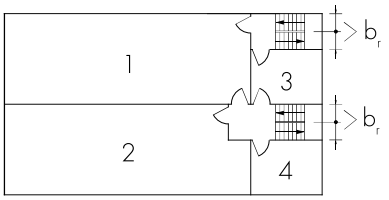


Fig. 21 *Largeur utile requise 'b_r' et largeur libre 'b_v'.*

Cette largeur utile requise 'b_r' est indiquée à la figure 21, parallèlement à la largeur libre 'b_v' telle que définie par la norme NBN NEN 3509 [25].

2.2.1.4 RÉSISTANCE AU FEU

La résistance au feu d'un élément de construction est le temps durant lequel il satisfait simultanément aux critères de stabilité, d'étanchéité aux flammes et d'isolation thermique. La résistance au feu d'un élément de construction est testée conformément à la norme NBN 713-020 [24].

En ce qui concerne les éléments ne remplissant pas une fonction séparative, tels les escaliers, seul le critère de stabilité au feu est pris en compte (voir tableau 4, p. 28).

2.2.1.5 RÉACTION AU FEU

La réaction au feu d'un matériau de construction est l'ensemble de ses propriétés qui ont un rapport avec l'influence qu'il peut avoir sur la naissance et le développement d'un incendie.

Outre la classe des matériaux ininflammables A0 (plâtre, béton, maçonnerie, ...), on distingue quatre classes de réaction au feu :
- A1 : difficilement inflammable
- A2 : moyennement inflammable
- A3 : inflammable
- A4 : facilement inflammable.

2.2.2 PRESCRIPTIONS

2.2.2.1 RÈGLES DE BASE

L'arrêté royal du 7 juillet 1994 [33] définit les règles de base en matière de prévention des incendies et des explosions dans les nouveaux bâtiments. Dans certains cas, ces prescriptions sont complétées par des dispositions communautaires et/ou régionales et éventuellement par des règlements communaux.

Les annexes techniques de l'arrêté sont essentiellement basées sur les normes en vigueur de la série NBN S 21 [22]. Les textes ayant été dépouillés des prescriptions spécifiques applicables à certaines catégories de bâtiments (immeubles de bureaux, immeubles à appartements, etc.), l'arrêté définit un cadre général auquel tous les bâtiments doivent satisfaire. Il inclut en outre, dans la réglementation, les bâtiments bas ($h < 10$ m).

L'arrêté s'applique à tous les immeubles neufs quelle que soit leur destination, à l'exception toutefois de ceux qui présentent un risque d'incendie réduit, notamment les maisons unifamiliales.

2.2.2.2 SYNTHÈSE DES PRESCRIPTIONS APPLICABLES AUX ESCALIERS INTÉRIEURS

Le tableau 4 (p. 28) donne un bref aperçu des dispositions applicables aux escaliers intérieurs faisant fonction de chemins d'évacuation en cas d'incendie. Les prescriptions sont valables pour tous les bâtiments, à l'exception des maisons unifamiliales.

La conception et la mise en œuvre des escaliers intérieurs doivent en outre répondre à un certain nombre d'exigences minimales complémentaires, à savoir :
- giron : G = 200 mm minimum en tout point
- hauteur des marches : H = 180 mm maximum
- pente : maximum 75 % (angle maximum d'inclinaison $\alpha = 37°$)
- largeur utile : au moins 0,8 m, sans être inférieure à la largeur utile requise calculée selon l'annexe technique n° 1 de l'AR du 07/07/1994.

Tableau 4 *Dispositions applicables, selon la hauteur du bâtiment, aux escaliers intérieurs faisant fonction de chemins d'évacuation en cas d'incendie.*

CRITÈRE	BÂTIMENT BAS h < 10 m	BÂTIMENT MOYEN 10 ≤ h ≤ 25 m	BÂTIMENT ÉLEVÉ h > 25 m
Stabilité au feu	1/2 h	1 h	1 h
Contremarches	–	massives	massives
Type d'escalier	– escalier droit – escalier tournant à marches balancées avec G = 240 mm min. sur la ligne de foulée et 200 mm minimum en tout autre point	– escalier droit – escalier tournant à marches balancées avec G = 240 mm min. sur la ligne de foulée et 200 mm minimum en tout autre point	escalier droit
Palier	–	l'ouverture de la porte ne peut pas réduire la largeur utile	l'ouverture de la porte ne peut pas réduire la largeur utile
Réaction au feu du revêtement de sol	–	A2	A2
Réaction au feu des revêtements muraux	–	A1	A1

La largeur utile des volées d'escaliers et des paliers de la cage d'escalier d'un même compartiment ne peut s'écarter de plus d'une unité de passage. Les escaliers sont pourvus de garde-corps de part et d'autre. Toutefois, un seul garde-corps peut suffire dans les escaliers dont la largeur utile est inférieure à 1,2 m, pour autant qu'il n'y ait aucun risque de chute.

Les exigences relatives à la hauteur des marches, au giron et à la pente de l'escalier imposent des restrictions quant au choix de ces paramètres. Le tableau 5 illustre les combinaisons possibles entre hauteur de marche (H) et giron (G), compte tenu des critères imposés et de l'exigence 570 ≤ M ≤ 630 mm (voir § 2.4.2.3, p. 33).

Tableau 5 *Module du pas 'M' (en mm) en fonction de 'H' et de 'G', compte tenu des critères imposés [33] : H ≤ 180 mm, G ≥ 200 mm, angle d'inclinaison α ≤ 37°.*

H (mm)	G (mm)														
	230	235	240	245	250	255	260	265	270	275	280	285	290	295	300
180	–	–	600	605	610	615	620	625	630	–	–	–	–	–	–
175	–	585	590	595	600	605	610	615	620	625	630	–	–	–	–
170	570	575	580	585	590	595	600	605	610	615	620	625	630	–	–
165	–	–	570	575	580	585	590	595	600	605	610	615	620	625	630
160	–	–	–	–	570	575	580	585	590	595	600	605	610	615	620
155	–	–	–	–	–	–	570	575	580	585	590	595	600	605	610
150	–	–	–	–	–	–	–	–	570	575	580	585	590	595	600

2.3 HYGIÈNE, SANTÉ ET ENVIRONNEMENT

2.3.1 ENONCÉ DU PROBLÈME

L'exigence traite des formes de pollution et d'émission de substances polluantes susceptibles de provoquer des effets néfastes et indésirables pour la santé, allant de la gêne à l'affection grave en passant par l'irritation, ainsi que pour l'environnement. Les prescriptions portent sur :

- la qualité de l'air : présence ou émission de gaz, de particules ou de fibres présentant des risques de toxicité ou un danger pour la santé et pouvant être dégagés par les matériaux de construction mis en œuvre ou par les produits de préservation et de finition du bois ou du métal
- l'application d'un procédé approprié de préservation du bois permettant d'éviter la propagation des champignons et des insectes dans le bâtiment
- la prévention des infiltrations d'eau et des ponts thermiques, qui, associée à une ventilation correcte des locaux, est de nature à éviter une accumulation d'humidité sur les surfaces en présence (facteur important dans les espaces mal ventilés situés sous des escaliers de caves fermés) et donc la formation de moisissures superficielles, une contamination par des champignons ou des attaques d'insectes (voir aussi § 2.3.2).

2.3.2 PRESCRIPTIONS

Les machines à bois utilisées en atelier doivent être équipées d'un dispositif d'aspiration approprié, en particulier lorsque l'espèce travaillée est susceptible de dégager des poussières irritantes pour les muqueuses et/ou la peau ou de provoquer des allergies.

Si le cahier des charges prescrit l'emploi de produits de préservation (procédé A3 et produits C pour les escaliers extérieurs, procédé B pour les escaliers intérieurs), on veillera à utiliser de préférence :

- des produits couverts par un agrément technique, qui garantissent une efficacité maximale du procédé et du produit (voir plus loin), afin de limiter autant que possible le risque éventuel d'effets néfastes sur la santé et sur l'environnement :
  - l'autorisation de vente délivrée par le ministère de la Santé publique réglemente les produits selon leur toxicité et leur éco-toxicité
  - une homologation de l'Association belge pour la protection du bois (ABPB) garantit l'effet fongicide et/ou insecticide du procédé, selon la classe de risque auquel le bois est exposé (STS 04 [34]), et son efficacité dans le temps quant au risque d'exsudation du produit
  - l'agrément technique (ATG) octroyé par l'Union belge pour l'agrément technique dans la construction (UBAtc) assure une utilisation correcte du produit selon la destination et les performances requises
- des produits à base d'eau plutôt que des produits à base de solvants organiques, afin de limiter l'émission de ces substances dans l'atmosphère.

Il conviendra en outre de respecter les dosages prescrits et de ventiler les locaux pendant une période suffisamment longue après la pose d'éléments en bois traité.

La finition des menuiseries intérieures est réalisée au moyen de vernis, de cire ou de peinture; lorsqu'aucune protection insecticide du bois n'est exigée (voir § 2.1.2, p. 20), l'utilisation de produits C comme finition transparente est déconseillée en raison de leur teneur en biocides.

2.4 SÉCURITÉ D'UTILISATION

2.4.1 ENONCÉ DU PROBLÈME

L'exigence traite des risques inacceptables susceptibles d'entraîner, pour les personnes qui se trouvent dans un escalier ou à proximité d'un escalier, des dommages corporels graves et immédiats, dus plus particulièrement :

- aux chutes par glissade ou par trébuchement, ou aux différences brusques de niveau (sécurité de la marche, hauteur du garde-corps, etc.)
- au défaut de résistance des différents éléments de l'escalier vis-à-vis des chocs provoqués par les chutes (cf. § 2.1.2.2, p. 22)
- à des heurts (arêtes vives, rupture fragile, chutes de fragments, etc.)
- à l'électrocution et aux chocs électriques.

