

COMMENT FAIRE DES GARDE-CORPS

Co-éditeurs :



6/14 rue La Pérouse
75784 Paris Cedex 16
Tél. : 01 40 69 53 05
Fax : 01 47 23 54 16
www.sebtp.com

METAL SERVICES

10, rue du Débarcadère
75852 PARIS Cedex 17
Tél. : 01 40 55 13 00
Fax : 01 40 55 13 01

UNION DES MÉTALLIERS

PROGRAMME RECHERCHE DÉVELOPPEMENT MÉTIER

Bien que cet ouvrage ait été établi avec un maximum de soin, nous attirons l'attention du lecteur sur le fait que nous ne saurions être responsables d'éventuelles erreurs que ces informations pourraient receler, ni des dommages que leur emploi inapproprié pourrait entraîner.

Ce document ne remplace en aucune manière les textes normatifs et réglementaires. Il doit être utilisé dans tous les cas comme une aide en support aux normes et textes réglementaires en vigueur et non comme un document s'y substituant.

Reproduction (texte et illustrations) autorisée sous réserve de l'accord de l'Union des Métalliers et de la mention d'origine « Comment faire des garde-corps ? » / FFB Métallerie.

LE MOT DU PRÉSIDENT

La réalisation et la mise en œuvre de garde-corps fait partie du quotidien des Métalliers. Il est donc nécessaire que les professionnels prennent en compte les nouveaux textes ou les modifications apportées aux textes existants afin d'être en mesure de toujours proposer des ouvrages répondant aux règles de l'art.

Depuis la publication du premier guide « comment faire des garde-corps ? » en 2001, de nombreuses évolutions ont eu lieu : de la réglementation « accessibilité des bâtiments », à la mise en place des Eurocodes, en passant par une nouvelle norme sur les garde-corps industriels, une mise à jour du document initial était indispensable.

Plus qu'une mise à jour, c'est un tout nouveau guide qu'a réalisé le groupe « conception et dimensionnement des ouvrages » de la Commission Technique, présidée par René COURBET. Fruit d'un travail de plus d'un an, ce document intègre en effet de nombreux aspects qui n'étaient pas traités dans la première édition : les garde-corps industriels ont notamment une place à part entière dans ce nouvel ouvrage.

Ce guide est donc un allié précieux du Métallier. Il y trouvera toutes les informations nécessaires lui permettant de s'assurer de la conformité de ses ouvrages, tant sur les dispositions géométriques que sur le dimensionnement des parties structurelles. Je suis sûr qu'il répondra aux attentes des professionnels les plus exigeants.

Ce guide complète la collection des guides techniques de l'Union des Métalliers qui compte aujourd'hui plus d'une dizaine d'ouvrages. L'évolution actuelle des textes concernant le bâtiment en général et les Métalliers en particulier est telle qu'il est certain que cette collection est amenée à s'enrichir dans un avenir proche.



Michel VERRANDO
Président de l'Union des Métalliers

REMERCIEMENTS

Je tiens à remercier chaleureusement l'ensemble des membres du groupe de travail « conception et dimensionnement des ouvrages » et particulièrement son chef de file, M. Thierry ROUSSEL (société LOISON).

Je tiens également à saluer l'ensemble des Métalliers ayant participé à l'élaboration de ce document :

- M. Thierry ROUSSEL (société LOISON),
- M. Patrick BLANCHE (société MÉTALLERIE DE L'AUTHION),
- M. Christian FLORENCE (société SOBRIMA),
- M. Stéphane PELTIER (société COUVRECO).

les partenaires de l'Union des Métalliers membres du groupe de travail :

- M. Jean-François DEBELVAL (société HORIZAL),
- M. Benoît CHERAMY et M. Julien GONDEAU (société ÉTANCO).

ainsi que le contrôleur technique :

- M. Michel KRIMM (SOCOTEC),

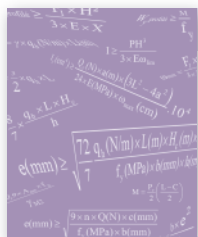
Enfin, j'adresse mes plus vifs remerciements à Mme Laure DELAPORTE (CONSTRUIRACIER) pour son soutien technique essentiel à la réalisation de ce document, ainsi qu'à Hervé LAMY (UNION DES MÉTALLIERS) en charge de la rédaction de ce guide.



René COURBET
Président de la Commission Technique
de l'Union des Métalliers

INTRODUCTION

9



PARTIE I

LE DIMENSIONNEMENT
DES GARDE-CORPS

11

1. GÉNÉRALITÉS

12

1.1. Conception d'un projet d'ouvrage métallique

12

1.1.1. Les Eurocodes

12

1.1.2. Les normes spécifiques aux garde-corps

13

1.2. Caractéristiques des produits en acier

14

1.2.1. Caractéristiques mécaniques

14

1.2.2. Nuances d'acier utilisées en construction métallique

15

1.2.3. Caractéristiques géométriques et d'inertie d'un profil

18

1.3. Éléments de résistance des matériaux

20

1.3.1. Sollicitation en traction

20

1.3.2. Sollicitation en flexion

21

2. CHARGES D'EXPLOITATION DES GARDE-CORPS

24

2.1. Charges horizontales

24

2.2. Charges verticales

25

3. CALCUL STATIQUE DES ÉLÉMENTS D'UN GARDE-CORPS

27

3.1. Notations utilisées

27

3.2. Dimensionnement des montants

28

3.2.1. Dimensionnement vis-à-vis des charges horizontales

28

3.2.2. Choix d'une section de profilé admissible

30

3.3. Dimensionnement des mains courantes

31

3.3.1. Dimensionnement vis-à-vis des charges horizontales

31

3.3.2. Dimensionnement vis-à-vis des charges verticales

32

3.3.3. Choix d'une section de profilés admissibles

34

3.4. Dimensionnement des fixations

34

3.5. Dimensionnement des platines

37



PARTIE II

LES GARDE-CORPS ACCESSIBLES AU PUBLIC

43

1. GÉNÉRALITÉS 44

1.1. Les textes de référence	44
1.2. Le domaine d'application	44
1.3. Définition d'un garde-corps	45

2. OBLIGATION D'INSTALLATION D'UN GARDE-CORPS 46

2.1. Cas général	46
2.2. Cas particuliers	46
2.2.1. Dénivellation avec la zone de réception inférieure à 1 m	46
2.2.2. Dénivellation avec la zone de réception supérieure à 1 m	46
2.2.3. Cas des bâtiments d'habitation	47
2.2.4. Cas des rampes d'accès (personnes à mobilité réduite)	48
2.2.5. Cas des établissements recevant du public (ERP)	50
2.2.6. Cas du remplacement d'un garde-corps non conforme à la norme NF P 01-012	50

3. DISPOSITIONS GÉOMÉTRIQUES DE SÉCURITÉ 51

3.1. Hauteurs de protection d'un garde-corps	51
3.1.1. Généralités	51
3.1.2. Épaisseur des garde-corps	51
3.1.3. Protection d'une zone de stationnement normal (ZSN)	52
3.1.4. Protection d'une zone de stationnement précaire (ZSP)	54
3.1.5. Cas d'une dénivellation	58
3.1.6. Zone d'agenouillement	59
3.2. Autres spécifications dimensionnelles	59
3.2.1. Garde-corps pleins	59
3.2.2. Garde-corps constitués d'éléments verticaux et horizontaux	60
3.2.3. Garde-corps comportant d'autres éléments de composition	61
3.2.4. Garde-corps en saillie	62

3.3. Cas non traités par la norme NF P 01-012	63
3.3.1. Risque d'escalade	63
3.3.2. Distance horizontale de la main courante au nu de la façade	64
3.3.3. Appui précaire : inclinaison admissible	64
3.3.4. Appui précaire : cas particulier des câbles	65
3.3.5. Appui précaire : cas des appuis discontinus	65
3.3.6. Appui précaire : cas des garde-corps courbes avec seuil de porte-fenêtre	66
3.4. Garde-corps en produits verriers ou organiques	67
3.4.1. Garde-corps avec remplissage organique	67
3.4.2. Garde-corps avec remplissage en produits verriers pris en feuillure	67
3.4.3. Garde-corps en produits verriers, encastrés en pied	68
3.4.4. Garde-corps constitués de verres attachés	68
3.5. Tolérances	68
3.5.1. Position en œuvre	68
3.5.2. Fabrication	68

4. DIMENSIONNEMENT DES GARDE-CORPS **69**

4.1. Calcul statique des éléments d'un garde-corps	69
4.1.1. Dimensionnement des montants	69
4.1.2. Dimensionnement des mains courantes	77
4.1.3. Dimensionnement des fixations	83
4.1.4. Épaisseur des platines	84
4.2. Vérification dynamique	90
4.2.1. Principe de l'essai	90
4.2.2. Exécution de l'essai	90
4.2.3. Interprétation des résultats	91

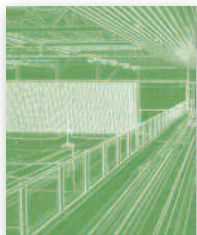


PARTIE III

LES GARDE-CORPS INDUSTRIELS

93

1. GÉNÉRALITÉS	94
1.1. Les textes de référence	94
1.2. Le domaine d'application	94
1.3. Définition d'un garde-corps	94
2. OBLIGATION D'INSTALLATION D'UN GARDE-CORPS	96
3. DISPOSITIONS GÉOMÉTRIQUES DE SÉCURITÉ	98
3.1. Hauteur de protection	98
3.2. Autres spécifications dimensionnelles	98
3.2.1. Éléments de remplissage	98
3.2.2. Main courante	100
3.2.3. Portillon	101
3.3. Cas particulier	101
4. DIMENSIONNEMENT DES GARDE-CORPS	102
4.1. Calcul statique des éléments d'un garde-corps	102
4.1.1. Dimensionnement des montants	102
4.1.2. Dimensionnement des mains courantes	108
4.1.3. Dimensionnement des fixations	113
4.1.4. Épaisseur des platines	114
4.2. Vérification dynamique	118



PARTIE IV

LES GARDE-CORPS POUR TRIBUNES ET STADES

119

1. GÉNÉRALITÉS	120
1.1. Les textes de référence	120
1.2. Le domaine d'application	121
1.3. Définition d'un garde-corps	121
2. OBLIGATION D'INSTALLATION D'UN GARDE-CORPS	122
3. LES RÈGLES DE SÉCURITÉ	123
3.1. Hauteur de protection	123
3.2. Cas particuliers	123
3.3. Autres spécifications dimensionnelles	124
4. CHARGES D'EXPLOITATION	125



ANNEXE A

LES GARDE-CORPS POUR PONTS ET OUVRAGES D'ART

127



ANNEXE B

LES BARRIERES DE PROTECTION POUR PISCINES ENTERREES

133

INTRODUCTION

S'agissant d'ouvrages de sécurité, les garde-corps doivent répondre à des exigences précises.

Depuis la publication en 2001 du premier guide « comment faire des garde-corps ? », le contexte normatif et réglementaire s'est considérablement modifié. De nouvelles normes européennes sont notamment apparues et ont remplacé les textes français. Une refonte complète du document était donc nécessaire : c'est l'objet de ce nouveau guide.

L'objectif de ce document est de fournir l'ensemble des informations nécessaires à la conception et à la mise en œuvre des garde-corps quel que soit leur lieu d'installation (habitations, bureaux, commerces, locaux industriels, ...). Ce guide s'attache donc à présenter pour chaque type de garde-corps :

- d'une part, les dispositions géométriques applicables (hauteur de protection minimale, espace entre éléments, ...) et
- d'autre part, une méthode de dimensionnement des éléments des garde-corps, à savoir les montants, les mains courantes, les fixations et les platines.

