

Circulation des personnes

Escaliers mécaniques et trottoirs roulants

par **Jean-Pierre MÉNARD**

Ingénieur du Conservatoire National des Arts et Métiers

Société Otis, direction marketing, chef de projet

Membre de groupes de travail du Comité Européen de Normalisation

1. Réglementation	C 3 726v2 — 2
1.1 Marquage CE.....	— 2
1.2 Mise en service	— 2
2. Définitions.....	— 2
3. Constitution.....	— 2
4. Caractéristiques	— 4
4.1 Encombrement	— 4
4.2 Poids des appareils.....	— 5
4.3 Vitesse nominale	— 5
4.4 Équipement de la machinerie.....	— 5
4.5 Puissance installée	— 5
5. Capacité théorique de transport	— 5
6. Installation	— 6
6.1 Transport	— 6
6.2 Mise sur appuis.....	— 6
6.3 Appuis intermédiaires	— 6
6.4 Dispositifs de sécurité	— 6
6.5 Dispositions.....	— 7
6.6 Installations extérieures.....	— 7
Pour en savoir plus.....	Doc. C 3 726v2

Les solutions données dans ce dossier décrivent l'état de l'art. Elles sont issues des normes harmonisées dont le respect vaut présomption de conformité aux exigences essentielles de sécurité et de santé des directives applicables. D'autres solutions sont possibles dans le cadre de l'application des directives.

1. Réglementation

La directive 89/392 CE du 14/06/89 (directive machines) est applicable aux escaliers mécaniques et trottoirs roulants. La directive 98/37/CE codifie la directive 89/392 CE, modifiée à plusieurs reprises.

Afin de mettre leurs machines sur le marché, les fabricants sont tenus de respecter les exigences essentielles de santé et de sécurité, d'appliquer les procédures d'évaluation de la conformité décrite à l'article 8 de la directive et enfin d'appliquer le marquage CE.

1.1 Marquage CE

Le marquage CE apposé est la preuve de conformité de l'escalier mécanique ou du trottoir roulant. Ce marquage signifie que la conception de l'appareil, son installation et son environnement répondent aux exigences essentielles de sécurité et de santé des directives européennes applicables :

- directive machines ;
- directive compatibilité électromagnétique.

Ce marquage a lieu lors de la mise sur le marché. Il est de la responsabilité de l'installateur et non du constructeur du produit.

La mise sur le marché de l'escalier mécanique ou du trottoir roulant intervient lorsque l'installateur met pour la première fois l'escalier mécanique ou le trottoir roulant à la disposition de l'acheteur.

1.2 Mise en service

La mise en service intervient lors de la première utilisation de l'escalier mécanique ou du trottoir roulant par l'utilisateur final. Elle est de la responsabilité de l'acheteur. La mise en service ne peut avoir lieu sans marquage CE.

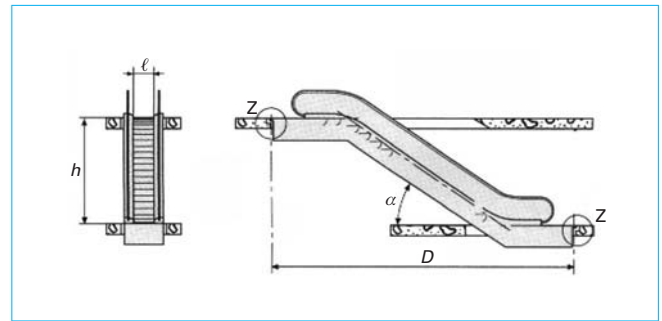


Figure 1 – Escalier mécanique

2. Définitions

■ Escalier mécanique (figure 1)

Installation entraînée mécaniquement, comportant une suite de marches sans fin, destinée au transport des personnes dans une direction montante ou descendante.

■ Trottoir roulant (figures 2 et 3)

Installation entraînée mécaniquement, comportant une bande sans fin exempte de marche (par exemple, plateaux, bandes), destinée au transport des personnes sur un même niveau de circulation ou entre des niveaux différents.

3. Constitution

■ Structure porteuse

Destinée à recevoir l'ensemble des éléments constituant l'escalier ou le trottoir, elle est formée par une poutre métallique porteuse, habillée sur trois faces et comportant, en partie supérieure, les marches, plateaux ou bande (figure 4).