L'auteur de projet prendra les mesures propres à garantir la sécurité des utilisateurs. L'établissement des critères est basé sur un comportement raisonnable et responsable des utilisateurs ou, s'il s'agit d'enfants, des personnes chargées de veiller à leur sécurité.

Vu la complexité des mesures envisageables et en l'absence de prescriptions belges définitives, la subdivision établie au § 2.4.2 est fondée sur les éléments de l'escalier ainsi que sur certaines dimensions et proportions spécifiques à sa construction. La sécurité d'utilisation est déterminée par :

- l'implantation de l'escalier dans le bâtiment et sa géométrie
- l'éclairage de la cage d'escalier
- le module du pas
- le choix de la hauteur des marches et de leur giron
- la taille du nez des marches
- la position de la ligne de foulée
- le balancement des marches
- la pente de l'escalier
- le garde-corps
- l'emmarchement et l'échappée
- les dimensions des paliers
- les caractéristiques de la surface de circulation.

2.4.2 PRESCRIPTIONS

Un escalier sûr est aisé à parcourir et est convenablement éclairé. Il doit en outre procurer un sentiment de sécurité lors de la marche. Pour élaborer les prescriptions du présent paragraphe, nous nous sommes basés sur la pratique courante des chantiers belges, en tenant

compte dans la mesure du possible des spécifications de la norme NBN NEN 3509 [25]. Les prescriptions relatives aux garde-corps proviennent essentiellement des STS 54 [37].

2.4.2.1 IMPLANTATION DE L'ESCALIER DANS LE BÂTIMENT ET GÉOMÉTRIE DE L'ESCALIER

L'escalier relie deux étages successifs et assure une communication aisée entre les pièces du bas et du haut de l'immeuble.

Un projet de bâtiment où la conception de l'escalier n'a pas été suffisamment étudiée, laissant par exemple trop peu d'espace à la réalisation d'un escalier confortable, est une source fréquente de différends ou de désordres.

L'auteur de projet tiendra compte du danger potentiel que représente, par exemple, un giron trop étroit lors de la descente de l'escalier, surtout lorsque les marches sont balancées (voir § 2.4.2.4, p. 33). C'est pour le même motif qu'un escalier ne peut présenter une pente trop raide (voir figure 27, p. 37).

L'escalier droit est le modèle le plus simple et en général le plus compact. L'escalier droit biais n'est appliqué que lorsque l'espace disponible pour la cage d'escalier est oblique (cf. figure 7B, p. 11) : toutes les marches sont parallèles entre elles, alors qu'elles se trouvent en oblique par rapport aux limons droits.

L'escalier oblique possède des limons droits et des marches obliques dont les nez ne sont pas parallèles entre eux. Il permet un gain d'espace, pour autant qu'une légère rotation du départ ou de l'arrivée par rapport aux limons droits suffise à assurer une jonction aisée avec les locaux du bas ou du haut (cf. figure 7C, p. 11) et à condition que la largeur utile de l'escalier ne soit pas réduite à hauteur de cette jonction. Un escalier oblique ne permet toutefois pas la même rotation par rapport aux limons droits qu'un escalier à quartier tournant (voir chapitre 5, p. 86).

Parmi tous les types d'escaliers, l'escalier à noyau est celui qui présente la forme la plus compacte; il possède toutefois l'inconvénient d'être relativement dangereux, vu son giron réduit du côté du noyau.

La combinaison de l'escalier droit et de l'escalier à noyau se retrouve dans l'escalier courant à quartier tournant. Ce type d'escalier est moins encombrant que l'escalier droit (cf. figure 16, p. 19) et est facile à parcourir si les marches sont correctement balancées (chapitre 5). Les marches de l'escalier oblique, tout comme celles de l'escalier à noyau ou de l'escalier tournant, sont également balancées afin d'améliorer la sécurité d'utilisation.

Les escaliers tournants peuvent être très confortables lorsqu'on dispose d'un espace suffisant. Certaines cages d'escalier ont une forme cylindrique ou ovale (cf. fig. 10, p. 12).

Pour les immeubles commerciaux, le RGPT [32] stipule que les escaliers ne peuvent comporter d'éléments courbes (ce qui exclut donc l'usage des escaliers tournants et à noyau). Ils doivent en outre être divisés par des paliers de telle sorte qu'une volée d'escalier ne compte pas plus de 17 marches (voir § 2.4.2.12, p. 42). Enfin, ils doivent posséder des contremarches pleines; les escaliers ouverts ne sont donc pas autorisés.

On se reportera à ce sujet au § 2.2.2 (p. 27) relatif à la sécurité des escaliers en cas d'incendie. L'AR du 7/7/94 [33] précise en effet que les escaliers tournants et incurvés sont autorisés en tant que chemins d'évacuation dans les immeubles bas et moyens, à condition de satisfaire à chacune des conditions suivantes :

- ◆ les marches doivent être balancées
- ◆ le giron mesuré sur la ligne de foulée est au minimum de 240 mm
- ◆ en aucun point de la marche, le giron ne peut être inférieur à 200 mm.

En ce qui concerne les contremarches, l'arrêté ne prévoit aucune disposition pour les immeubles bas; il nous semble cependant logique d'exiger à tout le moins un escalier de type fermé, eu égard à la protection contre l'incendie.

2.4.2.2 ECLAIRAGE DE LA CAGE D'ESCALIER

Une bonne visibilité contribue à assurer la sécurité dans un escalier. Bien que ce critère puisse difficilement s'exprimer par le biais d'une prescription, il est souhaitable de tenir compte, dès le stade du projet et lors du choix du type d'escalier, de l'incidence lumineuse dans la cage d'escalier.

L'éclairage des escaliers fermés encloisonnés dans une cage peut être amélioré par un accroissement du jour.

Les escaliers ouverts sont plus lumineux, mais ils sont dangereux pour certains utilisateurs (comme les enfants) ou créent un sentiment d'insécurité lors de la montée (personnes âgées, par exemple). De plus, dans les bâtiments publics, les hôpitaux et les écoles en particulier, le risque de chute de récipients en verre ou d'autres objets durs est accru en raison du vide laissé entre les marches.

On peut remédier dans une certaine mesure à ces inconvénients en réduisant l'espace entre deux marches successives et en plaçant une demi-contremarche ou en réalisant un bord relevé à l'arrière des marches (figure 22).

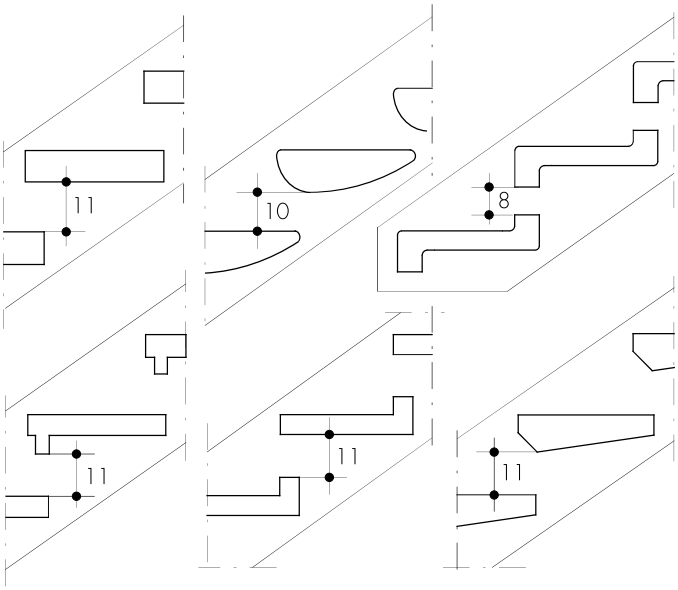


Fig. 22 *Réduction de l'espace libre entre deux marches consécutives.*

Une nette démarcation (contraste de couleurs, par exemple) à la transition du plancher et de l'escalier constitue une précaution supplémentaire.

Une petite succession de marches servant à relier des pièces situées à des niveaux différents est également à considérer comme escalier. Afin de signaler le danger que peut présenter une telle dénivellation dans un bâtiment public, ces marches sont exécutées ou parachevées de préférence dans une teinte qui tranche par rapport au cadre environnant.

2.4.2.3 MODULE DU PAS

Les dimensions des différents éléments d'un escalier ne sont pas choisies au hasard, mais résultent d'un calcul visant à garantir à l'utilisateur un maximum de confort et de sécurité.

Les pas d'une personne normale circulant sur une surface horizontale ont une longueur d'environ 0,60 m. Plus la surface tend à s'incliner, plus la longueur des pas diminue.

Ces principes sont à la base du rapport entre la hauteur de marche (H) et le giron (G), préconisé pour la conception d'un escalier facilement praticable, soit :

$$2\ H + G = 600 \pm 30 \text{ mm.}$$

Ce rapport, parfois appelé module ou valeur du pas (M), varie donc en principe entre 570 et 630 mm. Il permet de définir, pour une hauteur d'étage et un nombre de marches déterminés, la hauteur des marches, le giron et la pente de l'escalier. A module de pas égal, lorsque le giron diminue, la hauteur de la marche augmente et vice-versa.