Pour ce faire, ce guide se divise en quatre parties :

- la première partie présente les généralités sur le dimensionnement des garde-corps et notamment les nouvelles charges d'exploitation à prendre en compte ainsi que les formules de dimensionnement à appliquer,
- la deuxième partie traite des garde-corps accessibles au public, c'est-à-dire les ouvrages installés dans les bâtiments d'habitation, les bureaux, les commerces, les établissements recevant du public, ...
- la troisième partie couvre les garde-corps industriels et intègre notamment la nouvelle norme NF E 85-015 publiée en avril 2008,
- enfin, la quatrième partie traite des garde-corps installés sur les tribunes et les stades.

Pour être tout à fait complet, ce guide aborde également les garde-corps pour ponts et ouvrages d'art ainsi que les barrières pour piscines enterrées.

Les auteurs de ce guide souhaitent rappeler que, même s'il répond aux recommandations les plus strictes, la présence d'un garde-corps ne doit pas être le prétexte à une baisse de la vigilance des parents vis-à-vis de leurs enfants.

PARTIE I

LE DIMENSIONNEMENT
DES GARDE-CORPS

► **C**ette partie du guide présente les règles de construction applicables, les principes de base des calculs ainsi que les formules de dimensionnement des éléments d'un garde-corps, à savoir les montants, la main courante, les fixations et les platines.

Cette partie permet notamment de comprendre les formules de dimensionnement utilisées par la suite aux parties spécifiques aux garde-corps accessibles au public (partie II) et aux garde-corps industriels (partie III).

GÉNÉRALITÉS

1.1. CONCEPTION D'UN PROJET D'OUVRAGE MÉTALLIQUE

Le dimensionnement des éléments structuraux d'un ouvrage de construction métallique est déterminé par les calculs de résistance des matériaux s'appuyant sur les règles de construction en usage.

En préalable à la conception d'un ouvrage métallique, il est nécessaire d'en préciser la nature (garde-corps, par exemple) et la destination (bâtiment d'habitation, bâtiment public, stade, tribune, ...).

Les normes et les règles en vigueur qui s'appliquent au type de construction envisagée fixent des exigences et des données à prendre en compte.

La réglementation applicable pour élaborer un projet d'ouvrage en construction métallique comporte plusieurs niveaux de prescriptions.

► 1.1.1. Les Eurocodes

Les Eurocodes définissent les règles de calcul de la construction, vis-à-vis de sa résistance structurelle en particulier.

Élaborés par le Comité Européen de Normalisation (CEN), les Eurocodes sont des normes européennes de conception et de calcul des bâtiments et des ouvrages en génie civil. Leur rôle est de définir des exigences de performance d'ouvrages, des niveaux de sécurité, et des méthodes de vérification pour satisfaire à ces exigences.

Composés de 10 groupes de textes, chacun étant divisé en plusieurs parties, les Eurocodes sont voués à constituer un corpus européen unique des règles de construction :

- Eurocode 0 (EN 1990) : Base de calcul des structures,
- Eurocode 1 (EN 1991) : Actions sur les structures,
- Eurocode 2 (EN 1992) : Calcul des structures en béton,
- Eurocode 3 (EN 1993) : Calcul des structures en acier,
- Eurocode 4 (EN 1994) : Calcul des structures mixtes acier-béton,
- Eurocode 5 (EN 1995) : Calcul des structures en bois,
- Eurocode 6 (EN 1996) : Calcul des ouvrages en maçonnerie,
- Eurocode 7 (EN 1997) : Calcul géotechnique,
- Eurocode 8 (EN 1998) : Calcul des structures pour leur résistance aux séismes,
- Eurocode 9 (EN 1999) : Calcul des structures en alliage d'aluminium.

Ils sont destinés à remplacer progressivement toutes les règles nationales actuelles de calcul et de dimensionnement qui, par ailleurs, coexisteront durant la période de transition nécessaire.

► Une fois transposés en normes nationales (NF EN), les Eurocodes ont le statut de normes françaises homologuées. Chaque Eurocode doit faire l'objet d'une Annexe pour préciser certains paramètres au niveau national, notamment ceux liés à la sécurité, à la géographie ou au climat propres à chaque pays.

Pour les marchés publics, il est obligatoire d'appliquer les normes françaises homologuées. Il faudra donc les indiquer dans les dossiers de consultation des entreprises, tant pour les marchés de l'État que pour les marchés des collectivités locales et leurs établissements publics.

Pour les marchés privés, les Eurocodes sont des normes d'application volontaire. Cependant, certaines normes françaises homologuées peuvent être rendues d'application obligatoire :

- soit par décision réglementaire, notamment pour la réglementation sismique et pour la résistance au feu,
- soit dès lors qu'il est fait référence dans le contrat à la norme NF P 03-001¹ qui constitue le cahier des clauses administratives générales le plus utilisé en matière de marchés privés.

L'Eurocode 1 considère que les garde-corps ne sont pas des éléments structurels (clause 5.1 de la norme NF EN 1991-1-1). En tant que tels, ces ouvrages ne sont donc pas concernés directement par les règles de calcul des Eurocodes.

Néanmoins, dans un souci de cohérence et en l'absence d'autres règles de calcul plus adaptées, les principes de calcul des Eurocodes ont été retenus en se limitant aux parties pertinentes pour les garde-corps.

En effet, étant donné le mode de sollicitation des garde-corps (flexion simple) et en considérant l'hypothèse de non dépassement de la limite élastique, certaines vérifications prévues par les Eurocodes ne sont pas nécessaires. Seul le coefficient de pondération de la charge d'exploitation de 3/2 (pour l'acier) doit être pris en compte. En cela, le dimensionnement présenté dans ce guide basé sur les principes des Eurocodes est équivalent au dimensionnement réalisé par rapport aux règles CM66.

Les charges d'exploitation horizontales utilisées dans ce guide sont celles de l'amendement de la norme NF P 06-111-2 publié en mars 2009. Cette norme est destinée à remplacer la norme NF P 06-001.

Pendant la période de transition et en l'absence de demande spécifique du maître d'ouvrage, la norme NF P 06-001 reste applicable (voir Tableau 7, p.24).

Après la période de transition, la norme NF P 06-111-2/A1 deviendra applicable.

A l'heure où ce guide est rédigé, la fin de la période transitoire est fixée à mars 2010.

► 1.1.2. Les normes spécifiques aux garde-corps

Dans le cas plus particulier des garde-corps de bâtiment, les normes suivantes, spécifiques à la destination de l'ouvrage, doivent également être appliquées :

NF P 01-012 (juillet 1988)	Dimensions des garde-corps – Règles de sécurité relatives aux dimensions des garde-corps et rampes d'escalier
NF P 01-013 (août 1988)	Essais des garde-corps – Méthodes et critères
NF E 85-015 (avril 2008)	Éléments d'installations industrielles – Moyens d'accès permanents – Escaliers, échelles à marches et garde-corps
NF EN 13200-3 (février 2006)	Installations pour spectateurs – Partie 3 : éléments de séparation – Exigences

Ces normes fixent les règles de conception de l'ouvrage vis-à-vis de sa fonctionnalité : ce sont en particulier les règles relatives aux dimensions de sécurité à respecter pour que l'ouvrage remplisse sa fonction principale qui est d'éviter les chutes ou d'empêcher un accès. Dans certains cas, elles précisent des charges d'exploitation spécifiques à appliquer, les modalités d'essais et les déformations admissibles correspondantes.

Les exigences de ces normes sont présentées en détail dans ce guide aux parties II (p.43), III (p.93) et IV (p.119).

Les garde-corps pour ponts et ouvrages d'art couverts par la norme XP P 98-405² ne relevant pas du domaine du bâtiment ne sont pas traités en détail dans ce document. Néanmoins, l'Annexe A présente un résumé des principales exigences applicables.

Il en est de même pour les garde-corps installés sur des machines couverts par la norme NF EN ISO 14122-3³.

¹ NF P 03-001 (décembre 2000) : Marchés privés – Cahiers types – Cahier des clauses administratives générales applicable aux travaux de bâtiment faisant l'objet de marchés privés

² XP P 98-405 (avril 1998) : Barrières de sécurité routières – Garde-corps pour ponts et ouvrages de génie civil – Conception, fabrication, mise en œuvre

³ NF EN ISO 14122-3 (décembre 2007) : Sécurité des machines – Moyens d'accès permanents aux machines – Partie 3 : escaliers, échelles à marches et garde-corps

1.2. CARACTÉRISTIQUES DES PRODUITS EN ACIER

Les produits en acier utilisés en construction métallique présentent deux types de caractéristiques qui interviennent dans les calculs de résistance des matériaux.

Il s'agit d'une part des caractéristiques mécaniques intrinsèques, fonction de la nuance de l'acier et d'autre part des caractéristiques d'inertie propres au produit et qui dépendent de ses dimensions et de sa géométrie.

Les aciers sont également caractérisés par leur composition chimique qui n'intervient pas en résistance des matériaux mais qui joue sur la soudabilité, l'aptitude à la galvanisation et le comportement à la corrosion (aciers inoxydables, aciers auto-patinables, ...).

► 1.2.1. Caractéristiques mécaniques

Les calculs de résistance des matériaux font appel aux caractéristiques mécaniques fondamentales des aciers présentées au Tableau 1.

TABLEAU 1 - CARACTÉRISTIQUES MÉCANIQUES

DÉSIGNATION	COMMENTAIRES
R_e (MPa) limite d'élasticité de l'acier	Tant que les contraintes en service ne dépassent pas cette valeur, l'élément sollicité par l'effort revient à son état initial quand l'effort cesse. R_e est la donnée fondamentale des calculs de résistance des matériaux. Dans les calculs présentés dans ce document, R_e est désigné par f_y , notation utilisée par les Eurocodes.
R_m (MPa) résistance à la traction	Cette valeur désigne la charge maximale supportée par l'éprouvette au cours de l'essai. Dans ce guide, R_m est désigné par f_u pour être en cohérence avec la notation utilisée par les Eurocodes.
A (%) allongement à la rupture de l'acier	Cette donnée caractérise pour une part la capacité de déformation de l'acier. En cas de dépassement fortuit de la limite élastique, l'allongement peut apparaître comme une réserve de sécurité qui peut éviter l'effondrement de l'ouvrage. L'Eurocode 3 recommande pour l'allongement à la rupture une valeur minimale de 15 %.
E (MPa) module d'élasticité de l'acier	C'est le coefficient de proportionnalité entre l'effort (ou la contrainte) et l'allongement dans le domaine élastique. C'est une constante pour tous les aciers : $E = 210\,000$ MPa. On peut retenir la même valeur pour les aciers inoxydables. À titre de comparaison, l'aluminium et ses alliages présentent un module d'élasticité $E = 70\,000$ MPa. Cette caractéristique a une incidence directe sur la flèche des poutres soumises à des sollicitations de flexion.

Ces caractéristiques intrinsèques sont déterminées par un essai de traction effectué sur une éprouvette prélevée, selon des modalités normalisées, sur un échantillon du produit en question.

Le diagramme de traction qui en résulte donne directement toutes ces caractéristiques (voir Figure 1).