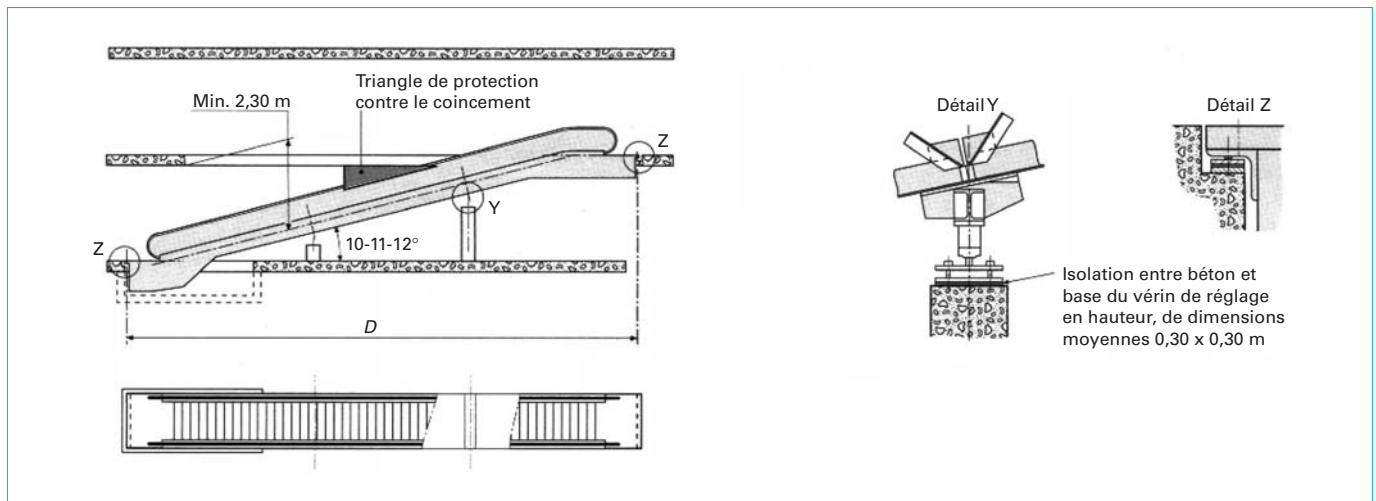


Figure 2 – Trottoir roulant à plateaux

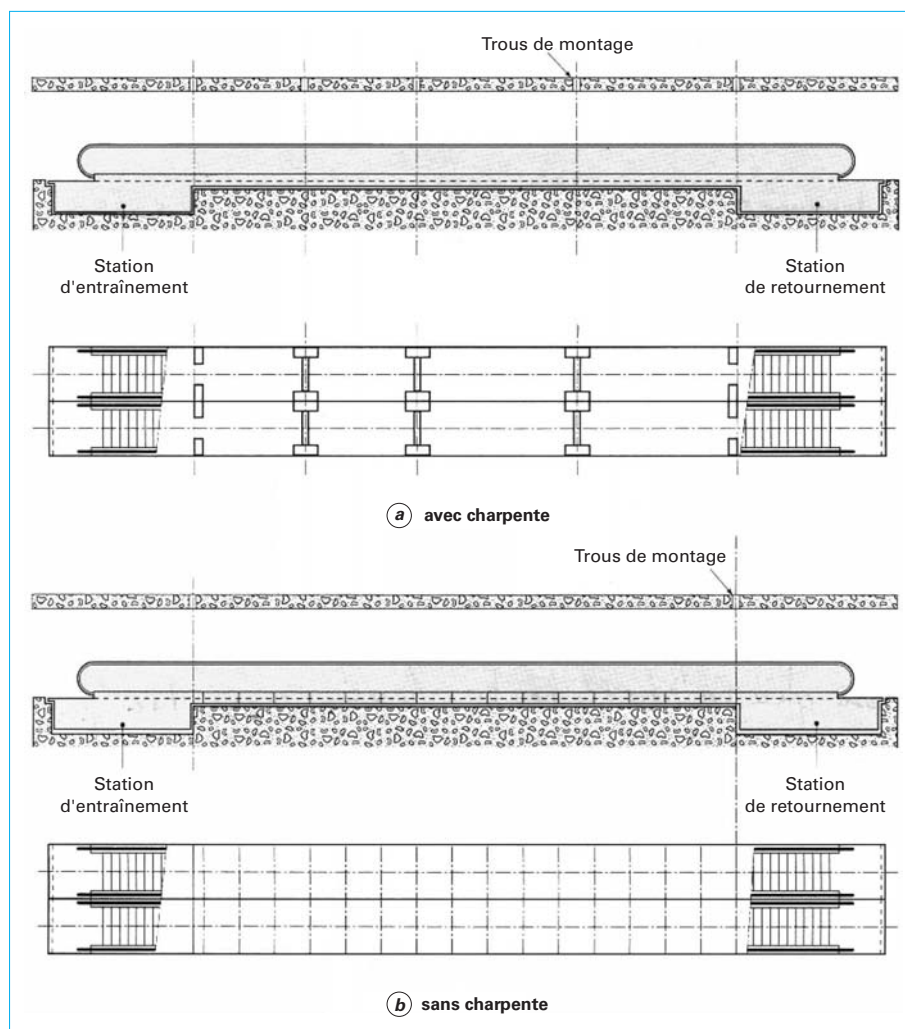


Figure 3 – Trottoir roulant à bande

Des caissons prévus à chaque extrémité reçoivent les stations d'entraînement et de retournement des marches, plateaux ou bande (figure 3).