Dans la mesure du possible, l'escaliéteur tiendra compte, dans ses plans d'exécution, du module de pas idéal défini plus haut. Le choix de la hauteur et du nombre de marches ainsi que du module de pas détermine en effet l'espace que l'escalier occupera dans le bâtiment.

En l'absence de telles données, l'exécutant à pied d'œuvre se verra forcé de s'adapter tant bien que mal à la situation des lieux, au risque parfois de ne pouvoir respecter les proportions idéales et de devoir appliquer des règles de calcul hors normes pour aboutir à une solution correcte dans le contexte qui lui est imposé. En tout état de cause, la hauteur de marche et le giron auront une valeur aussi proche que possible du module idéal. Le giron est mesuré sur la ligne de foulée. Si l'escalier comporte plusieurs volées, ceci s'applique également à chacune d'entre elles.

Dans le cas d'un escalier peu utilisé, le module du pas pourra s'écarter davantage des valeurs recommandées ci-avant. Ainsi, l'escalier d'un grenier, par exemple, aura un giron plus court et sera plus raide qu'un escalier assurant une fonction centrale dans le bâtiment.

Enfin, pour des raisons de sécurité, les escaliers servant de voies d'évacuation font l'objet de certaines restrictions (cf. § 2.2.2, p. 27).

2.4.2.4 DÉTERMINATION DE LA HAUTEUR DES MARCHES ET DE LEUR GIRON

Le choix judicieux, selon l'espace disponible, de la hauteur des marches et de leur giron facilite le parcours de l'escalier et diminue le risque de chutes, en particulier à la descente. Un giron suffisamment grand offre une bonne surface d'appui pour le pied et permet de descendre l'escalier sans risquer de glisser sur le nez des marches.

De plus, le balancement correct des marches (voir chapitre 5) améliorera encore l'aisance du déplacement.

En principe, toutes les marches d'un escalier ont la même hauteur; dans le cas contraire, l'écart doit porter de préférence sur la marche de départ. La norme française NF P 01-011 [1] envisage la répartition des écarts éventuels dans la hauteur des marches sous un angle un peu différent : l'écart ne peut s'élever à plus de 6 mm et ne peut en outre dépasser 3 mm entre deux marches successives.

Selon la norme NBN NEN 3509, toutes les marches d'un escalier doivent avoir le même giron et la même hauteur, avec une tolérance de 2 mm maximum.

On peut considérer que le choix de la hauteur des marches, du giron, du nombre de marches, de la largeur de l'escalier, de sa géométrie et des paliers à prévoir éventuellement (voir § 2.4.2.12, p. 42) dépendra des facteurs suivants :

- la hauteur d'étage à franchir (d'un plancher à l'autre), c'est-à-dire la somme des hauteurs de marches ou hauteur totale
- l'espace disponible : longueur disponible (étendue de l'escalier) et hauteur de passage (ou échappée); la formule de calcul du module de pas n'est applicable que si l'espace disponible est suffisant; dans le cas contraire, il y a lieu d'utiliser des valeurs aussi proches que possible de cette relation. Les escaliers à vis, c'est-à-dire les moins encombrants, ont un giron d'au moins 100 mm à une distance de 150 mm du noyau
- la destination du bâtiment : dans les bâtiments publics, par exemple, les escaliers sont souvent moins raides que dans les habitations. Le RGPT [32] prévoit une hauteur de marche de 170 mm au maximum, pour une largeur d'au moins 300 mm; étant donné que le nez des marches ne peut dépasser 50 mm (voir § 2.4.2.5, p. 35), cela signifie que le giron doit avoir au moins 250 mm pour un nez de 50 mm
- l'utilisation de l'escalier comme voie d'évacuation en cas d'incendie : comme précisé au § 2.2 (p. 23), dans tous les bâtiments, sauf les maisons unifamiliales, la hauteur des marches ne peut dépasser 180 mm et leur giron ne peut en aucun point de la marche être inférieur à 200 mm; de plus, l'angle d'inclinaison maximum autorisé de 37° limite encore davantage la gamme des combinaisons possibles entre la hauteur des marches et leur giron (cf. tableau 5, p. 28).

Le tableau 6 indique quelques dimensions courantes pour la hauteur des marches et leur giron, en fonction de la destination du bâtiment et de l'utilisation de l'escalier.

Pour des maisons d'habitation disposant de peu d'espace pour le passage de l'escalier, les dimensions courantes de la hauteur des marches et du giron sont, par exemple, de 175/240 ou 185/220. Les escaliers à vis possèdent généralement entre 12 et 20 marches ayant une hauteur de 180 à 200 mm et formant des triangles.

Tableau 6 *Dimensions courantes pour la hauteur des marches et le giron (en mm).*

TYPE D'ESCALIER	HAUTEUR DE MARCHE	GIRON
Escalier de bâtiments publics	160 - 170	250 - 280
Escalier central d'un immeuble d'habitation	170 - 190	200 - 260
Escalier de cave ou de comble	180 - 200	180 - 240
Echelle de meunier, escalier de tour	220 - 230	140 - 160

Lorsque le cahier des charges stipule des dimensions ou des proportions très éloignées des valeurs du tableau 6, l'entrepreneur de menuiserie informera l'architecte et/ou le maître d'ouvrage des éventuelles difficultés qui pourraient en découler.

2.4.2.5 NEZ DES MARCHES

Pour faciliter le parcours de l'escalier, les marches sont superposées de façon à former saillie sur le nu de la contremarche; cette saillie est appelée *nez de marche*. La figure 23 représente des marches avec et sans nez.

Tableau 7 *Grandeur du nez de marche en fonction du giron [25].*

GIRON (G) (mm)	NEZ (mm)
G < 190	≤ 50
190 ≤ G < 210	≤ 40
210 ≤ G < 240	≥ 30

Dans un escalier courant, la grandeur du nez est fonction de celle du giron au droit de la ligne de foulée (tableau 7).

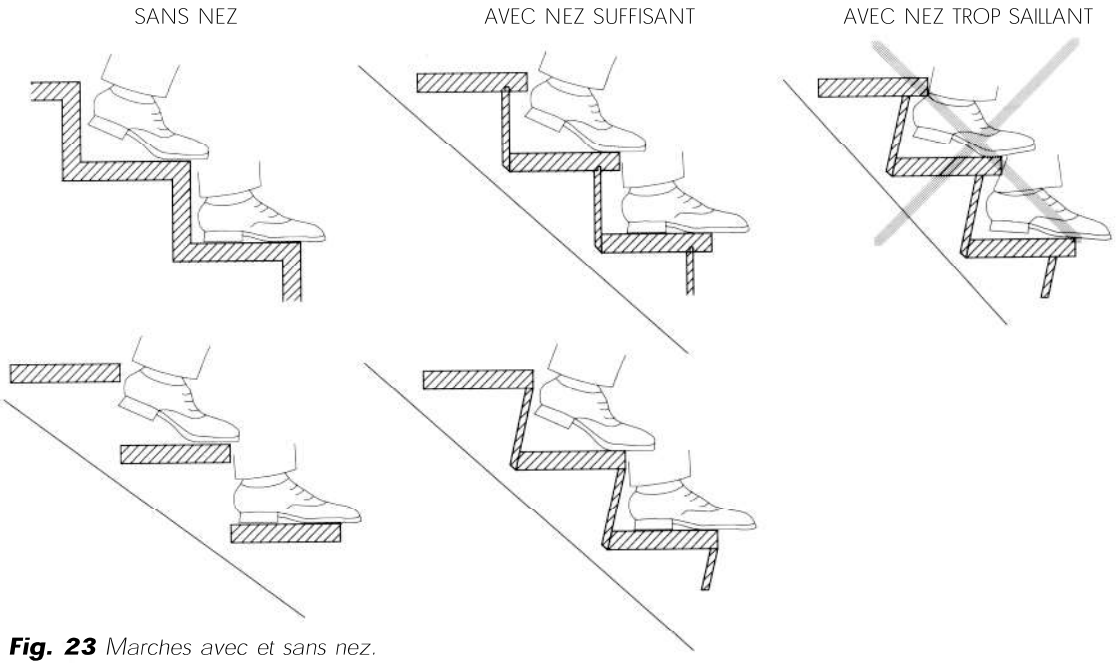


Fig. 23 *Marches avec et sans nez.*

Selon les dispositions du RGPT, le nez des marches ne peut excéder 50 mm. Dans un escalier très raide (hauteur de marche ≥ 200 mm), un nez de marche trop important constitue un danger, car le pied peut y rester accroché lors de la montée (figure 24).

Le nez de marche empêche également le talon de buter sur la contremarche lors de la descente (figure 25, p. 36).