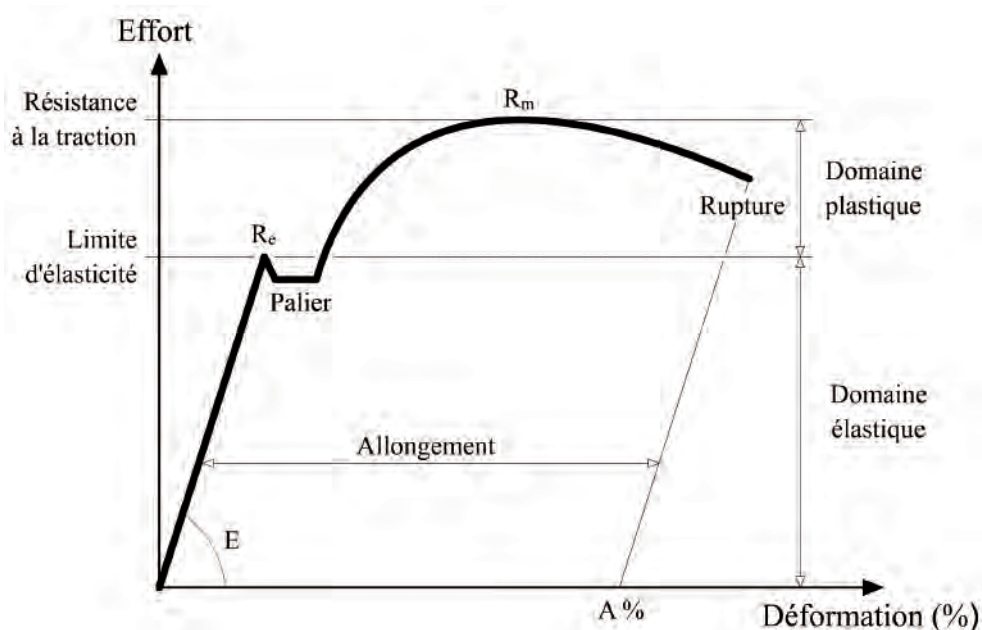


FIGURE 1 - ESSAI DE TRACTION

► 1.2.2. Nuances d'acier utilisées en construction métallique

L'Eurocode 3 précise les normes européennes de nuances d'acier à prendre en compte pour le calcul des structures.

Il convient de distinguer d'une part les aciers non alliés (aciers d'usage général) et les aciers à résistance améliorée à la corrosion atmosphérique (aciers dits auto-patinables) auxquels il est fait référence dans la partie 1-1 de l'Eurocode 3 (NF EN 1993-1-1), et d'autre part les aciers inoxydables auxquels il est fait référence dans la partie 1-4 de l'Eurocode 3 (NF EN 1993-1-4).

Le Tableau 2 précise les normes dimensionnelles et les normes « acier » (définissant entre autres les nuances d'acier) auxquels font référence les produits couramment utilisés pour la conception d'un garde-corps.

TABLEAU 2 - NORMES DE RÉFÉRENCE « ACIERS » COURANTES POUR LES GARDE-CORPS

			NORME DE DIMENSIONS	NORME DE NUANCE
Aciers d'usage général	Profils pleins	Plats	NF EN 10058	NF EN 10025-2
		Carrés	NF EN 10059	
		Ronds	NF EN 10060	
	Profils creux	Laminés à chaud	NF EN 10210-2	NF EN 10210-1
		Laminés à froid	NF EN 10219-2	NF EN 10219-1
Aciers auto-patinables	Profils pleins	Plats	NF EN 10058	NF EN 10025-5
		Carrés	NF EN 10059	
		Ronds	NF EN 10060	
Aciers inoxydables	Profils pleins	Plats	NF EN 10058	NF EN 10088-3
		Carrés	NF EN 10059	
		Ronds	NF EN 10060	
	Tubes		NF A 49-647	NF EN 10088-2

► Normes de dimensions

NF EN 10058 (juin 2004)	Plats en acier laminés à chaud pour usages généraux – Dimensions et tolérances sur la forme et les dimensions
NF EN 10059 (juin 2004)	Carrés en acier laminés à chaud pour usages généraux – Dimensions et tolérances sur la forme et les dimensions
NF EN 10060 (juin 2004)	Ronds laminés à chaud pour usages généraux – Dimensions et tolérances sur la forme et les dimensions
NF EN 10210-2 (octobre 2006)	Profils creux de construction finis à chaud en aciers non alliés et à grains fins – Partie 2 : Tolérances, dimensions et caractéristiques de profils
NF EN 10219-2 (août 2006)	Profils creux de construction soudés, formés à froid en aciers non alliés et à grains fins – Partie 2 : Tolérances, dimensions et caractéristiques de profil
NF A 49-647 (octobre 1979)	Tubes en acier – Tubes soudés de construction, circulaires, carrés, rectangulaires ou ovales, en aciers inoxydables ferritiques et austénitiques (dimensions – conditions techniques de livraison)

► Normes de nuance

NF EN 10025-2 (mars 2005)	Produits laminés à chaud en acier de construction – Partie 2 : Conditions techniques de livraison pour les aciers de construction non alliés
NF EN 10025-5 (mars 2005)	Produits laminés à chaud en acier de construction – Partie 5 : Conditions techniques de livraison pour les aciers de construction à résistance améliorée à la corrosion atmosphérique
NF EN 10210-1 (juillet 2006)	Profils creux de construction finis à chaud en aciers non alliés et à grains fins – Partie 1 : conditions techniques de livraison
NF EN 10219-1 (août 2006)	Profils creux de construction soudés, formés à froid en aciers non alliés et à grains fins – Partie 1 : conditions techniques de livraison
NF EN 10088-2 (septembre 2005)	Aciers inoxydables – Partie 2 : Conditions techniques de livraison des tôles et bandes en acier de résistance à la corrosion pour usage général
NF EN 10088-3 (septembre 2005)	Aciers inoxydables – Partie 3 : Conditions techniques de livraison pour les demi-produits, barres, fils machines, fils tréfilés, profils et produits transformés à froid en acier résistant à la corrosion pour usage général

► Aciers d'usage général et aciers dits auto-patinables

Pour les garde-corps d'usage courant réalisés avec des aciers d'usage général ou des aciers auto-patinables, la nuance d'acier quasi-exclusivement utilisée est le S235. C'est avec cette nuance d'acier que sont effectués tous les calculs dans le présent guide.

L'Eurocode 3 (NF EN 1993-1-1) propose deux méthodes pour déterminer les valeurs nominales de la limite d'élasticité f_y et de la résistance à la traction f_u . Il est donc possible :

- soit d'utiliser les valeurs tirées directement des normes de nuance (NF EN 10025-2 par exemple),
- soit d'utiliser un étagement simplifié de valeurs (voir Tableau 3). Ce sont ces valeurs qui sont utilisées pour les calculs réalisés dans ce présent guide.

TABLEAU 3 - ÉTAGEMENT SIMPLIFIÉ DE VALEURS DE f_y ET f_u TIRÉES DE L'EUROCODE 3 (NF EN 1993-1-1)

NORMES ET NUANCES D'ACIER		ÉPAISSEUR NOMINALE b DE L'ÉLÉMENT			
		$b \leq 40$ mm		$40 \text{ mm} < b \leq 80$ mm	
		f_y (MPa)	f_u (MPa)	f_y (MPa)	f_u (MPa)
Profils pleins	EN 10025-2 / S 235	235	360	215	360
	EN 10025-5 / S 235 W	235	360	215	340
		$b \leq 40$ mm		$40 \text{ mm} < b \leq 65$ mm	
		f_y (MPa)	f_u (MPa)	f_y (MPa)	f_u (MPa)
Profils creux	EN 10210-1 / S 235 H	235	360	215	340
	EN 10219-1 / S 235 H	235	360	-	-

Utilisation des aciers auto-patinables

Ces aciers sont commercialisés principalement sous les appellations Corten®, Indaten® et Diweten®. Dans certaines conditions d'exposition atmosphérique avec alternance de périodes d'humidité et de sécheresse, ils ont la particularité de se couvrir d'une couche d'oxyde auto-protectrice appelée « patine », qui se forme à la surface du métal. En cas de détérioration de ce film protecteur, il se produit un phénomène de cicatrisation qui assure la continuité de la protection de l'acier.

Les aciers auto-patinables ont des propriétés similaires aux aciers d'usage général vis-à-vis de la résistance des matériaux. En revanche, leur mise en œuvre présente des particularités très spécifiques à bien appréhender pour une bonne utilisation de ce matériau.

Pour en savoir plus, de nombreuses indications sur l'emploi des aciers auto-patinables sont accessibles sur le site Internet de ConstruirAcier, www.construiracier.fr, à la rubrique « Mise en œuvre ».

Il existe d'autres profils creux bien connus des métalliers : les tubes dits « serruriers » conformes à la norme NF EN 10305-3⁴ et -5⁵. Ces tubes, qui ont en général une épaisseur inférieure ou égale à 2 mm, n'ont aucune des caractéristiques demandées par les règles de construction (pas de garantie de limite d'élasticité, allongement A % au plus égal à 9 %) et sont donc inaptes à la construction métallique.

Aciers inoxydables

Les caractéristiques mécaniques, la tenue à la corrosion et la soudabilité des aciers inoxydables dépendent de leur composition chimique.

Pour la confection de garde-corps, on emploie principalement les nuances suivantes :

- 1.4301 (X2CrNi 18-09), acier inoxydable austénitique. Son utilisation doit être réservée aux atmosphères intérieures et extérieures non sévères.
- 1.4404 (X2CrNiMo 17-12-2), acier inoxydable austénitique riche en molybdène. Il convient aux atmosphères intérieures sévères (piscines...) et atmosphères extérieures industrielles et marines.
- 1.4462 (X2CrNiMo 22-5-3), acier inoxydable austéno-ferritique. Comme l'acier inoxydable 1.4404, il est parfaitement adapté aux atmosphères intérieures sévères et atmosphères extérieures industrielles et sévères.

La tenue à la corrosion des aciers inoxydables dépend de trois facteurs :

- leur composition chimique,
- leur aspect de surface. Plus la surface des aciers inoxydables est lisse et meilleure sera leur tenue à la corrosion. Les aspects type polis grains 220 sont à proscrire en atmosphères sévères.
- la conception du garde-corps. Il convient d'éviter toutes zones de rétention d'eau, qui peuvent être des lieux propices au démarrage de phénomènes de corrosion.

⁴ NF EN 10305-3 (mai 2003) : Tubes de précision en acier – Conditions techniques de livraison – Partie 3 : tubes soudés calibrés

⁵ NF EN 10305-5 (août 2003) : Tubes de précision en acier – Conditions techniques de livraison – Partie 5 : tubes soudés et calibrés de section carrée et rectangulaire

En atmosphères intérieures sévères (comme par exemple les piscines), il convient de prévoir un rinçage fréquent, à l'eau douce, pour éliminer les produits de corrosion qui pourraient se former.

Pour rappel, afin d'éviter toute contamination ferreuse, il faut utiliser pour les aciers inoxydables des outils qui leur soient spécialement dédiés.

Les aciers inoxydables présentent des limites d'élasticité et des résistances à la traction supérieures à celles des aciers courants. Leur allongement est supérieur à celui des aciers courants : environ 30 % pour les aciers inoxydables austéno-ferritiques et 50 % pour les aciers austénitiques.

Les aciers inoxydables sont pris en compte dans la partie 1-4 de l'Eurocode 3 (NF EN 1993-1-4).

► 1.2.3. Caractéristiques géométriques et d'inertie d'un profil

▷ Définitions

Il s'agit des caractéristiques qui rendent compte de la façon dont la matière est répartie dans le plan de la section d'un profil. Ces données sont spécifiques à la géométrie de chaque profil et indépendantes du matériau dans lequel il est réalisé. Elles interviennent dans les calculs de résistance des matériaux soumis à des sollicitations telles que traction, flexion, compression, ...

Ces données sont disponibles dans le catalogue édité par ConstruirAcier « *Produits en acier pour construction – Caractéristiques géométriques et statiques* », qui référence tous les types de produits en acier utilisés en construction métallique et en métallerie, ainsi que dans les catalogues des fabricants et des négociants.

Les caractéristiques de base principalement utilisées dans le calcul des éléments de garde-corps sont présentées au Tableau 4.