Pour les trottoirs roulants horizontaux, cette structure métallique peut être remplacée par du béton.

■ Balustrades

Situées de part et d'autre des marches, plateaux ou bande, elles forment les garde-corps.

Elles sont constituées par (figure 5) :

- une plinthe verticale en partie basse ;
- un couvre-joint intérieur reliant la plinthe aux panneaux intérieurs ;
- les déflecteurs de plinthe comprenant une partie rigide et une partie flexible ;
- les panneaux intérieurs inclinés ou verticaux ;
- le dessus de balustrade destiné à recevoir la main courante ;
- les panneaux extérieurs enfermant l'escalier ou le trottoir ;
- les crosses situées à chaque extrémité pour permettre le retournement de la main courante.

Les balustrades peuvent être réalisées en tôle d'acier ou en verre de sécurité à couche unique, avec ou sans éclairage.

■ Mains courantes

Ce sont des éléments mobiles destinés à servir de prise aux usagers (figure 5).

Elles sont situées au-dessus des balustrades et se déplacent dans le même sens et à la même vitesse que les marches, plateaux ou bande avec une tolérance + 0, + 2 %.

Dans le cas de balustrades en verre, les mains courantes peuvent être disposées soit symétriquement sur la plaque de verre, soit déportées vers l'extérieur.

■ Marches, plateaux, bande

Ces éléments, ainsi que les contremarches, doivent être rainurés dans le sens de la marche afin de s'engrener entre eux et avec les peignes.

Les dimensions des rainures et des nervures ainsi que celles des engrenements sont fixées par la norme NF EN 115.

■ Peignes

Éléments qui, aux entrées et sorties, s'engrènent avec les marches, plateaux ou bande pour faciliter la transition des usagers.

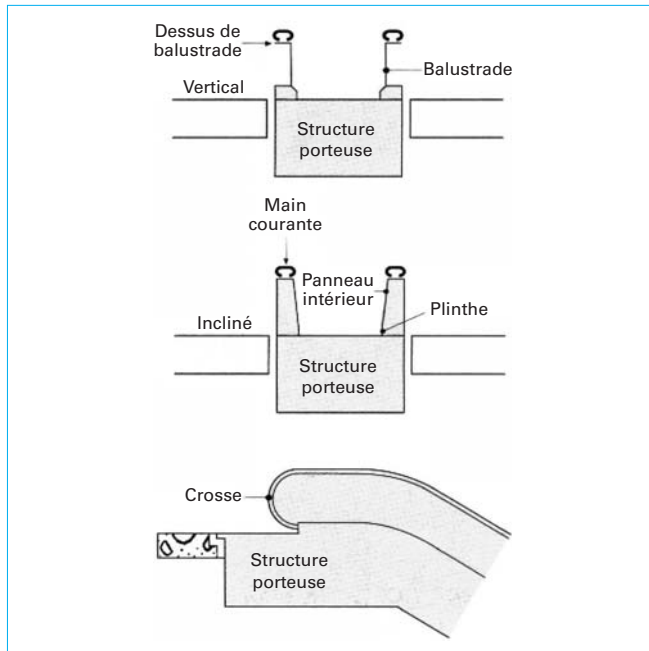


Figure 4 – Structure porteuse

■ Locaux de machine

Ils comportent soit le matériel destiné à l'entraînement des parties mobiles, soit celui destiné au retournement de ces parties.

Dans le cas d'une structure béton, ces locaux sont situés dans des décaissés de maçonnerie.

■ Entraînement

Les marches et plateaux doivent être entraînés par deux chaînes à mailles d'acier placées de chaque côté des marches ou plateaux.

Si le parallélisme des plateaux est assuré mécaniquement dans leur partie utilisable, leur entraînement peut n'être réalisé que par une chaîne à maille en acier.

La bande est entraînée par des tambours et tendue de façon automatique et permanente.

4. Caractéristiques

4.1 Encombrement

On se reportera à la figure 1.

■ Angle d'inclinaison α

C'est l'angle maximal, par rapport à l'horizontale, suivant lequel les marches, plateaux ou bande se déplacent.