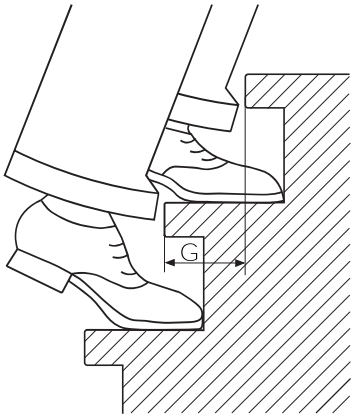


Fig. 24 *Risque de trébuchement dans un escalier très raide dont les nez de marches sont trop saillants.*

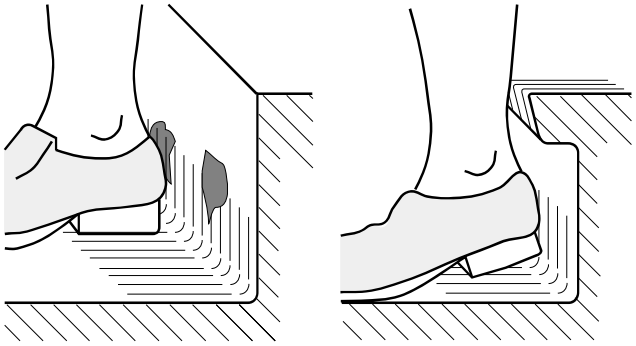
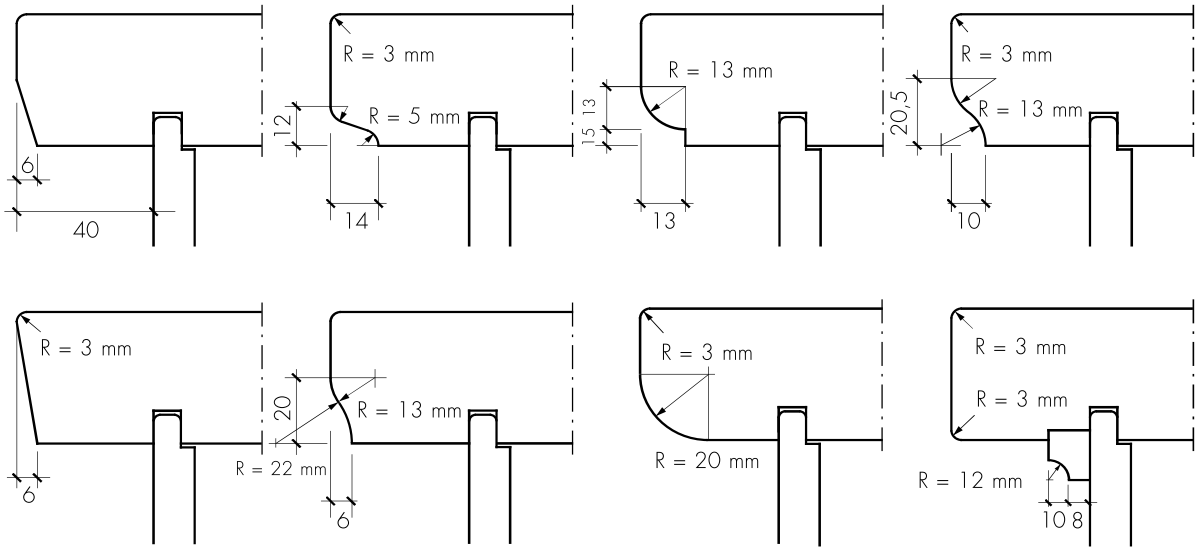


Fig. 25 *Emplacement du pied sur une marche avec ou sans nez, lors de la descente d'un escalier.*

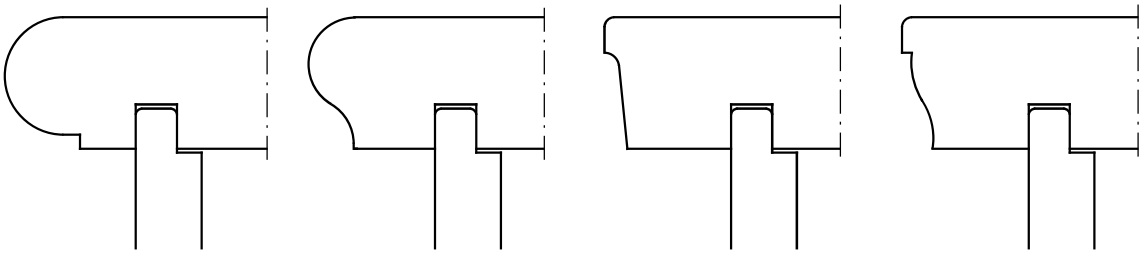
La face supérieure de la marche est horizontale. Le nez est chanfreiné de part et d'autre de chaque marche (rayon de courbure de 3 à 8 mm) et peut être profilé dans la moitié inférieure de la marche (voir figure 26).

Fig. 26 *Nez de marche profilés.*

A. PROFILÉS CORRECTS



B. PROFILÉS INCORRECTS



2.4.2.6 LIGNE DE FOULÉE

La position de la ligne de foulée est mesurée à partir du bord intérieur de la zone de rampe (ou à partir du noyau pour les escaliers à noyau). Dans un escalier comportant deux rampes principales, la ligne de foulée se situe au centre de l'escalier, quelle que soit sa forme (escalier droit, tournant ou à noyau). Lorsqu'il n'y a qu'une seule rampe principale, la position de la ligne de foulée dépend de la forme et de la largeur de l'escalier :

- au centre, dans les escaliers droits ou obliques, quelle que soit leur largeur
- dans les escaliers à noyau, les escaliers tournants et les escaliers à quart ou demi-tournant, à 0,4 m minimum et 0,6 m maximum du bord intérieur de la zone de rampe ou du noyau, et à 0,35 m minimum des rives extérieures des marches. Dans un escalier de moins de 0,75 m de large, la ligne de foulée se trouve au centre.

2.4.2.7 BALANCEMENT DES MARCHES

Le balancement correct des marches permet généralement d'améliorer la praticabilité des escaliers obliques, à noyau, tournants et à quartier tournant. Il existe différentes méthodes de balancement; les principales d'entre elles sont étudiées au chapitre 5 (p. 86).

2.4.2.8 PENTE DE L'ESCALIER

L'escalier courant présente un angle d'inclinaison situé entre 20 et 45°. La pente des escaliers servant de voies d'évacuation en cas d'incendie (cf. § 2.2.2, p. 27) ne peut excéder 37° (ceci ne concerne pas les maisons unifamiliales).

La pente permet d'établir une classification des escaliers, dont un exemple est présenté à la figure 27.

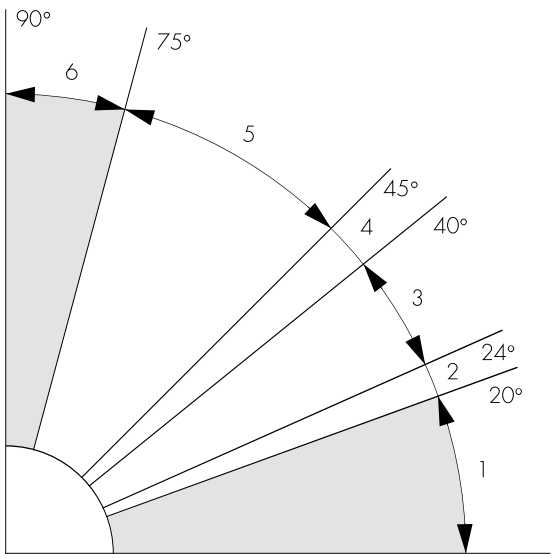


Fig. 27 *Classification des escaliers selon leur pente (d'après Neufert) [40].*
1. Plans inclinés
2. Escaliers ouverts
3. Escaliers d'habitations (± 37°)
4. Escaliers raides (40 à 45°)
5. Escaliers de machines
6. Echelles

2.4.2.9 GARDE-CORPS

De par sa solidité et sa géométrie, le garde-corps assure généralement la sécurité des personnes contre les risques de chute. En ce qui concerne les exigences mécaniques posées au garde-corps, le lecteur se référera utilement à la Note d'information technique 196 [7].

Nous présentons ci-après un aperçu des principales spécifications applicables au garde-corps.

Hauteur et forme

Selon les dispositions des STS 54, la hauteur minimale de protection 'L_h' du garde-corps dans une volée d'escalier, mesurée à l'aplomb du nez de marche jusqu'à la face supérieure de la main courante, s'élève à 0,90 m. Si le RGPT cite une hauteur minimale de 0,75 m pour la main courante, la dimension couramment rencontrée dans la pratique est de 0,80 m (figure 28).

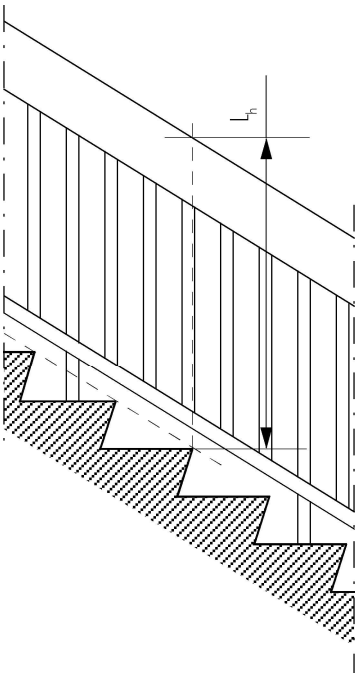


Fig. 28 *Hauteur minimale du garde-corps.*

La norme NBN NEN 3509 stipule qu'une balustrade longeant le jour de l'escalier doit se situer à 1 m au moins du niveau fini du plancher. A notre avis, il convient cependant de retenir la valeur de 0,90 m fixée par les STS 54 pour les garde-corps dans les volées d'escalier. On évite ainsi des problèmes éventuels lors de l'assemblage des mains courantes à la jonction entre la volée d'escalier et le palier, et vice-versa.