**TABLEAU 4 - CARACTÉRISTIQUES GÉOMÉTRIQUES ET STATIQUES DE BASE DES PROFILS
UTILISÉS POUR LE CALCUL D'UN GARDE-CORPS**

DÉSIGNATION	NOTATION	UNITÉS	COMMENTAIRE
Aire de la section	A	cm ²	L'aire intervient dans les calculs de contraintes sous l'effet d'efforts tranchants, d'efforts de traction et d'efforts de compression.
Moment d'inertie	I	cm ⁴	C'est la donnée fondamentale pour déterminer la flèche que peut prendre un profilé travaillant en flexion. Il s'agit alors de vérifier que la flèche ne dépasse pas une valeur limite imposée par les règles de calcul en vigueur.
Module d'inertie	W	cm ³	Auparavant ce module était désigné par $\frac{I}{v}$, c'est-à-dire par le quotient du moment d'inertie I par la distance entre l'axe neutre et la fibre de la section la plus éloignée, v. Il permet de calculer la contrainte maximale qui apparaît dans un profilé travaillant en flexion et de vérifier que cette contrainte reste inférieure à la limite d'élasticité f_y de l'acier utilisé.

▷ Orientation des profilés

Les caractéristiques I et W sont toujours données par rapport aux axes principaux des profils.

Il existe un axe de forte inertie en général nommé y-y par rapport auquel le profil présente un moment et un module d'inertie maximaux (I_y , W_y), et un axe de faible inertie généralement nommé z-z par rapport auquel le profil présente un moment et un module d'inertie minimaux (I_z , W_z).

Vis-à-vis d'un effort donné, la plus grande résistance en flexion d'un profilé s'obtient en l'utilisant suivant son axe fort, c'est-à-dire en orientant le profil de manière à ce que cet axe soit perpendiculaire à l'effort appliqué, comme représenté sur la Figure 2.

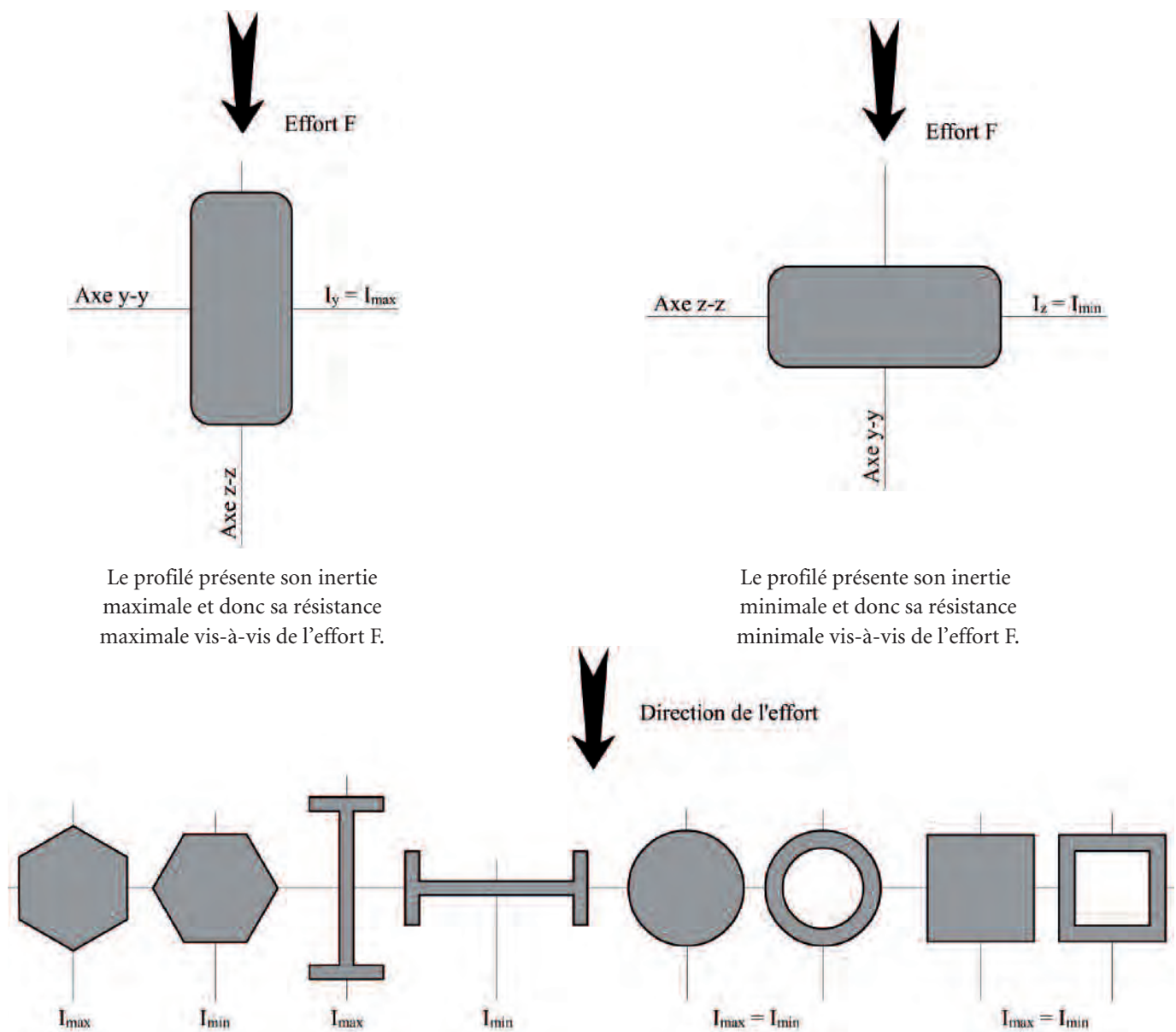


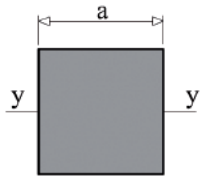
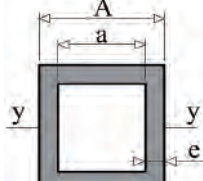
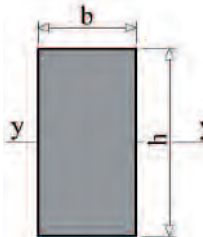
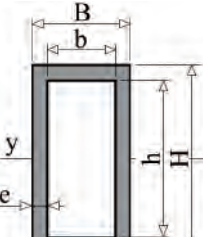
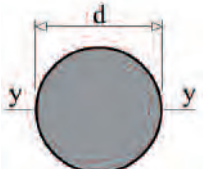
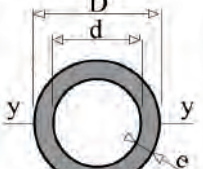
FIGURE 2 - ORIENTATION DES PROFILÉS

► Moments et modules d'inertie pour quelques profilés simples

Le Tableau 5 présente les formules de calcul des moments d'inertie I_y et des modules d'inertie W_y pour quelques sections simples correspondant aux profilés les plus couramment utilisés.

Dans la formulation du module d'inertie, $w_y = \frac{I_y}{V}$, v représente la demi-hauteur du profilé, mesurée sur l'axe vertical z-z, lui-même perpendiculaire à l'axe y-y, axe principal de plus grande inertie du profilé.

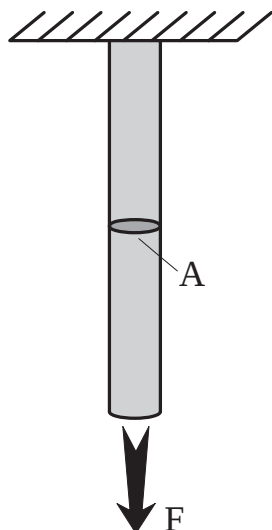
TABLEAU 5 - MOMENTS ET MODULES D'INERTIE POUR QUELQUES PROFILÉS SIMPLES

SECTION	MOMENT D'INERTIE I_y	MODULE D'INERTIE W_y	SECTION	MOMENT D'INERTIE I_y	MODULE D'INERTIE W_y
	$\frac{a^4}{12}$	$\frac{a^3}{6}$		$\frac{A^4 - a^4}{12}$	$\frac{A^4 - a^4}{6 \times A}$
	$\frac{bh^3}{12}$	$\frac{bh^2}{6}$		$\frac{BH^3 - bh^3}{12}$	$\frac{BH^3 - bh^3}{6 \times H}$
	$\frac{\pi d^4}{64}$	$\frac{\pi d^3}{32}$		$\frac{\pi(D^4 - d^4)}{64}$	$\frac{\pi(D^4 - d^4)}{32 \times D}$

1.3. ÉLÉMENTS DE RÉSISTANCE DES MATÉRIAUX

► 1.3.1. Sollicitation en traction

▷ Principe



Un effort F appliqué à la barre crée en tous points de la section une contrainte de traction σ_t , calculée par la formule suivante :

$$\sigma_t = \frac{F}{A}$$

Où F est l'effort de traction appliqué à la barre,
 A est l'aire de la section.

Cette contrainte de traction est constante sur toute la barre.

► Vérification à l'État Limite Ultime (ELU)

Dans toutes les sections de la barre tendue, la condition suivante doit être respectée :

$$N_{Ed} \leq N_{t,Rd}$$

Avec :

N_{Ed} (N)	valeur de calcul de l'effort normal de traction	$N_{Ed} = \gamma_F \times F$
	Où – F (N) est la charge appliquée, – γ_F est le coefficient de pondération à appliquer. Si F est une charge d'exploitation, alors $\gamma_F = 3/2$.	
$N_{t,Rd}$ (N)	Valeur de calcul de la résistance à la traction prise comme la plus petite des deux valeurs suivantes : a) La valeur de calcul de la résistance plastique de la section transversale brute : $N_{pl,Rd} = \frac{A \times f_y}{\gamma_{M0}}$ où A est l'aire de la section transversale, f_y est la limite d'élasticité de l'acier et γ_{M0} est le coefficient partiel pour la résistance des sections transversales (pour les bâtiments : $\gamma_{M0} = 1$). b) La valeur de calcul de la résistance ultime de la section transversale nette au droit des trous de fixation : $N_{u,Rd} = \frac{0,9 \times A_{net} \times f_u}{\gamma_{M2}}$ où A_{net} est l'aire de la section transversale nette (aire A diminuée des trous de fixations), f_u est la résistance à la traction de l'acier et γ_{M2} est le coefficient partiel pour la résistance à la rupture des sections transversales en traction (pour les bâtiments : $\gamma_{M2} = 1,25$).	

► 1.3.2. Sollicitation en flexion

► Principe

1^{er} cas : Poutre horizontale de longueur L sur 2 appuis supportant une charge verticale $P = p \times L$ uniformément répartie sur toute la portée.

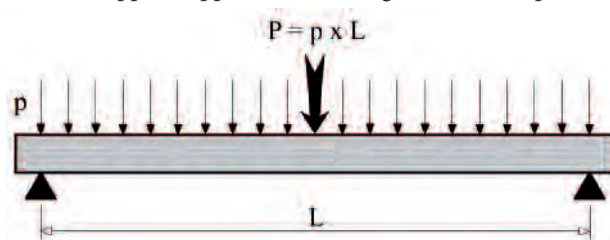


FIGURE 3 - SOLLICITATION EN FLEXION D'UNE POUTRE SUR 2 APPUIS

La charge p crée dans la poutre un moment fléchissant M, maximal à mi-portée de la poutre et se calculant par la formule :

$$M = \frac{pL^2}{8}$$

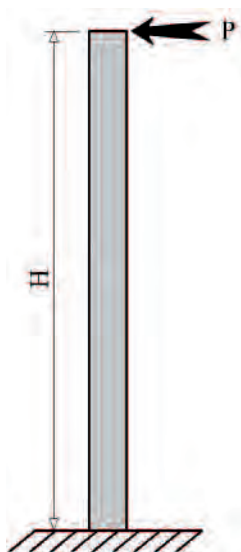
La flèche ω (déformation) prise par la poutre est maximale au même endroit et vaut :

$$\omega = \frac{5 \times pL^4}{384 \times EI}$$

Avec :

E (MPa)	module d'élasticité du matériau
I (cm ⁴)	moment d'inertie de la poutre

2^{ème} cas : Montant vertical de hauteur H encastré en pied supportant une charge horizontale P appliquée en tête.