Pour les escaliers mécaniques, il ne doit pas dépasser 30°. Toutefois, pour des dénivellations inférieures ou égales à 6 m et si la vitesse ne dépasse pas 0,50 m/s, l'angle d'inclinaison peut être porté à 35°.

Pour les trottoirs roulants, il ne doit pas dépasser 12°. Les constructeurs proposent des inclinaisons standards de 10, 11 et 12° pour les installations avec plateaux et de 0 à 6° pour les appareils à bande.

■ Largeur ℓ

Les largeurs standards utilisées sont de :

- 0,60, 0,80 et 1,00 m pour les marches d'escalier ;
- 0,80 et 1,00 m pour les plateaux de trottoirs ;
- 0,80 et 1,00 m pour les bandes.

■ Course verticale h

C'est la distance verticale (dénivellation) séparant les deux paliers à desservir.

Pour les escaliers mécaniques, elle est de 3,00 à 6,00 m. Elle peut atteindre 32 m avec une inclinaison de 30° pour des installations particulières.

Pour les trottoirs roulants inclinés de 10 à 12°, elle s'échelonne de 2,00 à 6,00 m et peut atteindre une inclinaison de 11°.

■ Longueur de transport

Ce critère n'est pas retenu pour les escaliers et trottoirs de 10 à 12° d'inclinaison, pour lesquels la dénivellation est le critère de base. Il est retenu pour les trottoirs inclinés de 0 à 6°, dont la longueur de transport peut atteindre 150 m pour un appareil d'inclinaison nulle.

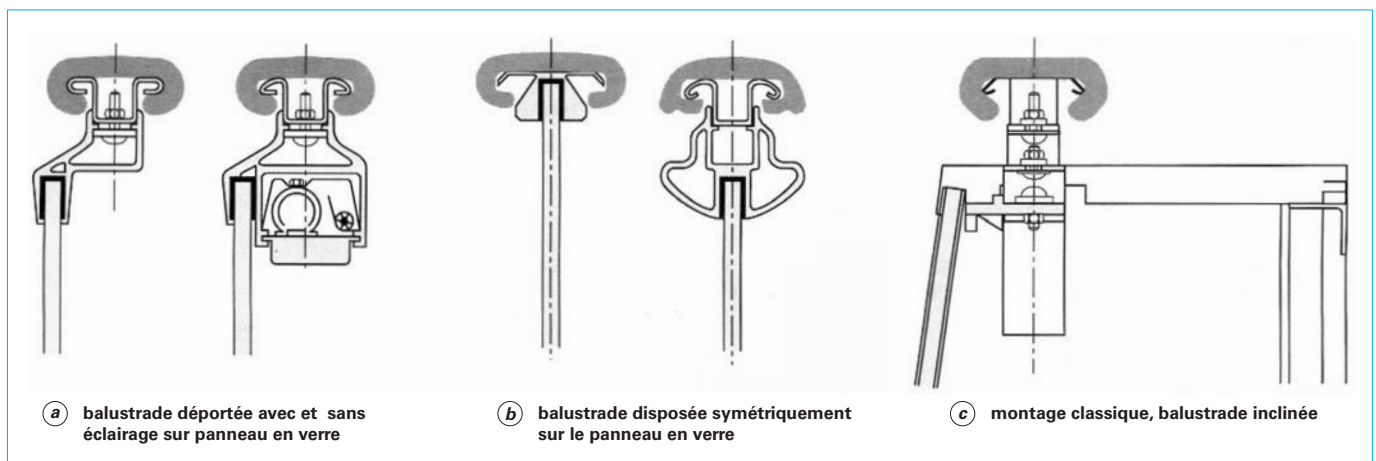


Figure 5 – Balustrades et mains courantes

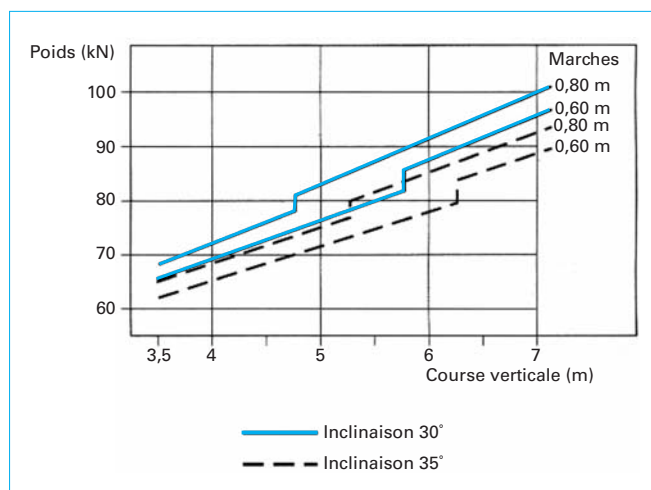


Figure 6 – Exemple de poids d'escaliers mécaniques

4.2 Poids des appareils

Il est directement proportionnel à :

- la course verticale ;
- l'angle d'inclinaison ;
- la largeur des marches, plateaux ou bande.