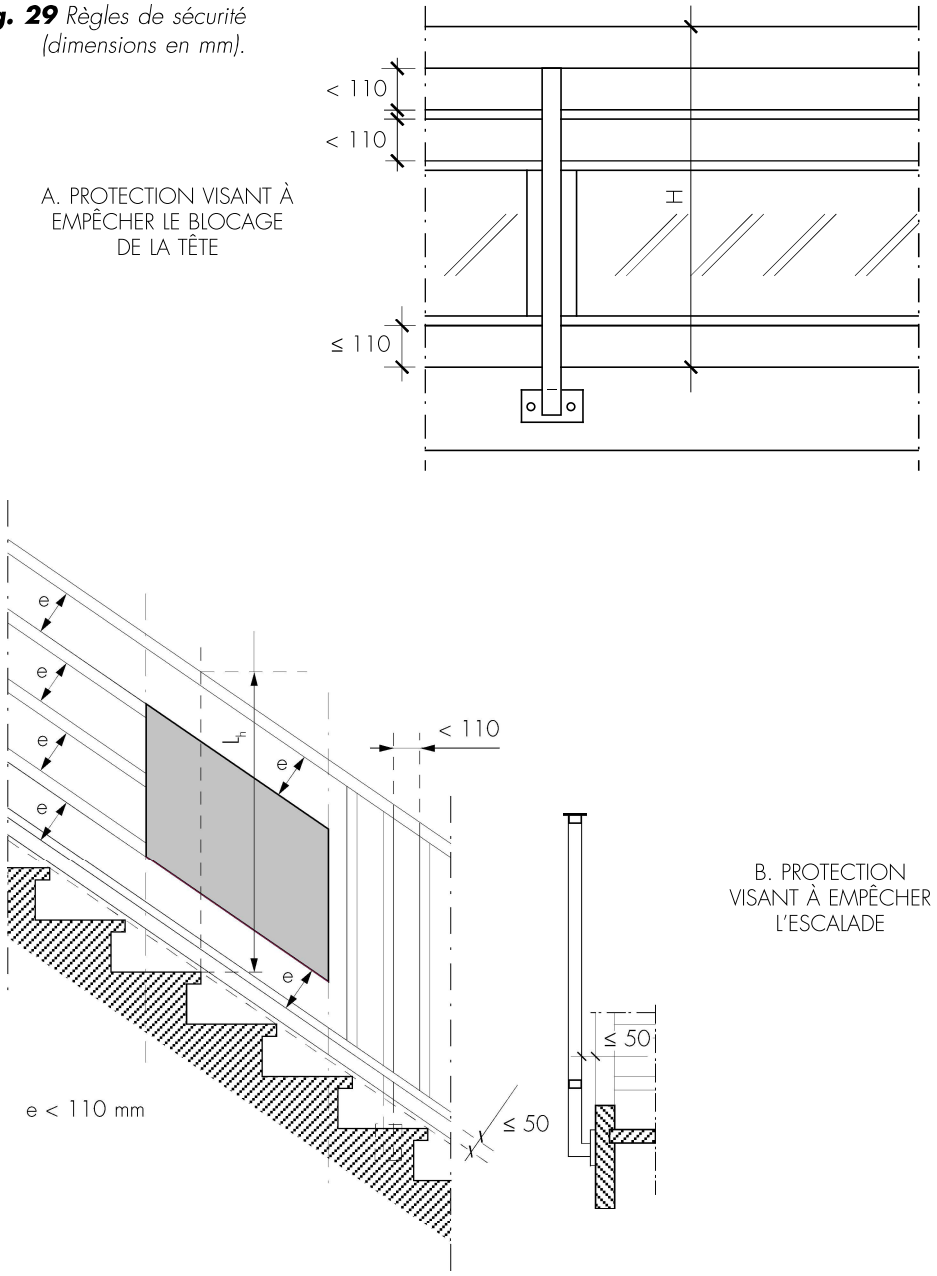
Les STS 54 précisent également que, dans les cas où l'on peut craindre des chutes de plus de 6 m dans le vide, la balustrade doit avoir une hauteur d'au moins 1,2 m. La norme NBN NEN 3509 prévoit la même hauteur du garde-corps pour des risques de chute d'une hauteur d'au moins 10 m.

Le garde-corps sera conçu de façon à empêcher que les enfants ne s'y coincent la tête ou n'escaladent la rambarde trop facilement (figure 29). C'est pourquoi l'ouverture maximale entre deux barreaux verticaux et entre éléments parallèles à la pente, mesurée perpendiculairement à cette dernière, est limitée à 110 mm.

Lorsque les éléments de remplissage du garde-corps ne sont pas situés dans le même plan que les montants ou dans le cas d'un garde-corps en fer forgé ou de forme complexe, les ouvertures entre éléments ne peuvent laisser passer une sphère de 110 mm de diamètre.

Remarque : les dimensions exigées dans la norme NBN NEN 3509 – ouvertures maximales de 100 mm dans la balustrade – nous semblent exagérées.

Fig. 29 *Règles de sécurité (dimensions en mm).*



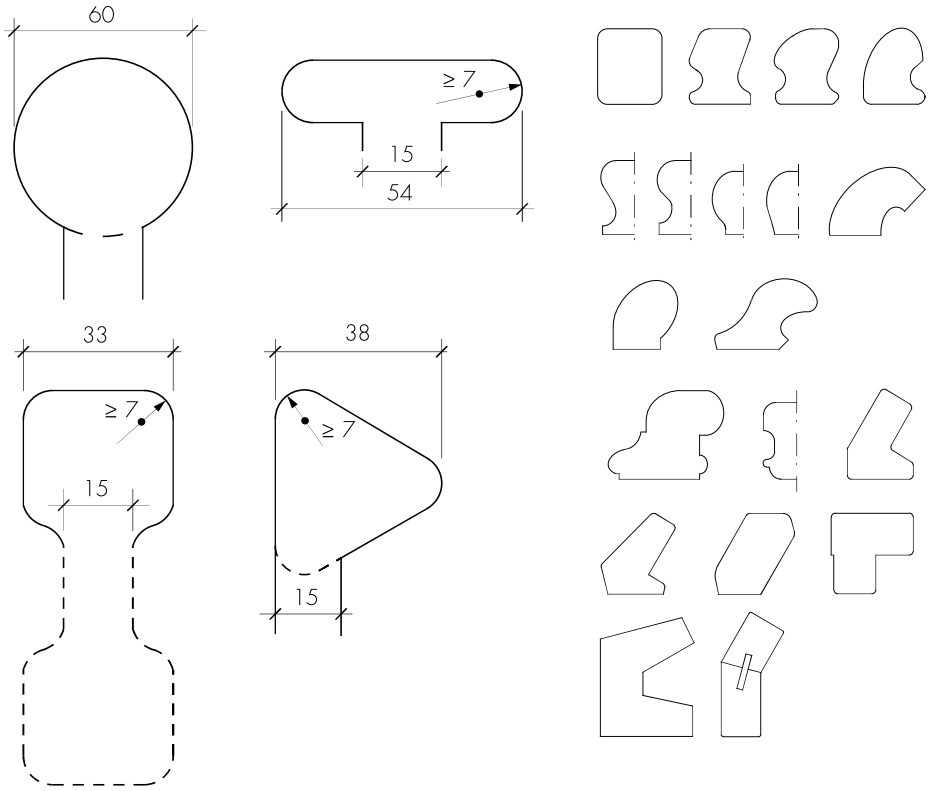
Pour empêcher le blocage des pieds, l'ouverture entre le limon et la lisse inférieure du garde-corps ne peut excéder 50 mm. La distance horizontale entre la partie la plus saillante de la volée d'escalier ou du palier et la lisse inférieure du garde-corps ne peut dépasser 50 mm (figure 29B).

En outre, l'espace libre entre le faux limon et le mur ne peut être supérieur à 50 mm.

Main courante

Une main courante offrant une bonne prise diminue le risque d'accidents dans l'escalier. Selon la norme NBN NEN 3509, la largeur de la main courante ne peut dépasser 60 mm, le rayon de courbure de sa surface ne pouvant être inférieur à 7 mm. La figure 30 illustre quelques modèles qui répondent à ces exigences.

Fig. 30 *Quelques profils de mains courantes.*



Rampe principale

La rampe principale est placée du côté du jour de l'escalier. Lorsqu'elle est fixée au mur, il y a lieu de ménager un espace d'au moins 40 mm entre la main courante et le parachèvement de la paroi, afin de permettre le passage libre de la main (figure 31). Pour la même raison, on laissera un espace suffisant dans les escaliers semi-tournants ou au droit d'un limon traînant.

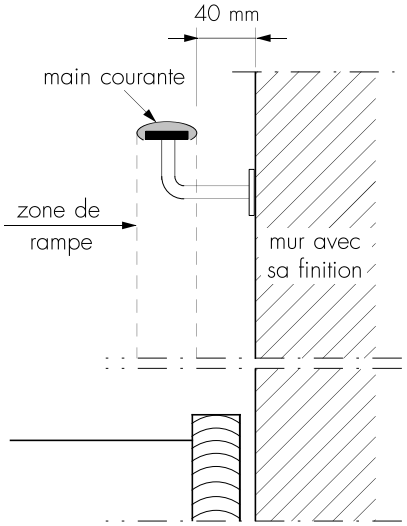


Fig. 31 *Emplacement de la main courante.*

Seconde rampe

Le RGPT et l'arrêté royal du 07/07/94 prévoient la pose d'une seconde rampe, notamment dans les escaliers d'une largeur supérieure à 1,2 m. Un escalier suspendu ou présentant un risque de chute de part et d'autre de l'ouvrage est toujours pourvu de deux rampes principales.

Dans les immeubles commerciaux, les escaliers de plus de 2,40 m de large sont en outre scindés en deux parties ou plus, par une ou plusieurs rampes, de telle façon que la largeur de chacune des parties ne dépasse pas 2,40 m, sans être inférieure à 0,8 m [32].

Une seconde rampe est parfois souhaitable en fonction du type d'utilisateurs (personnes âgées ou handicapées). Dans ce cas, elle est prévue dès le stade du projet.