La charge P crée dans le montant un moment fléchissant M, qui est maximal en pied au niveau de l'encastrement et se calcule par la formule :

$$M = P \times H$$

La flèche ω (déformation) prise par le montant est maximale en tête et vaut :

$$\omega = \frac{PH^3}{3 \times EI}$$

Avec : E, module d'élasticité du matériau
I, moment d'inertie de la poutre

► Vérification à l'État Limite Ultime (ELU)

L'Eurocode 3 introduit une classification des sections qui permet de savoir au vu de critères simples, si la section peut être vérifiée par rapport à sa résistance plastique (sections de classe 1 ou 2), ou à sa résistance élastique (sections de classe 3), ou si la minceur de ses parois est telle que le voilement local des parois peut limiter la résistance de la section à une valeur inférieure à la résistance élastique (sections de classe 4).

Pour simplifier les calculs, mais tout en restant en sécurité, on se limitera dans ce guide aux sections de classe 1, 2 ou 3 pour lesquelles les vérifications à l'ELU seront faites en considérant le domaine élastique. L'État Limite Ultime est donc gouverné par l'atteinte de la limite d'élasticité dans la fibre la plus sollicitée.

Dans toutes les sections transversales de la barre fléchie, la condition suivante doit être respectée :

$$M_{Ed} \leq M_{el,Rd}$$

Avec :

M_{Ed}	valeur de calcul du moment fléchissant	
	M_{Ed} est calculé en affectant aux charges Q appliquées le coefficient de pondération γ_Q correspondant. Pour des charges d'exploitation, $\gamma_Q = 3/2$.	
$M_{el,Rd}$	valeur de calcul de la résistance d'une section transversale à la flexion par rapport à l'un de ses axes principaux	$M_{el,Rd} = \frac{W \times f_y}{\gamma_{Mo}}$
	Où	– W est le module d'inertie de la section transversale, – f_y est la limite d'élasticité du matériau, – γ_{Mo} est le coefficient partiel pour la résistance des sections transversales (pour les bâtiments, $\gamma_{Mo} = 1$).

► Vérification à l'État Limite de Service (ELS)

La déformation de la barre doit satisfaire à la condition suivante :

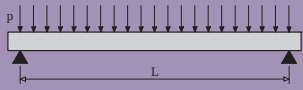
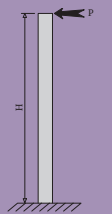
$$\omega_d \leq \omega_{lim}$$

Avec :

ω_d	valeur de calcul de la flèche
	ω_d est calculée en affectant la valeur 1 aux coefficients de pondération des charges appliquées.
ω_{lim}	valeur de flèche limite recommandée

Le Tableau 6 présente les critères de résistance et de flèche correspondant aux deux cas de sollicitations en flexion étudiés.

TABLEAU 6 - CRITÈRES DE RÉSISTANCE ET DE FLÈCHE POUR LES DEUX CAS DE SOLLICITATIONS EN FLEXION ÉTUDIÉS

SOLLICITATION EN FLEXION	POUTRE SUR 2 APPUIS 	MONTANT ENCASTRÉ 
Condition de résistance (ELU)	$\frac{3}{2} \frac{pL^2}{8} \leq W \times f_y$	$\frac{3}{2} PH \leq W \times f_y$
Condition résultante pour le profilé	$W \geq \frac{3 \times pL^2}{16 \times f_y}$	$W \geq \frac{3 \times PH}{2 \times f_y}$
Condition de flèche (ELS)	$\frac{5 \times pL^4}{384 \times EI} \leq \omega_{lim}$	$\frac{PH^3}{3 \times EI} \leq \omega_{lim}$
Condition résultante pour le profilé	$I \geq \frac{5 \times pL^4}{384 \times E \omega_{lim}}$	$I \geq \frac{PH^3}{3 \times E \omega_{lim}}$

CHARGES D'EXPLOITATION DES GARDE-CORPS

2.1. CHARGES HORIZONTALES

Les charges d'exploitation horizontales utilisées dans ce guide sont celles de l'amendement de la norme NF P 06-111-2 publié en mars 2009 « Eurocodes – Bases de calcul des structures – Partie 2 : annexe nationale à l'EN 1991-1-1⁶ ». Cette norme est destinée à remplacer la norme NF P 06-001⁷ de juin 1986 qui reste applicable pendant la période de transition (jusqu'à mars 2010) sauf en cas de demande spécifique du maître d'ouvrage.

La norme européenne NF EN 1991-1-1 publiée en mars 2003 présente les dispositions à prendre en compte par chaque État membre. Les réglementations variant à travers l'Europe, cette norme définit des « fourchettes » de valeurs à l'intérieur desquelles chaque État membre est libre de définir les charges d'exploitation qu'il désire faire appliquer. C'est ainsi que la France a rédigé une Annexe Nationale (la norme NF P 06-111-2 publiée en juin 2004) qui indique les valeurs de charges à considérer. Cette Annexe Nationale est destinée à remplacer la norme NF P 06-001 de juin 1986. Les charges relatives aux garde-corps ont été modifiées en 2008 (amendement publié en mars 2009) notamment pour prendre en compte des normes spécifiques à ces ouvrages.

Les charges d'exploitation horizontales à appliquer aux garde-corps varient en fonction du lieu d'installation. Les charges définies par les normes NF P 06-111-2/A1 et NF P 06-001 sont présentées au Tableau 7 ci-dessous.

Il est rappelé que les charges retenues dans ce guide, et notamment dans les calculs effectués aux parties II et III, sont celles de la norme NF P 06-111-2/A1. Les charges de la norme NF P 06-001 restent applicables jusqu'à la fin de la période transitoire (mars 2010) sauf en cas d'indication contraire de la part du maître d'ouvrage.

TABLEAU 7 - CHARGES D'EXPLOITATION HORIZONTALES POUR LES GARDE-CORPS

CATÉGORIE DE BÂTIMENT	EXEMPLES	CHARGES D'EXPLOITATION HORIZONTALES q_h	
		Selon la norme NF P 06-111-2/A1	Selon la norme NF P 06-001
Catégorie A : Habitation, résidentiel	Pièces des bâtiments et maisons d'habitation ; chambres et salles des hôpitaux Chambres d'hôtels et de foyers ; cuisines et sanitaires	600 N/m	Parties privatives $L \leq 3,25$ m 1300 N
			Parties privatives $L > 3,25$ m 400 N/m
			Parties communes 600 N/m
Catégorie B : Bureaux		600 N/m	1000 N/m
Catégorie C1 à C4 : Lieux de réunion (à l'exception des surfaces des catégories A, B et D)	C1 : Espaces équipés de tables, etc. Par exemple : écoles, cafés, restaurants, salles de banquet, salles de lecture, salles de réception C2 : Espaces équipés de sièges fixes. Par exemple : églises, théâtres ou cinémas, salles de conférence, amphithéâtres, salles de réunion, salles d'attente C3 : Espaces ne présentant pas d'obstacle à la circulation des personnes. Par exemple : salles de musée, salles d'exposition, etc. et accès des bâtiments publics et administratifs, hôtels, hôpitaux, gares C4 : Espaces permettant des activités physiques. Par exemple : dancings, salles de gymnastique, scènes	1000 N/m	1000 N/m

⁶ NF EN 1991-1-1 (mars 2003) : Eurocode 1 – Actions sur les structures – Partie 1-1 : actions générales – Poids volumiques, poids propres, charges d'exploitation des bâtiments

⁷ NF P 06-001 (juin 1986) : Base de calcul des constructions – Charges d'exploitation des bâtiments

TABLEAU 7 - CHARGES D'EXPLOITATION HORIZONTALES POUR LES GARDE-CORPS (SUITE)

CATÉGORIE DE BÂTIMENT	EXEMPLES	CHARGES D'EXPLOITATION HORIZONTALES q_h	
		Selon la norme NF P 06-111-2/A1	Selon la norme NF P 06-001
Catégorie C5 : Lieux de réunion (à l'exception des surfaces des catégories A, B et D)	C5 : Espaces susceptibles d'accueillir des foules importantes. Par exemple : bâtiments destinés à des événements publics tels que salles de concert, salles de sport y compris tribunes, terrasses et aires d'accès, quais de gare	NF EN 13200-3 ⁸ ou 3000 N/m	Tribunes et stades 1700 N/m en partie courante sinon 1000 N/m
Catégorie D : Commerces	D1 : Commerces de détail courants D2 : Grands magasins	1000 N/m	1000 N/m
Catégorie E : Locaux industriels	E1 : Surfaces susceptibles de recevoir une accumulation de marchandises, y compris aires d'accès. Par exemple : aires de stockage y compris stockages de livres et autres documents	800 N/m	600 N/m ou 300 N/m si hors du circuit général de circulation
	E2 : Usage industriel	NF E 85-015 ⁹ ou 300 N/m	

Les valeurs de charges d'exploitation des normes NF EN 13200-3 et NF E 85-015 sont présentées respectivement aux parties du guide traitant des garde-corps pour tribunes et stades et des garde-corps industriels.

2.2. CHARGES VERTICALES

Les normes NF P 06-111-2/A1 et NF P 06-001 ne définissent que des charges d'exploitation horizontales pour les garde-corps. Ces données ne sont pas suffisantes pour dimensionner convenablement les mains courantes des garde-corps. Il est nécessaire de prendre également en compte des charges d'exploitation verticales.

Par analogie avec les essais sous charges verticales décrits dans la norme NF P 01-013, les dispositions suivantes ont été retenues dans le présent guide.

Les charges verticales adoptées en fonction de la destination du garde-corps sont présentées au Tableau 8.

Si des valeurs différentes sont définies par le maître d'ouvrage, ces dernières sont à prendre en considération.

TABLEAU 8 - CHARGES D'EXPLOITATION VERTICALES ADOPTÉES

CATÉGORIE DE BÂTIMENT	EXEMPLES	CHARGES D'EXPLOITATION VERTICALES Q_v
Catégorie A : Habitation, résidentiel	Pièces des bâtiments et maisons d'habitation ; chambres et salles des hôpitaux Chambres d'hôtels et de foyers ; cuisines et sanitaires	600 N
Catégorie B : Bureaux		600 N
Catégorie C1 à C4 : Lieux de réunion (à l'exception des surfaces des catégories A, B et D)	C1 : Espaces équipés de tables, etc. Par exemple : écoles, cafés, restaurants, salles de banquet, salles de lecture, salles de réception C2 : Espaces équipés de sièges fixes. Par exemple : églises, théâtres ou cinémas, salles de conférence, amphithéâtres, salles de réunion, salles d'attente C3 : Espaces ne présentant pas d'obstacle à la circulation des personnes. Par exemple : salles de musée, salles d'exposition, etc. et accès des bâtiments publics et administratifs, hôtels, hôpitaux, gares C4 : Espaces permettant des activités physiques. Par exemple : dancings, salles de gymnastique, scènes	1000 N ¹⁰

⁸ NF EN 13200-3 (février 2006) : Installations pour spectateurs – Partie 3 : Éléments de séparation – Exigences

⁹ NF E 85-015 (avril 2008) : Éléments d'installations industrielles – Moyens d'accès permanents - Escaliers, échelles à marches et garde-corps

¹⁰ Valeur de la norme NF P 01-013

TABLEAU 8 - CHARGES D'EXPLOITATION VERTICALES ADOPTÉES (SUITE)

CATÉGORIE DE BÂTIMENT	EXEMPLES	CHARGES D'EXPLOITATION VERTICALES Q_v
Catégorie C5 : Lieux de réunion (à l'exception des surfaces des catégories A, B et D)	C5 : Espaces susceptibles d'accueillir des foules importantes. Par exemple : bâtiments destinés à des événements publics tels que salles de concert, salles de sport y compris tribunes, terrasses et aires d'accès, quais de gare	A définir avec le maître d'ouvrage. 1000 N par défaut
Catégorie D : Commerces	D1 : Commerces de détail courants D2 : Grands magasins	1000 N
Catégorie E : Locaux industriels	E1 : Surfaces susceptibles de recevoir une accumulation de marchandises, y compris aires d'accès. Par exemple : aires de stockage y compris stockages de livres et autres documents E2 : Usage industriel	600 N

Le principe de distribution des charges verticales retenu est celui de la norme NF P 01-013 et rappelé à la Figure 4.