Il croît avec la course verticale, la largeur des marches et lorsque l'angle d'inclinaison décroît.

Les courbes de la figure 6 donnent le poids d'un type d'escalier mécanique en fonction de la course verticale et selon l'angle d'inclinaison (30 et 35°) et la largeur des marches (0,60 et 0,80 m).

Ces courbes sont linéaires et présentent une cassure due au poids supplémentaire entraîné par le renforcement de la structure porteuse nécessaire pour le maintien de la flèche, à pleine charge, dans les limites autorisées : moins de 1/750 de la distance entre appuis, valeur portée à 1/1 000 pour les appareils destinés au service public.

4.3 Vitesse nominale

C'est la vitesse de translation déterminée par le fabricant, en fonctionnement sans charge, dans la direction du mouvement des marches, plateaux ou bande et pour laquelle l'escalier ou le trottoir a été conçu et doit fonctionner. Les constructeurs proposent en général des vitesses de :

- 0,50 et 0,65 m/s pour les escaliers et trottoirs à plateaux ;
- 0,50, 0,65 et 0,75 m/s pour les trottoirs à bande.

4.4 Équipement de la machinerie

Le local de machinerie, ou station d'entraînement, contient les principaux organes d'actionnement : un groupe motoréducteur et une armoire de manœuvre.

L'alimentation de ces organes est réalisée à partir du réseau triphasé 380/220 V \pm 5 % et de fréquence 50 Hz.

Ces tension et fréquence sont adaptables aux autres normes des réseaux nationaux.

■ Moteur

De type asynchrone à 4 ou 6 pôles, il comporte le plus souvent un démarrage étoile-triangle.

Une alimentation à variation de fréquence peut être utilisée pour réduire la consommation d'énergie en cas de fonctionnement à vide ou avec peu d'utilisateurs sur l'appareil.

Un système de comptage permet d'évaluer la charge à transporter, et la vitesse de déplacement est automatiquement réduite durant les heures creuses.

■ Réducteur

Disposé en général verticalement pour réduire les encombrements, il comporte un carter en fonte renfermant le couple de réduction roue et vis sans fin.

L'arbre lent est équipé des pignons dentés d'entraînement des chaînes de marche et du dispositif à friction d'entraînement des mains courantes.

Certains constructeurs proposent encore des réducteurs à engrenages. Ils sont à proscrire, même pour des installations extérieures, à cause du niveau des bruits émis.

4.5 Puissance installée

La puissance nécessaire dépend des mêmes critères que ceux déterminant le poids, auxquels il y a lieu d'ajouter ceux de vitesse de déplacement et de rendement général de l'installation.

Pour limiter le nombre de types de moteur, les constructeurs ont standardisé des puissances afin de permettre l'utilisation du même moteur pour une gamme d'appareils.

Exemple : dans le cas d'un escalier mécanique incliné à 30°, nous trouvons les puissances suivantes pour une vitesse de 0,50 m/s :

- moteur de 5,8 kW :
 - marches de 0,60 m et dénivelée jusqu'à 6,50 m inclus,
 - marches de 0,80 m et dénivelée jusqu'à 4,80 m inclus,
 - marches de 1,00 m et dénivelée jusqu'à 3,70 m inclus ;
- moteur de 8 kW :
 - marches de 0,80 m et dénivelée de 4,81 à 6,50 m inclus,
 - marches de 1,00 m et dénivelée de 3,71 à 5,20 m inclus ;
- moteur de 11 kW :
 - marches de 1,00 m et dénivelée de 5,21 à 6,50 m inclus.

Les courses verticales ont été limitées entre 3,00 et 6,50 m, ce qui englobe la majorité des appareils de ce type.

5. Capacité théorique de transport

C'est le nombre de personnes pouvant théoriquement être transportées en une heure.

Pour déterminer cette capacité, on considère que, sur une profondeur de marche de 0,40 m ou sur une longueur visible de plateau ou de bande de 0,40 m, il y a :

- 1 personne pour une largeur de 0,60 m ;
- 1,5 personne pour une largeur de 0,80 m ;
- 2 personnes pour une largeur de 1,00 m.

Selon la vitesse v , exprimée en m/s, la capacité théorique C , est donnée par la formule :

$$C = \frac{v \times 3\,600 \times k}{0,4}$$

avec k égal au nombre de personnes par profondeur de marche de 0,40 m.