Dans un escalier de moins de 5 marches, le garde-corps n'est pas réellement indispensable mais néanmoins conseillé.

Le cas échéant, on peut placer, du côté du mur, une rampe adaptée à la taille des enfants; il s'agit dans ce cas d'une rampe supplémentaire de hauteur moindre que les autres (par exemple, 0,6 m au-dessus du nez des marches).

2.4.2.10 EMMARCHEMENT OU LARGEUR LIBRE

Pour des raisons de sécurité en cas d'incendie, les escaliers qui font partie des voies d'évacuation du bâtiment doivent avoir une largeur minimum calculée en fonction de l'occupation de l'immeuble (cf. § 2.2.2, p. 27). Une largeur utile requise 'b_r' de 0,80 m est un minimum absolu.

L'emmarchement (ou largeur libre) nécessaire au passage d'une personne est de 0,55 à 0,6 m, de façon à ce que les rampes puissent être atteintes aisément, même en cas de chute. Si l'escalier est plus large, les utilisateurs auront tendance à s'éloigner des rampes.

Dans une habitation, la largeur de l'escalier est généralement de 0,8 à 1 m; elle peut être moindre pour un escalier peu fréquenté, comme celui menant à la cave ou au grenier. Les escaliers étroits présentent évidemment l'inconvénient de rendre malaisé le transport d'objets encombrants.

Lorsque l'escalier est conçu pour un grand nombre d'utilisateurs, il y a lieu d'augmenter l'emmarchement, de façon à permettre le passage simultané de plusieurs personnes : un emmarchement de 1,2 m permet le passage aisé de deux personnes à la fois (figure 32).

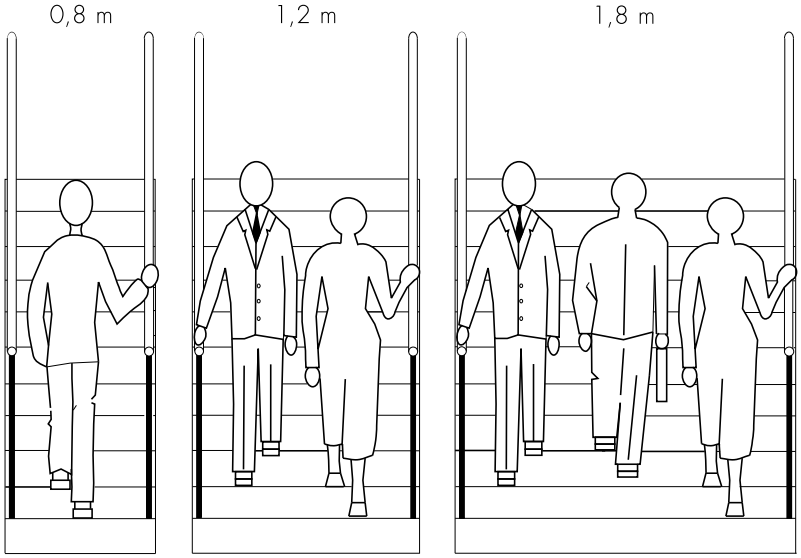


Fig. 32 *Emmarchement selon le nombre d'utilisateurs (d'après Neufert) [40].*

2.4.2.11 ECHAPPÉE

Pour éviter que les utilisateurs ne se heurtent aux éléments situés dans la partie supérieure de l'escalier, surtout lors de la descente, on prévoit une hauteur de passage minimale appelée *échappée*. Une descente aisée n'est possible que si le corps peut se mouvoir sans entrave au-dessus d'un plan déterminé par des lignes parallèles au nez des marches à une distance horizontale d'au moins 150 mm (figure 33). En principe, l'échappée doit être de l'ordre de 2,1 m au moins.

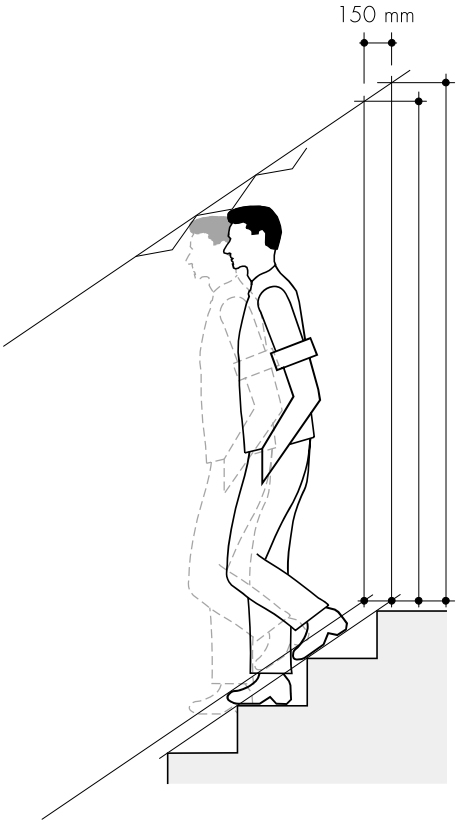


Fig. 33 *Descente aisée d'un escalier.*

2.4.2.12 PALIER

Pour pouvoir monter un escalier sans fatigue, on limite en général une volée à 17 marches au maximum [32]. Les escaliers comptant plus de 17 marches sont interrompus, selon le cas, par un ou plusieurs paliers. Les escaliers 'lents' (à faible pente), où les marches sont basses et profondes (comme dans les bâtiments publics, par exemple), peuvent comporter un plus grand nombre de marches par volée.

L'escalier classique possède de 15 à 17 marches pour une hauteur d'étage d'environ 2,70 m (d'un plancher à l'autre). Lorsque la hauteur entre étages est plus élevée, on prévoit habituellement un palier, dont l'emplacement dépendra de l'espace disponible (figure 34) et du nombre total de marches.

Dans l'escalier à paliers intermédiaires (figure 7E, p. 11), on prévoit en général toutes les 10 à 12 marches un palier dont la longueur correspond au minimum à 3 fois le giron ou, mieux encore, à 2 hauteurs de marche et 2 girons. De plus, chaque volée possède un nombre de marches identique, de préférence pair, de façon à alterner l'usage des deux pieds à chaque départ; le fait de démarrer systématiquement du même pied, après chaque palier, peut être source de fatigue et donc de danger lorsque l'escalier compte plusieurs volées.

Dans l'escalier à quartier tournant et palier de repos, la largeur du palier est égale à la largeur de l'escalier, augmentée de 100 à 250 mm. De plus, sa forme sera fonction de la position des marches et de la ligne de foulée (figure 35).

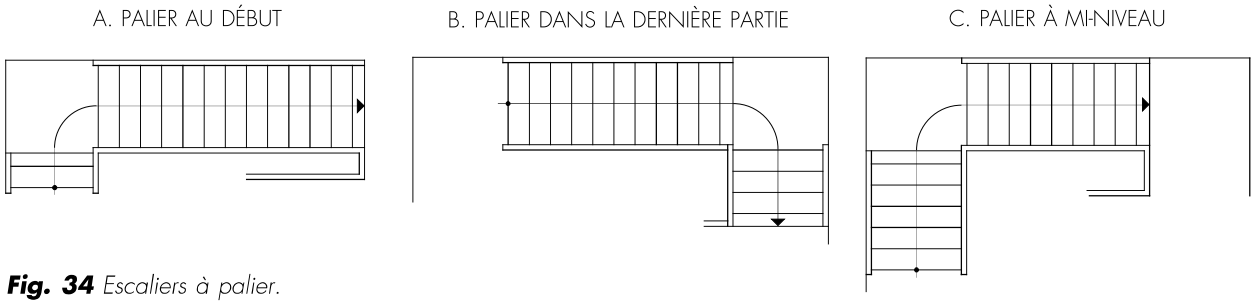
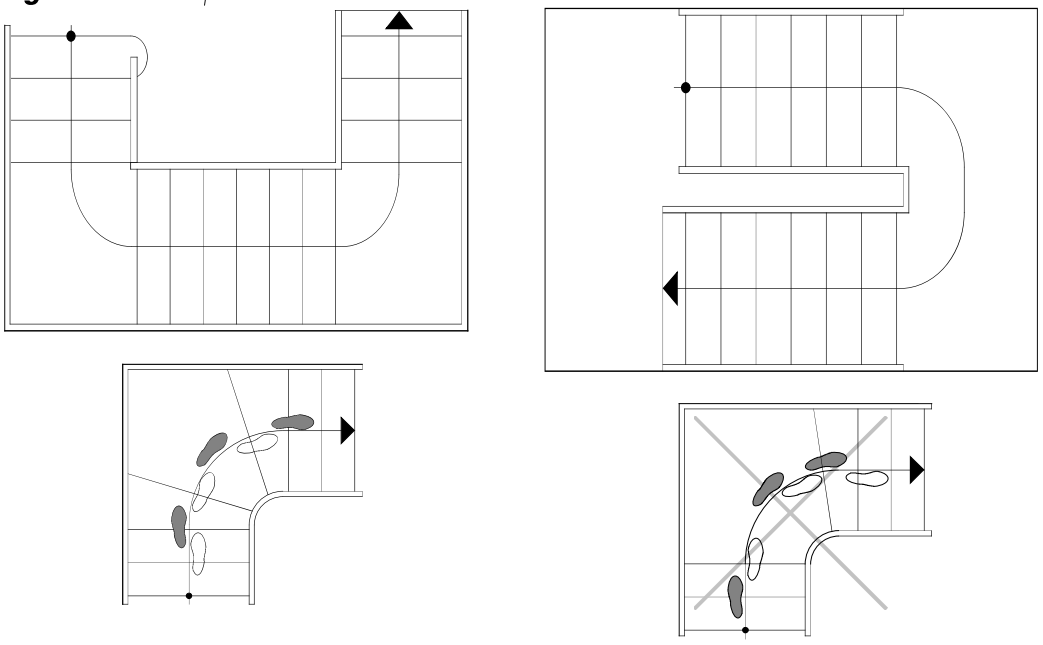


Fig. 34 *Escaliers à palier.*

Fig. 35 *Forme du palier.*



Selon le RGPT, la profondeur minimale d'un palier s'élève à 1 m, qu'il s'agisse d'un escalier à quartier tournant et palier de repos ou d'un escalier demi-tournant.