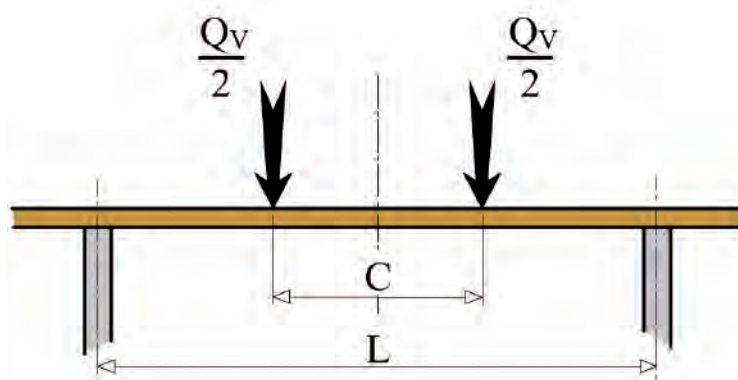


FIGURE 4 - SCHÉMA DE CHARGEMENT DES CHARGES D'EXPLOITATION VERTICALES

Avec :

C (m) distance entre les points d'application des charges ($C = 0,30$ m)

L (m) distance entre montants

CALCUL STATIQUE DES ÉLÉMENTS D'UN GARDE-CORPS

Comme indiqué au chapitre 1.1.1 (p.12), l'Eurocode 1 considère que les garde-corps ne sont pas des éléments structuraux. En tant que tels, ces ouvrages ne sont donc pas concernés directement par les règles de calcul des Eurocodes.

Néanmoins, dans un souci de cohérence et en l'absence d'autres règles de calcul plus adaptées, les principes de calcul des Eurocodes ont été retenus en se limitant aux parties pertinentes pour les garde-corps.

En effet, étant donné le mode de sollicitation des garde-corps (flexion simple) et en considérant l'hypothèse de non dépassement de la limite élastique, certaines vérifications prévues par les Eurocodes ne sont pas nécessaires. Seul le coefficient de pondération de la charge d'exploitation de 3/2 (pour l'acier) doit être pris en compte. En cela, le dimensionnement présenté dans ce guide basé sur les principes des Eurocodes est équivalent au dimensionnement réalisé par rapport aux règles CM66.

Ce chapitre présente donc les éléments nécessaires au dimensionnement par calcul des éléments d'un garde-corps (montants, main courante, fixations et platines). Il présente notamment les formules générales de dimensionnement à utiliser sans distinguer les particularités des normes spécifiques liées à la destination du garde-corps.

Ces spécificités sont présentées aux parties pertinentes de ce guide : à la partie II (p. 43) pour les garde-corps accessibles au public et à la partie III (p. 93) pour les garde-corps industriels.

3.1. NOTATIONS UTILISÉES

Par souci d'homogénéité avec les normes de référence, et particulièrement aux Eurocodes 1 et 3, les notations utilisées dans ce guide sont présentées au Tableau 9.

TABLEAU 9 - NOTATIONS UTILISÉES DANS CE GUIDE

NOTATION	UNITÉ	DÉSIGNATION
Caractéristiques géométriques		
H	m	Hauteur du garde-corps
L	m	Distance entre deux montants
H _c	m	Hauteur entre le point d'application de la charge et le niveau de fixation du montant
I _y	cm ⁴	Moment d'inertie maximal de la section du profilé
I _z	cm ⁴	Moment d'inertie minimal de la section du profilé
W _y	cm ³	Module d'inertie de la section du profilé par rapport à son axe de plus forte inertie
W _z	cm ³	Module d'inertie de la section du profilé par rapport à son axe de plus faible inertie
Caractéristiques intrinsèques		
f _y	MPa	Limite d'élasticité du matériau (notation Eurocode, anciennement notée R _e)
E	MPa	Module d'élasticité du matériau
Données de calcul		
q _h	N/m	Charges d'exploitation linéiques horizontales
Q _h	N	Charges d'exploitation ponctuelles horizontales
q _v	N/m	Charges d'exploitation linéiques verticales
Q _v	N	Charges d'exploitation ponctuelles verticales
p _h	N/m	Charges de calcul linéiques horizontales
P _h	N	Charges de calcul ponctuelles horizontales
p _v	N/m	Charges de calcul linéiques verticales
P _v	N	Charges de calcul ponctuelles verticales
ω	cm	Déformation admissible (flèche)
γ	-	Coefficient de pondération

La hauteur H du garde-corps ne correspond pas forcément à la hauteur d'application de la charge H_c . Par exemple, pour un garde-corps accessible au public, la hauteur H_c est fixée à 1 m alors que la hauteur du garde-corps peut être supérieure (voir Figure 5).

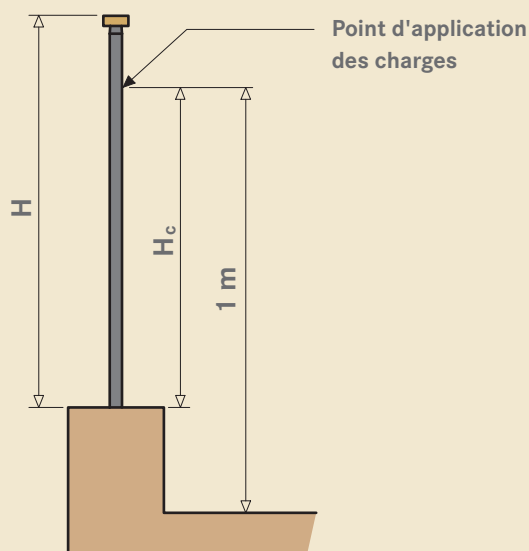


FIGURE 5 - ILLUSTRATION DE LA HAUTEUR H_c

La hauteur d'application des charges est un élément prépondérant pour le dimensionnement des montants des garde-corps. Ce point d'application varie en fonction de la norme spécifique aux ouvrages. Par exemple, H_c est de 1 m quelle que soit la hauteur des garde-corps selon la norme NF P 01-012 alors que H_c correspond au sommet du montant selon la norme NF E 85-015.

La hauteur H_c est donc spécifiée pour chaque type de garde-corps aux parties pertinentes de ce guide.

3.2. DIMENSIONNEMENT DES MONTANTS

Le dimensionnement des montants d'un garde-corps se fait en prenant en compte exclusivement les charges d'exploitation horizontales. Aucune charge verticale n'est considérée.

► 3.2.1. Dimensionnement vis-à-vis des charges horizontales

▷ Principe de chargement

Sous l'action d'une charge de calcul P_h , les montants d'un garde-corps doivent satisfaire à un critère de résistance mécanique, vérifié à l'État Limite Ultime et, éventuellement, à un critère de déformation admissible (flèche en tête de montant), calculé à l'État Limite de Service.

Le principe de chargement du garde-corps est présenté à la Figure 6.

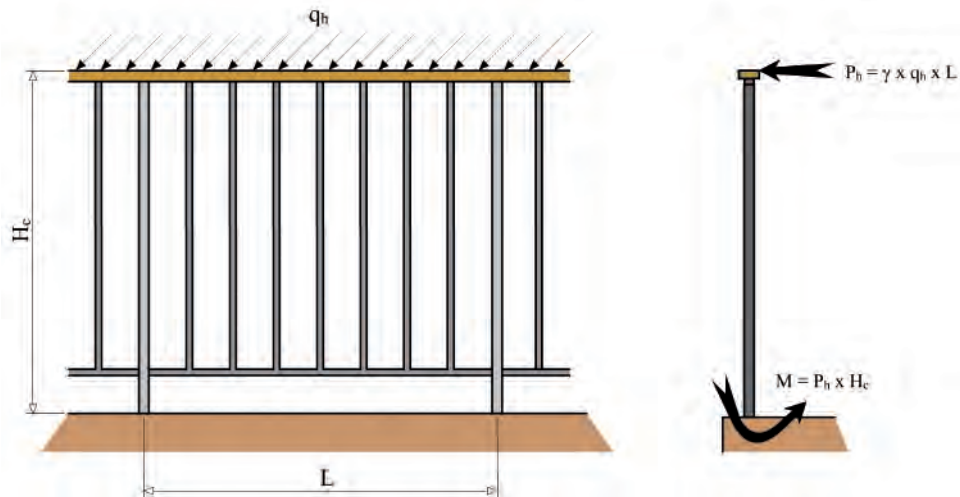


FIGURE 6 - PRINCIPE DE CHARGEMENT HORIZONTAL DES MONTANTS D'UN GARDE-CORPS

► Résistance mécanique

Pour le dimensionnement à l'État Limite Ultime (vérification vis-à-vis de la résistance structurelle), les règles des Eurocodes imposent de pondérer la charge d'exploitation par le coefficient γ égal à 3/2.

La charge de calcul P_h est alors donnée par la formule suivante :

$$P_h (\text{N}) = \gamma \times q_h (\text{N/m}) \times L (\text{m})$$

- Où
- γ est le coefficient de pondération égal à 3/2,
 - q_h (N/m) est la charge d'exploitation horizontale (voir Tableau 7, p. 24),
 - L (m) est la distance entre montants.

Les sections admissibles sont caractérisées par leur module d'inertie W_y (le profilé étant considéré dans le sens de son inertie maximale) et déterminées pour le moment maximum M calculé pour les charges maximales pondérées avec la relation :

$$W_{y,\text{profilé}} \geq \frac{M}{f_y}$$

Avec :

M (Nm)	moment maximum appliqué au montant (moment en pied de montant)	$M(\text{Nm}) = P_h (\text{N}) \times H_c (\text{m})$
	Où	– P_h est la charge de calcul, – H_c est la hauteur du point d'application de la charge (voir chapitre 3.1, p.27).
f_y (MPa)	limite élastique de l'acier	
	Pour une nuance de base, la limite d'élasticité dépend de l'épaisseur du produit (voir Tableau 3, p.17).	

Avec $P_h = \frac{3}{2} \times q_h \times L$, on a donc :

$$W_{y,\text{profilé}} (\text{cm}^3) \geq \frac{\frac{3}{2} \times q_h (\text{N/m}) \times L (\text{m}) \times H_c (\text{m})}{f_y (\text{MPa})}$$

► Flèche admissible

Certaines des sections admissibles vis-à-vis du critère de résistance mécanique sont susceptibles de conduire à des déplacements sous charge en tête de montant non négligeables (flèche). La norme NF P 01-013 indique toutefois que « *ces déformations peuvent ne pas être négligeables sans que pour autant la sécurité cesse d'être assurée* ».

Si un critère de limitation de flèche est pris en compte pour un marché déterminé, ce critère doit être précisé dans les conditions particulières de ce marché.

Ce critère s'exprime généralement en fraction X de la hauteur du garde-corps :

$$\omega_{\max} = X \times H$$

Où

- $\omega_{\max}$ est la flèche maximale (en tête de montant),
- X est la fraction de hauteur (par exemple 1/150^{ème}),
- H est la hauteur du garde-corps.