Le tableau 1 donne les capacités théoriques en fonction de la vitesse et des largeurs de marche, plateau ou bande.

Tableau 1 – Capacité théorique de transport (en personnes/heure)			
Largeur de marche, plateau ou bande	Vitesse (en m/s)		
	0,50	0,65	0,75
0,60 m	4 500	5 850	6 750
0,80 m	6 750	8 775	10 125
1,00 m	9 000	11 700	13 500

Toutefois, la capacité effective de transport ne représente que 80 % de la capacité théorique.

De plus, l’augmentation de vitesse n’entraîne pas forcément une augmentation proportionnelle de la capacité effective, car plus la vitesse est grande, plus les usagers hésitent à emprunter ce moyen de transport. Ainsi, la capacité effective peut descendre à 70 % de la capacité théorique pour des vitesses de 0,75 m/s.

6. Installation

Les différentes phases nécessitées par la mise en place puis la mise en service sont normalement à la charge de l’installateur.

6.1 Transport

L’amenée à pied d’œuvre des appareillages est réalisée par camionnage et nécessite une grue de déchargement.

Ils sont transportés horizontalement et de préférence en une partie après montage et essais en usine.

Les encombrements à prendre en compte (L et H) sont donnés sur la figure 7.

Selon les difficultés d’introduction dans l’immeuble, le transport peut être réalisé en deux ou trois parties pour les appareils de grande longueur.

Les trottoirs roulants à bande de très grande longueur sont livrés en éléments de 6,00 m.

6.2 Mise sur appuis

Les appareils sont amenés sur des « roues » aux emplacements prévus. Il y a lieu de prévoir une réservation dans le plafond, au-dessus de l’appui supérieur, pour installer un engin de levage nécessaire à la mise sur appuis.

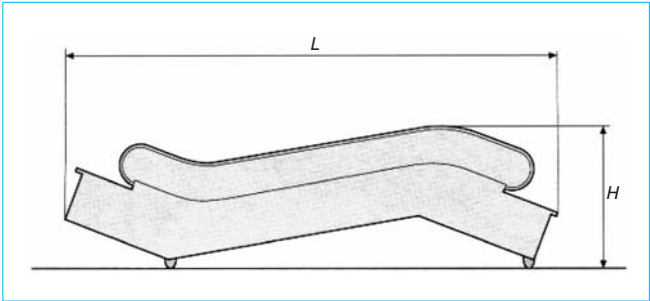


Figure 7 – Dimensions de transport d’un escalier mécanique

Une isolation est à placer entre les appuis et la structure porteuse pour éviter la transmission de vibrations au bâtiment (figure 2, détail Z).

6.3 Appuis intermédiaires

La flèche maximale de l’ensemble, calculée ou mesurée, doit être inférieure ou égale au $1/750^{\circ}$ de la distance entre appuis.

Cette flèche est déterminée en considérant une charge d’exploitation de $5\,000\text{ N/m}^2$, la surface de charge étant égale à la largeur nominale multipliée par la distance entre appuis.

Si la flèche est supérieure à cette valeur, il faut installer un ou plusieurs appuis intermédiaires. Une isolation est également à interposer entre l’appui intermédiaire et l’appareil (figure 2, détail Y).

Les isolations aux points d’appui sont réalisées sur toute la largeur de l’escalier ou du trottoir, avec une largeur propre de 0,10 m en moyenne.

Les isolations sont réalisées au moyen d’une feuille de caoutchouc synthétique antivibrations, d’épaisseur variable selon la charge à chaque appui et collée entre deux plaques d’acier de 10 mm d’épaisseur.

À titre indicatif, la flèche étant fonction de la structure porteuse, le tableau 2 indique la distance entre appuis D au-delà de laquelle il faut un appui intermédiaire.

Tableau 2 – Distances au-delà de laquelle un appui intermédiaire est nécessaire			
	Largeur utile		
	0,60 m	0,80 m	1,00 m
Escalier mécanique 30°	$D > 18,9\text{ m}$	$D > 17,2\text{ m}$	$D > 16,0\text{ m}$
Escalier mécanique 35°	$D > 18,5\text{ m}$	$D > 16,9\text{ m}$	$D > 15,7\text{ m}$
Trottoir roulant 12°		$D > 16,3\text{ m}$	$D > 15,0\text{ m}$

6.4 Dispositifs de sécurité

Lors de l’installation de ces appareils, les mesures de sécurité, prescrites par la norme, sont :

- l’espace libre minimal vers le haut, entre le nez de marche ou plateau et le plafond supérieur doit être supérieur ou égal à 2,30 m (figure 8) ;