2.4.2.13 PARACHÈVEMENT DU PLAN DE MARCHE

Les marches cirées ou imprégnées d'huile présentent plus de risques de glissade que les surfaces vernies. En Allemagne, l'emploi d'huile ou de cire est interdit lorsqu'il s'agit de la dernière couche de finition [27]. L'escalier peut également être recouvert de tapis (chemin d'escalier) (voir aussi § 2.5.2.2, p. 45).

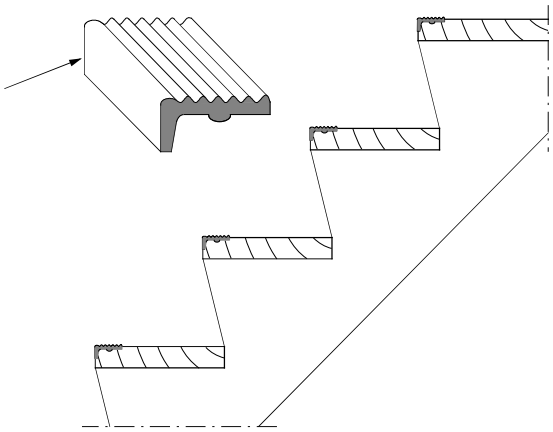


Fig. 36 *Nez de marches recouverts de baguettes antidérapantes.*

Dans les bâtiments publics, les nez de marche sont généralement pourvus de baguettes antidérapantes dont la teinte contraste avec celle des marches, ce qui les rend plus apparents et améliore donc la sécurité. Ces baguettes existent sous plusieurs formes et permettent différentes exécutions; elles sont fixées, dans la plupart des cas, dans les nez de marches (figure 36).

2.4.2.14 SYNTHÈSE

Les quelques recommandations reprises ci-après permettront de concevoir un escalier offrant une sécurité optimale :

◆ on veillera à ce que la cage d'escalier soit correctement éclairée

- on prévoira un giron suffisant; le balancement correct des marches permettra d'améliorer le confort de la marche
- toutes les marches auront en principe la même hauteur; dans le cas contraire, l'écart doit porter sur la marche de départ et ne peut être supérieur à 6 mm [1], sans toutefois dépasser 2 mm entre deux marches successives [32]
- chaque volée possède au maximum 17 marches [25]
- l'échappée doit être suffisante en tout point de l'escalier (valeur recommandée : 2,1 m)
- dans les bâtiments publics, on prescrit généralement l'usage de baguettes antidérapantes, dont la couleur diffère parfois de celle des marches et qui sont généralement fixées dans les nez de marches
- dans le cas de paliers intermédiaires dans un escalier droit, chaque volée possède un nombre de marches identique, de préférence pair, de façon à alterner l'usage des deux pieds à chaque départ. La longueur d'un palier intermédiaire correspond au moins à trois girons ou, mieux, à deux hauteurs de marches et deux girons
- en ce qui concerne la conception et la fixation des rampes et garde-corps, on se référera aux dispositions des STS 54, qui recommandent une hauteur minimum de 0,9 m. La hauteur minimale de la main courante par rapport au nez des marches s'élève à 0,75 m selon le RGPT.

2.5 PROTECTION CONTRE LE BRUIT

2.5.1 ENONCÉ DU PROBLÈME

Tant les utilisateurs du bâtiment que les occupants des maisons ou des appartements voisins peuvent être gênés par le bruit qu'entraîne la circulation dans un escalier. La nuisance sonore peut être due :

- au 'craquement' que l'ouvrage produit du fait du frottement des marches soit dans leur logement, soit sur les contremarches
- aux bruits de choc engendrés par la circulation sur une surface en bois et transmis au travers de l'ouvrage et de ses ancrages dans les murs et planchers contigus.

Certaines mesures constructives lors de la mise en œuvre de l'escalier permettent de réduire la gêne sonore, sans toutefois l'éliminer complètement. Nous en faisons état ci-après.

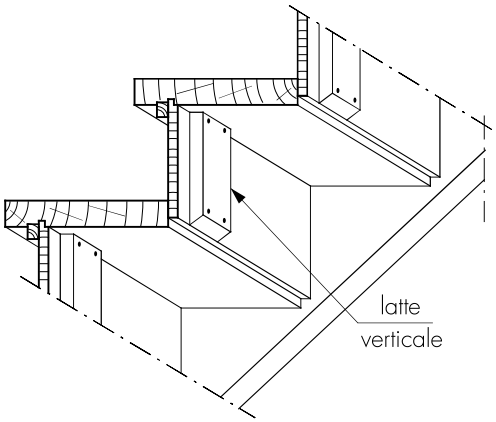
2.5.2 PRESCRIPTIONS

2.5.2.1 CRAQUEMENT DES MARCHES

On peut réduire autant que possible le craquement des marches dans les escaliers fermés en donnant une forme bombée au-dessus des contremarches et en emboîtant les marches ainsi que les contremarches à serrage. De même, on peut placer une ou deux lattes verticales (selon la largeur de l'escalier) à l'arrière des contremarches entre deux marches successives (figure 37). Toutefois, lorsque la sous-face de l'escalier doit rester visible, seul le recours à des lattes décoratives peut être envisagé.

Pour limiter le risque de dislocation des assemblages sous l'effet du retrait du bois, il importe que le taux d'humidité de ce dernier soit adapté au climat intérieur lors de sa mise en œuvre (voir § 3.1.3, p. 49). Pour éviter tout problème dû au retrait excessif du bois après la pose, on veillera à ce que les conditions hygrothermiques de l'ambiance intérieure ne subissent pas de fortes variations. Ainsi, il est déconseillé de placer des corps de chauffe à proximité immédiate d'un escalier en bois.

Fig. 37 *Placement de lattes verticales pour éviter le grincement des marches.*



Des hausses brusques de la température ou des variations importantes de l'humidité relative de l'air ambiant peuvent en effet donner lieu à un retrait et/ou un gonflement incontrôlables des éléments en bois, susceptibles de provoquer la dislocation des assemblages et donc de nuire à la stabilité de la structure, d'engendrer une ouverture inesthétique des joints et de produire des craquements.

Toutefois, même en adoptant les mesures précitées, il n'est souvent pas possible d'éviter totalement le grincement des marches. Si, nonobstant toutes les précautions, des craquements se produisent, ce phénomène ne peut en aucun cas être invoqué comme motif de refus lors de la réception de l'ouvrage.

2.5.2.2 BRUITS DE CHOC

Hormis le craquement des marches, les bruits de choc constituent souvent une source de gêne. Il convient de prendre des mesures pour limiter, à l'intérieur du bâtiment, les nuisances dues aux bruits de choc produits dans l'escalier, à leur transmission latérale et leur rayonnement vers les locaux des logements voisins (immeubles à appartements). Sont d'application en la matière les prescriptions des normes NBN S 01-400 et 401 [20, 21].

Pour empêcher la transmission des bruits de choc, il peut s'avérer nécessaire de recouvrir les marches d'un matériau souple ou d'un tapis ou chemin d'escalier. Cette solution présente en outre l'avantage de protéger les marches contre le salissement.

Pour le scellement des limons dans le mur, on utilise des colliers à rebord en PVC (figure 38, p. 46).

Pour fixer l'escalier au mur ou au plancher, l'usage d'un isolant acoustique (caoutchouc, feutre, ...) permet de créer une rupture dans la transmission des bruits de choc. Toutefois, de tels matériaux n'ont guère d'utilité sans le recours à des moyens de fixation spécifiques. En effet, le poinçonnement de l'isolant provoqué par les vis ou les boulons de fixation de l'escalier entraîne une perte partielle, voire totale des propriétés du matériau d'isolation.

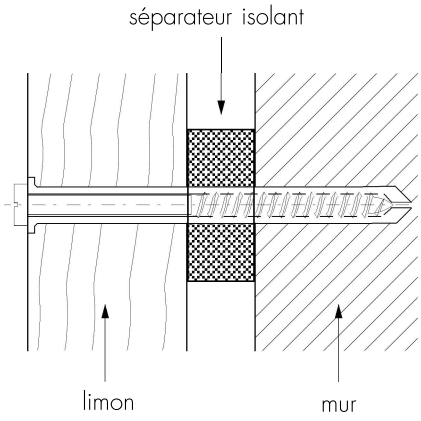


Fig. 38 *Fixation insonorisante pour escaliers en bois.*

2.5.2.3 RÉSONANCE

Lorsque la sous-face de l'escalier est munie d'un enduit ou d'un revêtement, on peut insérer un isolant acoustique (laine de verre ou de roche) entre la paroi et la finition, afin d'éviter un effet de résonance.