La flèche se calcule en utilisant la formule ci-dessous :

$$\omega_{\max} = \frac{F_1 \times H^3}{3 \times E \times I_y}$$

Avec :

F_1 (N)	réaction maximale en tête de montant sous le chargement linéique uniforme horizontal appliqué à la main courante
	La valeur de F_1 est de 1,250 P_h dans le cas d'un garde-corps à deux travées. Elle est rapidement voisine de 1,135 P_h à partir de quatre travées. C'est la valeur adoptée ici avec $P_h = q_h \times L$. Où – q_h (N/m) est la charge d'exploitation horizontale (voir Tableau 7, p. 24), – L (m) est la distance entre montants.
E (MPa)	module d'élasticité de l'acier E = 210 000 MPa
I_y (cm ⁴)	moment d'inertie du montant

L'inertie minimale du montant est donnée par la relation :

$$I_{y,\text{profilé}} \geq \frac{F_1 \times H^2}{3 \times E \times X}$$

Soit

$$I_{y,\text{profilé}}(\text{cm}^4) \geq \frac{100 \times 1,135 \times q_h(\text{N/m}) \times L(\text{m}) \times H^2(\text{m})}{3 \times E(\text{MPa}) \times X}$$

[2]

► Le facteur 100 est intégré dans la formule pour faire correspondre les unités.

► 3.2.2. Choix d'une section de profilé admissible

À partir des formules générales établies dans ce chapitre, les parties correspondantes de ce guide présentent en détail le choix du profilé pour les montants des garde-corps. Il convient donc de se reporter :

- au chapitre 4.1.1 de la partie II (p.69), pour les garde-corps accessibles au public,
- au chapitre 4.1.1 de la partie III, (p.102), pour les garde-corps industriels.

3.3. DIMENSIONNEMENT DES MAINS COURANTES

Les mains courantes doivent être dimensionnées à la fois vis-à-vis des charges horizontales d'exploitation telles qu'elles sont définies dans les règlements applicables et, dans le cadre de ce guide, vis-à-vis des charges verticales présentées au Tableau 8 (p.25).

► 3.3.1. Dimensionnement vis-à-vis des charges horizontales

Les mains courantes présentent généralement leur inertie maximale vis-à-vis des efforts horizontaux. C'est dans cette hypothèse que sont déterminées les formules de dimensionnement présentées dans ce chapitre.

Dans le cas contraire (inertie maximale vis-à-vis des efforts verticaux), il convient d'intervertir les indices y et z dans les formules de dimensionnement.

Sous l'action de la charge de calcul p_h , les mains courantes doivent satisfaire à un critère de résistance mécanique, vérifié à l'État Limite Ultime.

► Principe de chargement

Le principe de chargement horizontal de la main courante est présenté à la Figure 7. La main courante est modélisée comme une poutre sur appuis simples pour se placer dans l'hypothèse la plus pénalisante.

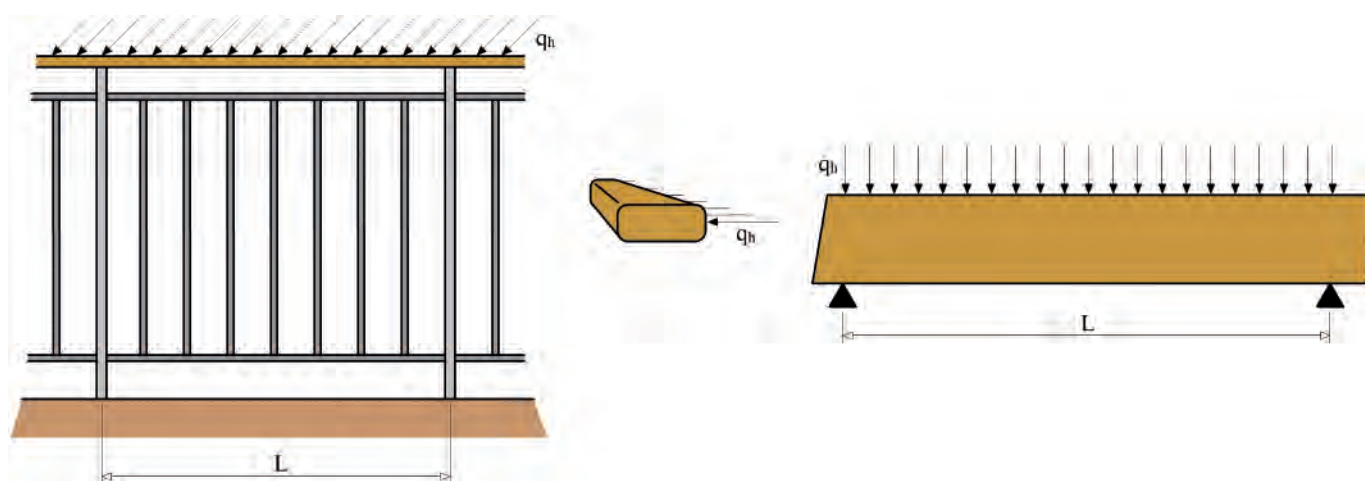


FIGURE 7 – PRINCIPE DE CHARGEMENT HORIZONTAL DE LA MAIN COURANTE

► Résistance mécanique

Pour le dimensionnement à l'État Limite Ultime (vérification vis-à-vis de la résistance structurelle), les règles des Eurocodes imposent de pondérer la charge d'exploitation par le coefficient γ égal à 3/2.

La charge de calcul p_h est alors donnée par la formule suivante :

$$p_h \text{ (N/m)} = \gamma \times q_h \text{ (N/m)}$$

- Où
- γ est le coefficient de pondération égal à 3/2,
 - q_h (N/m) est la charge d'exploitation horizontale (voir Tableau 7, p.24).

Les sections admissibles sont caractérisées par leur module d'inertie W_y défini par rapport à l'axe vertical de la section. Elles sont déterminées pour le moment maximum M calculé pour les charges pondérées avec la relation :

$$W_{y,\text{profilé}} \geq \frac{M}{f_y}$$

Avec :

M (Nm)	moment maximum dans la main courante, à mi-portée entre deux montants	$M = \frac{p_h \times L^2}{8}$
	Où – p_h (N/m) est la charge de calcul, – L (m) est la distance entre montants.	
f_y (MPa)	limite élastique de l'acier	
	Pour une nuance de base, la limite élastique dépend de l'épaisseur du produit (voir Tableau 3, p.17).	

Avec $p_h = \frac{3}{2} \times q_h$, on a donc :

$$W_{y,\text{profilé}}(\text{cm}^3) \geq \frac{3 \times q_h (\text{N/m}) \times (L(\text{m}))^2}{16 \times f_y (\text{MPa})} \quad [3]$$

► Évaluation de la flèche

En fonction du profilé choisi et de son inertie I_y autour de l'axe vertical, la déformation maximale prise par la main courante s'exprime par la formule suivante (voir chapitre 1.3.2, p.21) :

$$\omega_{z,\text{profilé}}(\text{cm}) \geq \frac{5 \cdot 10^{-4} \times q_h (\text{N/m}) \times (L(\text{m}))^4}{384 \times E(\text{MPa}) \times I_y (\text{cm}^4)} \quad [4]$$

► 3.3.2. Dimensionnement vis-à-vis des charges verticales

Le dimensionnement présenté dans ce chapitre est relatif aux garde-corps filants non liaisonnés par des barreaudages.

Dans le cas d'un garde-corps avec barreaudage entre main courante et lisse basse, l'inertie importante conférée à la main courante permet de valider toute section choisie sans vérification.

► Principe de chargement

Le principe de chargement vertical adopté dans ce guide pour le dimensionnement des mains courantes est décrit au chapitre 2.2 (p.25). Il est représenté à la Figure 8.

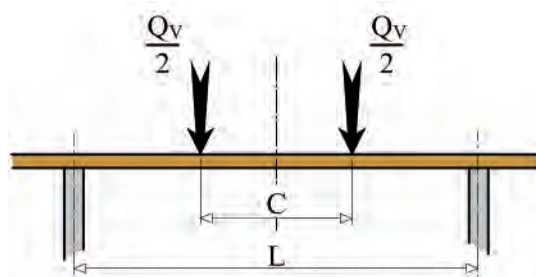


FIGURE 8 - PRINCIPE DE CHARGEMENT VERTICAL DE LA MAIN COURANTE

La main courante entre deux montants est considérée comme une poutre sur appuis simples pour se placer dans l'hypothèse la plus pénalisante.

► Résistance mécanique

Pour le dimensionnement à l'État Limite Ultime (vérification vis-à-vis de la résistance structurelle), les règles des Eurocodes imposent de pondérer la charge d'exploitation par le coefficient γ égal à 3/2.

La charge de calcul P_v est alors donnée par la formule suivante :

$$P_v(N) = \gamma \times Q_v(N)$$

- Où
- γ est le coefficient de pondération égal à 3/2,
 - Q_v est la charge d'exploitation adoptée pour le dimensionnement des mains courantes sous charges verticales (voir Tableau 8, p.25).

Les sections admissibles sont caractérisées par leur module d'inertie W_z et déterminées pour le moment maximum M calculé pour les charges maximales pondérées avec la relation :

$$W_{\text{profilé}} \geq \frac{M}{f_y}$$

Avec :

M (Nm)	moment maximum dans la main courante	$M = \frac{P_v}{2} \left(\frac{L-C}{2} \right)$
	Où – P_v (N) est la charge de calcul appliquée à la main courante, – L (m) est la distance entre montants, – C est la distance entre les points d'application des charges (C = 0,30 m).	
f_y (MPa)	limite élastique de l'acier	
	Pour une nuance de base, la limite élastique dépend de l'épaisseur du produit (voir Tableau 3, p.17).	

Avec $P_v = \frac{3}{2} \times Q_v$, on a donc :

$$W_{z,\text{profilé}}(\text{cm}^3) \geq \frac{3 \times Q_v(N) \times (L(m) - 0,30)}{8 \times f_y(\text{MPa})} \quad [5]$$

► Évaluation de la flèche

Pour estimer la flèche maximale ω_y correspondant à la section de main courante choisie, il convient d'utiliser la formule suivante :

$$\omega_y(\text{cm}) = \frac{Q_v(N) \times a(m) \times (3L^2 - 4a^2)}{24 \times E(\text{MPa}) \times I_z(\text{cm}^4)} \cdot 10^4 \quad [6]$$

Avec :

Q_v (N)	charge verticale tirée du Tableau 8 (p.25) correspondant au cas visé
L (m)	distance entre montants
E (MPa)	module d'élasticité de l'acier (E = 210 000 MPa)
I_z (cm ⁴)	moment d'inertie du profilé par rapport à son axe horizontal
$a(m) = \frac{L(m) - C(m)}{2}$ où C = 0,30 m	

Si le projet impose une condition concernant la flèche maximale admissible pour la main courante du type :

$$\omega_y \leq \omega_{\max}$$

Il convient de choisir pour la main courante un profilé dont l'inertie autour de l'axe horizontal I_z vérifie la condition suivante :

$$I_z (\text{cm}^4) \geq \frac{Q_v (\text{N}) \times a (\text{m}) \times (3L^2 - 4a^2)}{24 \times E (\text{MPa}) \times \omega_{\max} (\text{cm})} \cdot 10^4 \quad [7]$$

► 3.3.3. Choix d'une section de profilés admissibles

A partir des formules générales établies dans ce chapitre, les parties correspondantes de ce guide présentent en détail le choix du profilé pour les mains courantes des garde-corps. Il convient donc de se reporter :

- au chapitre 4.1.2 de la partie II (p. 77), pour les garde-corps accessibles au public,
- au chapitre 4.1.2 de la partie III (p. 108), pour les garde-corps industriels.

3.4. DIMENSIONNEMENT DES FIXATIONS

► Principe de fonctionnement

Le principe de fonctionnement présenté ici est tiré de la norme XP P 98-405¹¹.

Dans le cas d'un ancrage par platine, la contrainte de traction dans les fixations et la contrainte de compression σ_{bc} dans le béton sont déterminées comme les contraintes dans une section en béton armé.