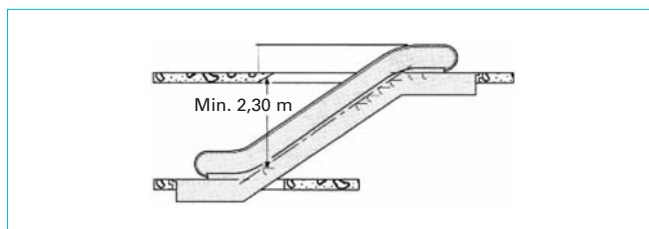


Figure 8 – Espace libre sous plafond

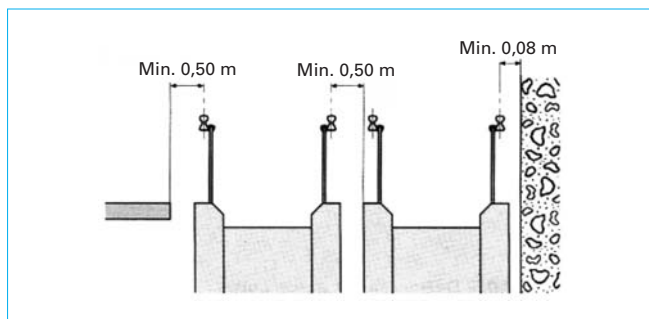


Figure 9 – Jeux latéraux

— les jeux latéraux entre les axes des mains courantes et les planchers doivent être au minimum de 0,50 m. Si l'escalier est en parallèle à un mur toute hauteur, ce jeu peut être réduit à 0,08 m (figure 9) ;

— des triangles de protection d'une hauteur minimale de 0,30 m doivent être installés au passage sous le plancher (figure 2) ou lorsque la distance entre l'axe de la main courante et un obstacle est inférieure à 0,50 m ;

— des déflecteurs ou garde-corps sont à installer aux entrées et sorties pour éviter l'accès latéral (figure 10) ;

— des éclairages d'au moins 50 lux doivent être installés à l'entrée et à la sortie (au moins 15 lux pour les escaliers ou trottoirs situés en extérieur) ;

— des surfaces de dégagement sont à prévoir à chaque extrémité (largeur de l'entre axes des balustrades sur une profondeur de 2,50 m) ;

— pour les trottoirs roulants destinés au transport des chariots, des mesures particulières seront adoptées d'un commun accord entre le constructeur de l'escalier mécanique ou du trottoir roulant, le fabricant du moyen de transport et le client.

6.5 Dispositions

Selon l'usage qu'il est fait de ce type d'appareil, les dispositions suivantes peuvent être adoptées :

— appareils fonctionnant dans une seule direction en série ou interrompus (figure 11) ;

— appareils fonctionnant dans deux directions en ciseaux ou parallèle (figure 12) ;

— dans certains cas particuliers (par exemple : passage d'obstacles transversaux), les trottoirs à bande peuvent présenter des combinaisons de parties horizontales et inclinées (figure 13).