3 LES MATÉRIAUX

3.1 LE BOIS

3.1.1 ESPÈCES DE BOIS

Les espèces de bois utilisées pour la construction des escaliers doivent présenter les caractéristiques suivantes :

- résistance élevée à l'usure : l'usure est fonction de l'intensité du trafic auquel est soumis l'escalier. Pour assurer une usure uniforme des marches, on utilise un bois à structure homogène; ainsi, des espèces présentant une trop grande disparité entre bois de printemps et bois d'automne conviennent moins aux escaliers à circulation intense
- raideur et solidité : la raideur du bois s'exprime par son module d'élasticité E, tandis que sa solidité est fonction de sa masse volumique moyenne. Les espèces moyennement lourdes à lourdes se prêtent à la fabrication des escaliers; elles ont en outre une dureté superficielle relativement élevée, leur conférant une bonne résistance à l'usure et aux altérations de la surface par les rayures
- résistance à l'épaufrure : on arrondit généralement les nez des marches pour éviter les éclats de bois
- rétractibilité faible ou moyenne (humidité relative de l'air comprise entre 60 et 30 %)
- teinte et aspect esthétiques
- bonne aptitude à l'usinage, au collage (pour les éléments en lamellé-collé) et bonne aptitude à recevoir une finition (produit d'imprégnation teinté, vernis)
- disponibilité des pièces en dimensions raisonnables.

Le tableau 8 (p. 48) reprend les principaux bois pouvant être utilisés pour des escaliers.

En ce qui concerne la qualité du bois, on se conformera aux prescriptions des STS 04 [34].

Les panneaux de multiplex peuvent également servir à la réalisation des contremarches, et exceptionnellement des marches si le cahier spécial des charges le prescrit. Les contremarches des escaliers servant de voies d'évacuation en cas d'incendie dans les bâtiments élevés et moyens doivent être en bois massif.

3.1.2 CHOIX DES ÉLÉMENTS

L'assemblage des éléments en bois massif est réalisé de telle manière que le fil du bois soit orienté dans des directions différentes :

- perpendiculairement aux limons portants pour les marches et les contremarches
- suivant la pente de l'escalier pour les limons, les mains courantes et les courbes
- dans le sens vertical pour les balustres et les crosses.

Tableau 8 *Principaux bois pour escaliers (masse volumique moyenne pour un taux d'humidité du bois de 15 %).*

ESPÈCE	TEINTE	MASSE VOLUMIQUE MOYENNE (kg/m³)	MOUVEMENT DU BOIS (**) POUR UNE HR DE L'AIR ENTRE 60 ET 30 %	
			MOUVEMENT	(%)
Chêne d'Europe	claire	700	moyen	2,0
Erable d'Amérique		650	moyen	2,6
Frêne		700	moyen	2,2
Guatambu		800	moyen	2,3
Hêtre		700	moyen	2,4
Orégon/Douglas		550	moyen	2,1
Pin du Nord (*)		500	moyen	1,6
Pin sylvestre (*)		500	moyen	1,6
Southern (yellow) pine		540	moyen	1,7
Afrormosia (*)	marron	700	moyen	1,7
Iroko (kambala)		650	faible	1,1
Sucupira (*)		900	moyen	2,1
Tatajuba (*)		800	moyen	2,2
Yellow balau (bangkirai) (*)		950	élevé	2,9
Afzélia apa, bella, chanfuta, lingue, pachyloba (*)	acajou/ rouge	800	moyen	2,2
Afzélia doussié (*)		800	moyen	1,9
Merbau (*)		800	faible	1,3
Moabi		850	moyen	1,7
Red balau		800	moyen	2,7
Azobé (*)	foncée	1050	élevé	3,6
Panga-panga		850	moyen	2,3
Wengé		850	moyen	2,1

(*) Convient aux escaliers extérieurs; le pin du Nord et le pin sylvestre doivent toutefois être traités au préalable au moyen d'un procédé A3 (selon les STS 04). En pratique, le yellow balau et l'azobé ne conviennent que pour des escaliers extérieurs, étant donné qu'ils peuvent subir des mouvements importants dans une ambiance intérieure; même en usage externe, on conseille cependant de permettre un libre jeu entre les éléments réalisés avec ces espèces de bois.

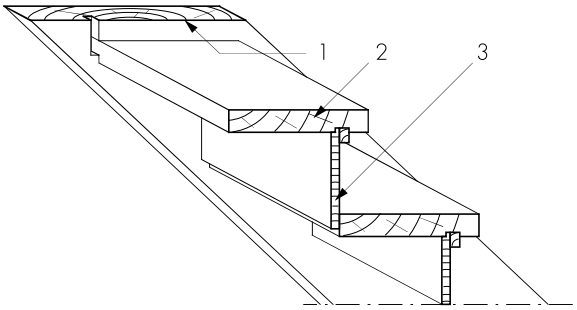
(**) Le mouvement des menuiseries intérieures est la somme des variations dimensionnelles du bois dans le sens radial et tangentiel, lorsqu'il est soumis à des fluctuations de l'humidité relative de l'air de 60 à 30 %. Ce mouvement est faible (< 1,5 %), moyen (≥ 1,5 % et ≤ 2,8 %) ou élevé (> 2,8 %).

Etant donné le "travail" du bois après sa pose, il convient de respecter certaines règles quant au choix des éléments de marches, de contremarches et de limons (figure 39).

Le mode de débitage des bois peut être différent de celui représenté à la figure 39, à condition que la stabilité dimensionnelle de chaque élément soit suffisante pour empêcher des déformations excessives dans une ambiance intérieure normale.

L'emploi de multiplex ou de bois lamellé-collé, lorsqu'il est autorisé, peut être envisagé pour réduire le risque de déformation des éléments.

Fig. 39 *Choix des pièces de bois pour la confection des marches, des contremarches et des limons.*
1. Face de cœur
2. Quartier ou faux-quartier
3. Quartier



3.1.3 TAUX D'HUMIDITÉ D'ÉQUILIBRE DU BOIS

Le taux d'humidité d'équilibre ultime du bois diffère selon que les locaux sont chauffés ou non (voir également § 4.3.1, p. 79) :
- ◆ locaux chauffés : 6 à 10 % (8 % en moyenne)
- ◆ locaux non chauffés : 8 à 12 % (10 % en moyenne).

Les mouvements du bois peuvent engendrer la dislocation de certains assemblages : les marches, par exemple, peuvent se déboîter du limon et les balustres se désolidariser du garde-corps, ce qui risque de compromettre la solidité de l'ouvrage et/ou de provoquer une ouverture inesthétique des joints. De plus, les parties disloquées peuvent produire une gêne acoustique due au grincement des marches. Il importe donc d'opter pour des espèces de bois dans lesquelles les mouvements sont faibles à moyens (cf. tableau 8).

3.1.4 PROTECTION DU BOIS

La nécessité de protéger le bois fait l'objet du § 2.1.2.4 (p. 22). Pour rappel, on aura recours uniquement à des produits et des procédés possédant un agrément technique.

3.2 MOYENS DE FIXATION

3.2.1 COLLES À BOIS

Le choix du type de colle et son application sur les différentes parties de l'escalier se feront compte tenu des directives suivantes :
- ◆ pour la structure portante (éléments en bois résineux lamellé-collé) : les planches et les assemblages à entures sont toujours fixés au moyen de colles de type 1 (selon la norme EN 301) [16], comme les colles à base de résorcine ou les colles MUF, spécialement conçues pour un usage structurel (pouvoir adhésif et pouvoir de colmatage élevés)
- ◆ pour l'assemblage de certains éléments de l'escalier, on utilise des colles de type 2 (norme EN 301), comme les colles de polyuréthanne ou les colles en dispersion (colle PVAC ou colle blanche).

La mise en œuvre de la colle s'opérera toujours en respectant les instructions du fabricant. Toutefois, il nous paraît important d'énumérer quelques règles de portée générale :
- ◆ la température qui règne dans l'atelier se situe aux alentours de 18 °C
- ◆ les éléments seront encollés à la température ambiante (environ 18 °C) et présenteront

un taux d'humidité de 8 à 15 %

- l'encollage des surfaces se fera aussi rapidement que possible après le rabotage des éléments
- l'encollage s'opère sur une seule des surfaces à assembler ou sur les deux, selon les instructions du fabricant
- le temps de séchage dépend du type de colle utilisé et est d'au moins 24 heures.

3.2.2 FIXATIONS MÉTALLIQUES

Les moyens de fixation métalliques couramment utilisés pour la réalisation des escaliers sont illustrés à la figure 40.

Fig. 40
Fixations métalliques.

3.3 AUTRES MATÉRIAUX

D'autres matériaux peuvent être combinés au bois et entrer dans la réalisation des escaliers. Dans ce cas également, il y a toujours lieu de veiller à ce que l'ouvrage soit apte à reprendre les sollicitations prévues et en particulier à ce que les divers éléments de l'escalier soient correctement fixés au moyen de dispositifs appropriés (par exemple, marches en bois sur limons en béton, balustres métalliques sur limons en bois, etc.).

En ce qui concerne la description des matériaux et les exigences posées aux métaux, aux matières plastiques et au verre mis en œuvre dans les garde-corps d'escaliers, on se conformera aux prescriptions suivantes :

- pour le *béton*, d'usage courant dans la structure portante des escaliers (escalier en béton, limon central en béton), on consultera les normes de la série NBN B 15 [19]
- pour les *métaux* : l'emploi de l'acier, de l'aluminium et du bronze est assez fréquent dans la réalisation des balustres; en revanche, en ce qui concerne la structure portante de l'escalier (limons, ancrages), le recours à l'acier doit toujours faire l'objet d'une