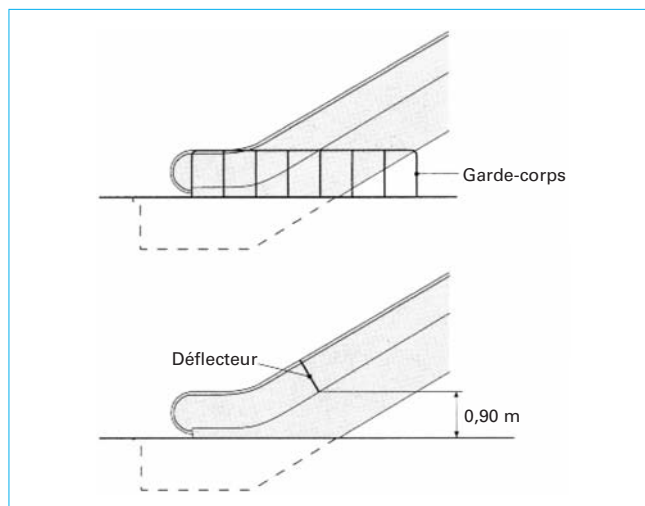


Figure 10 – Déflecteur et garde-corps

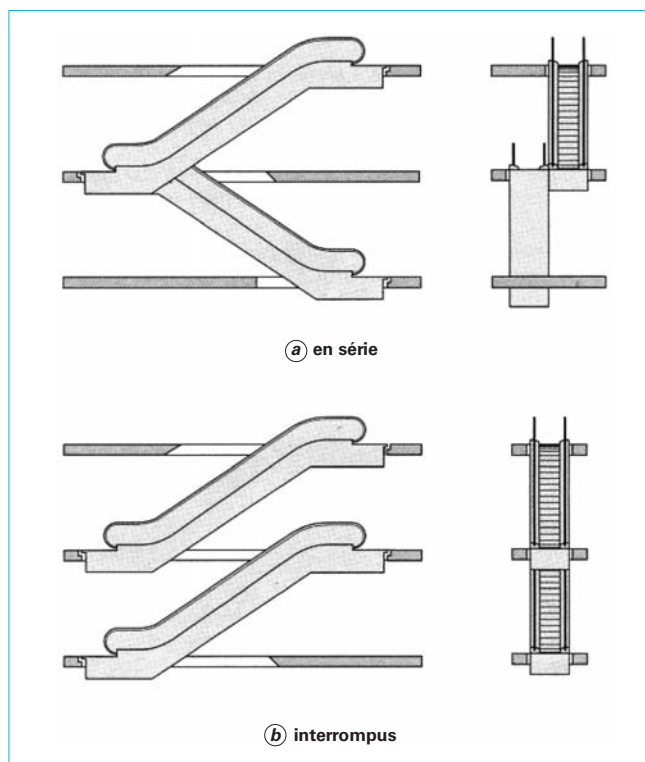


Figure 11 – Escaliers fonctionnant dans une seule direction

6.6 Installations extérieures

Lorsque de tels appareils fonctionnent à l'extérieur, il est nécessaire de prévoir un matériel étanche et le chauffage électrique des parties mobiles.

Une protection au moyen d'un auvent, par exemple, est toutefois souhaitable pour le confort des usagers.

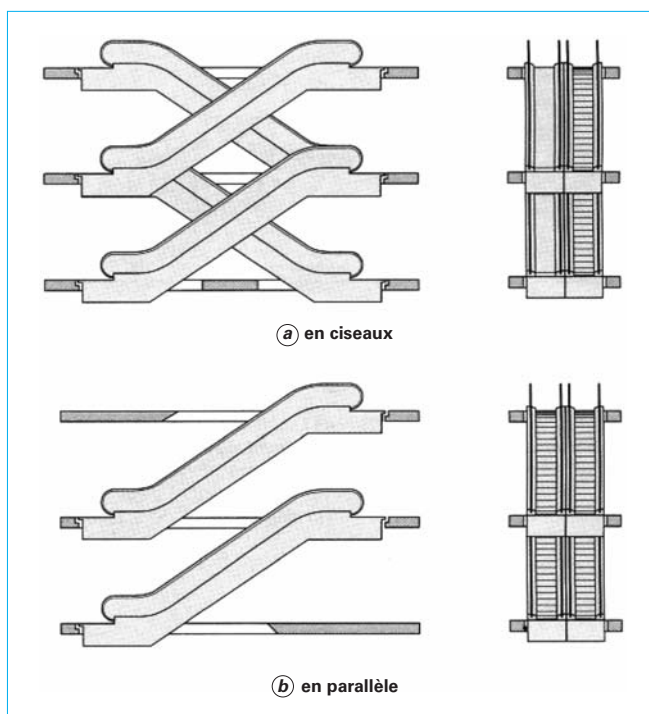


Figure 12 – Escaliers fonctionnant dans deux directions

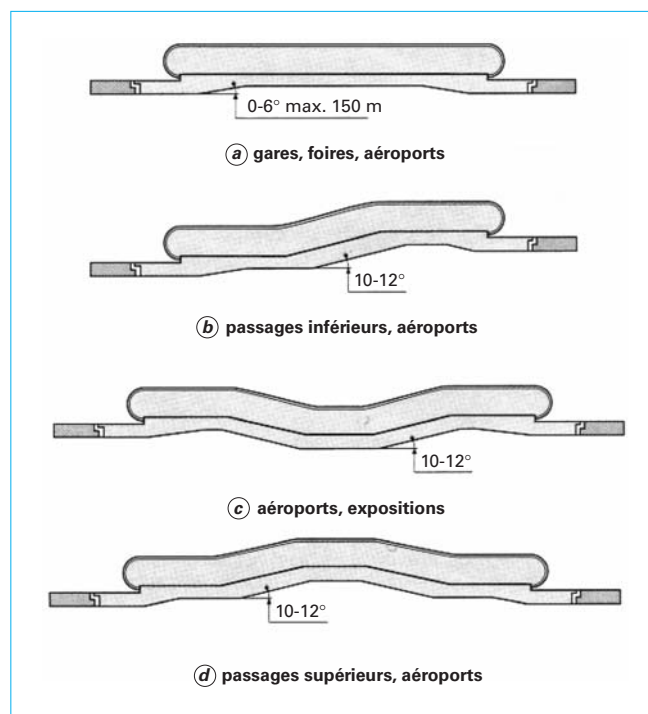


Figure 13 – Cas particuliers