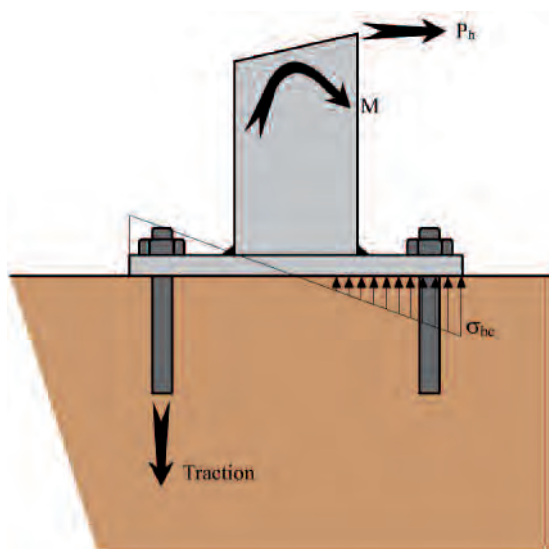


FIGURE 9 – DIMENSIONNEMENT DES FIXATIONS

Seules les fixations actives, c'est-à-dire tendues, doivent être prises en compte.

¹¹ XP P 98-405 (avril 1998) : Barrières de sécurité routières – Garde-corps pour ponts et ouvrages de génie civil – Conception, fabrication, mise en œuvre

► Calcul de l'effort d'arrachement

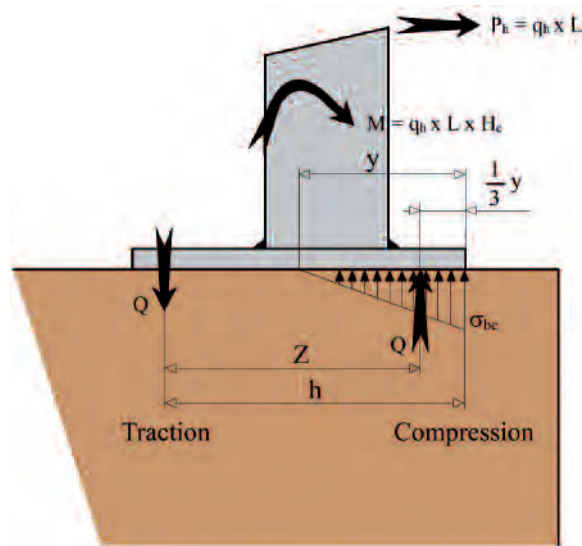


FIGURE 10 – DIMENSIONNEMENT DES FIXATIONS

L'écriture de l'état d'équilibre entre la force de traction reprise par la fixation et la résultante de la compression du béton permet de déterminer y par résolution d'une équation du second degré faisant intervenir comme paramètres la section de la ou des fixations et la largeur de la platine d'appui.

L'influence de ces deux paramètres est négligeable dans les cas courants rencontrés. On peut donc admettre avec une approximation suffisante que :

$$y = \frac{3}{8} \times h \quad \text{d'où} \quad Z = \frac{7}{8} \times h$$

Avec :

y (m)	longueur de la partie comprimée du béton
Z (m)	bras de levier du couple élastique

Comme $M = Q \times Z$, on obtient l'effort d'arrachement Q non pondéré à considérer pour le dimensionnement de la fixation :

$$Q = \frac{q_h \times L \times H_c}{\frac{7}{8} h} \quad \text{d'où} \quad Q = \frac{8}{7} \frac{q_h \times L \times H_c}{h}$$

S'il existe n fixations actives à la même distance Z (même bras de levier Z), l'effort d'arrachement au niveau de chaque fixation est $\frac{Q}{n}$, soit :

$$Q(N) = \frac{8}{7} \times \frac{1}{n} \times \frac{q_h (N/m) \times L(m) \times H_c(m)}{h(m)} \quad [8]$$

Avec :

n	nombre de fixations situées au même bras de levier Z
q_h (N/m)	charge d'exploitation horizontale (voir Tableau 7, p.24)
L (m)	distance entre montants
H_c (m)	hauteur d'application de la charge
h (m)	distance entre le bord de la platine et l'axe des fixations tendues

► Exemples d'application

Les formules de calcul des efforts pour les trois types de platine considérés sont données au Tableau 10.

TABLEAU 10 – EFFORTS D'ARRACHEMENT Q

Type I : une cheville arrière	Type II : deux chevilles arrières	Type III : deux chevilles centrées
$Q = \frac{8}{7} \times \frac{q_h \times L \times H_e}{h}$	$Q = \frac{8}{14} \times \frac{q_h \times L \times H_e}{h}$	$Q = \frac{8}{7} \times \frac{q_h \times L \times H_e}{a}$

Dans la mesure où seules les chevilles tendues sont prises en compte, on peut considérer que la formule de l'effort d'arrachement d'une platine à quatre chevilles (voir Figure 11) est similaire à celle d'une platine à deux chevilles arrières.

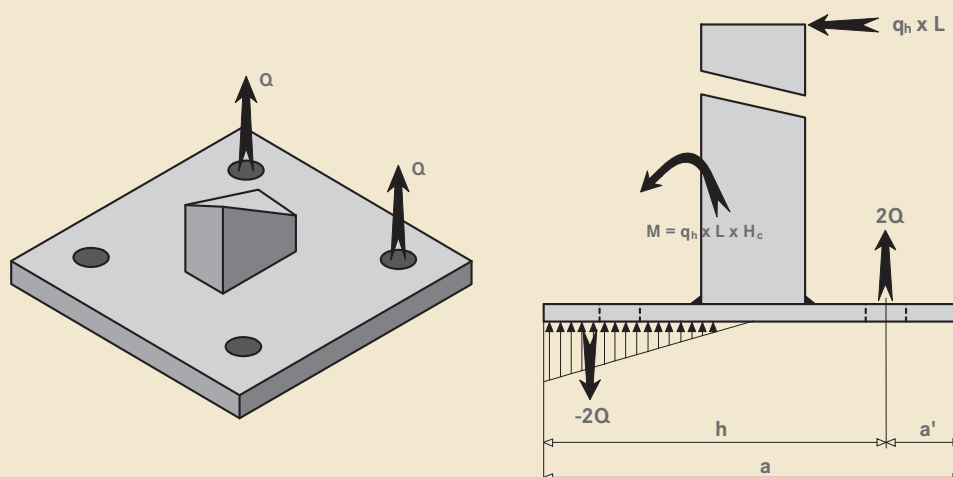


FIGURE 11 – PLATINE À QUATRE CHEVILLES

Le calcul des efforts d'arrachement présenté est réalisé en prenant en compte les efforts vers l'extérieur. Pour des raisons de sécurité, il convient de prendre en compte des efforts vers l'intérieur. Les parties spécifiques de ce guide présentent les dispositions recommandées pour traiter ce cas.

► Choix des chevilles

Le choix des chevilles de fixation devant être utilisées est devenu plus complexe avec les nouvelles méthodes d'évaluation liées au marquage CE. Ces méthodes font en effet appel à un nombre beaucoup plus important de critères pour le choix des chevilles.

Il est désormais très difficile de déterminer la cheville à utiliser « à la main ». C'est pourquoi, les fabricants de chevilles mettent à disposition des outils informatiques qui calculent automatiquement les ancrages à prendre en compte pour un ouvrage particulier. Il est recommandé d'utiliser ces outils.

Les éléments primordiaux qui entrent en compte pour le choix des fixations sont la distance par rapport au bord de dalle, l'entraxe entre chevilles, la profondeur d'ancrage ainsi que la qualité du support.

Pour éviter l'éclatement du béton en bord de dalle, il est recommandé de laisser une distance d'au moins 2 cm entre le bord de la dalle et celui de la platine (voir Figure 12).

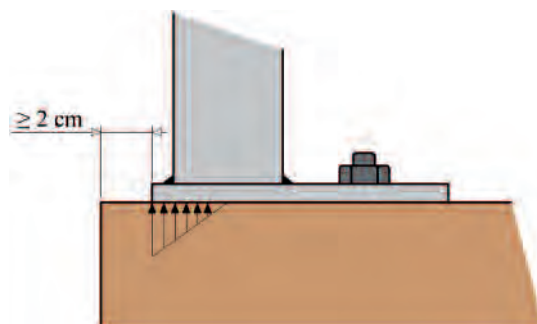


FIGURE 12 – DISTANCE MINIMALE ENTRE LE BORD DE DALLE ET LE BORD DE LA PLATINE

L'Union des Métalliers a publié en 2004 le guide « les fixations en métallerie ». Ce guide présente des solutions pré-calculées de chevilles répondant aux efforts demandés pour de nombreuses configurations de garde-corps :

- quatre lieux d'installation : bâtiments d'habitation, ERP, stades, milieux industriels,
- trois types de montage : sur dalle, en nez de dalle, sur muret,
- quatre types de platine : deux chevilles centrées ou arrières, trois chevilles ou quatre chevilles,
- sept longueurs entre montants.

Ce guide traite 280 cas avec, pour chacun, deux possibilités de chevilles chimiques et deux possibilités de chevilles mécaniques.

Il peut être utile pour déterminer une fixation appropriée en amont du projet ou pour vérifier la cheville choisie.



3.5. DIMENSIONNEMENT DES PLATINES

► Types de platines

Les platines considérées sont caractérisées par :

- leur longueur a ,
- leur largeur b ,
- leur épaisseur e ,
- la distance h entre l'axe des fixations actives et l'extrémité de la platine.

Sont pris en compte dans ce guide les trois types de platines suivantes.

TABLEAU 11 – TYPES DE PLATINES RETENUES

TYPE I UNE CHEVILLE ARRIÈRE	TYPE II DEUX CHEVILLES ARRIÈRES	TYPE III DEUX CHEVILLES CENTRÉES

La platine de type II présente l'avantage par rapport à la platine de type I de diviser par deux l'effort appliqué à la fixation. Il faut cependant tenir compte de l'entraxe entre les fixations.

Pour respecter les valeurs de « pince » et éviter l'arrachement localisé au niveau du passage de fixation, il est recommandé que la distance b' soit supérieure à 1,5 fois le diamètre du trou de passage de la fixation.

► Prise en compte d'un effort intérieur

Le calcul des efforts d'arrachement des fixations présenté au chapitre 3.4 (p.34) est réalisé en prenant uniquement en compte les efforts vers l'extérieur. Aucun texte ne présente de valeurs sur les efforts intérieurs.

Seule la norme d'essai NF P 01-013 présente des exigences pour la réalisation d'essais avec une charge dirigée vers l'intérieur (400 N par travée). Cependant, cette norme n'est applicable qu'aux garde-corps couverts par la norme NF P 01-012 ne pouvant être dimensionnés par calcul, et ne concerne que « le comportement intrinsèque des garde-corps rectilignes à l'exception de leur fixation à leur structure ».

Néanmoins, il convient de respecter les bonnes pratiques suivantes afin de pallier une utilisation anormale du garde-corps (application volontaire d'un effort intérieur par exemple) :

- utiliser les platines avec chevilles centrées (type III), ou
- dans le cas de platines à chevilles arrières (type I et II), positionner l'axe de la cheville tel que $a' \geq \frac{1}{2} h$ (voir Tableau 11), ou
- utiliser une platine à 3 ou 4 chevilles correctement dimensionnées.

▷ Épaisseur des platines de type I et II

Sollicitations à prendre en compte sur la platine

La Figure 13 présente les sollicitations auxquelles la platine est soumise. Sous l'action d'un effort horizontal sur le montant, la platine est soumise d'une part à la réaction du béton comprimé R_1 et d'autre part à la réaction de la fixation R_2 .

Compte tenu de la géométrie de la platine et de la présence du poteau, il résulte un moment de flexion maximal en C, au niveau du montant, mais au droit de la soudure dans le cas d'un montant soudé sur la platine.

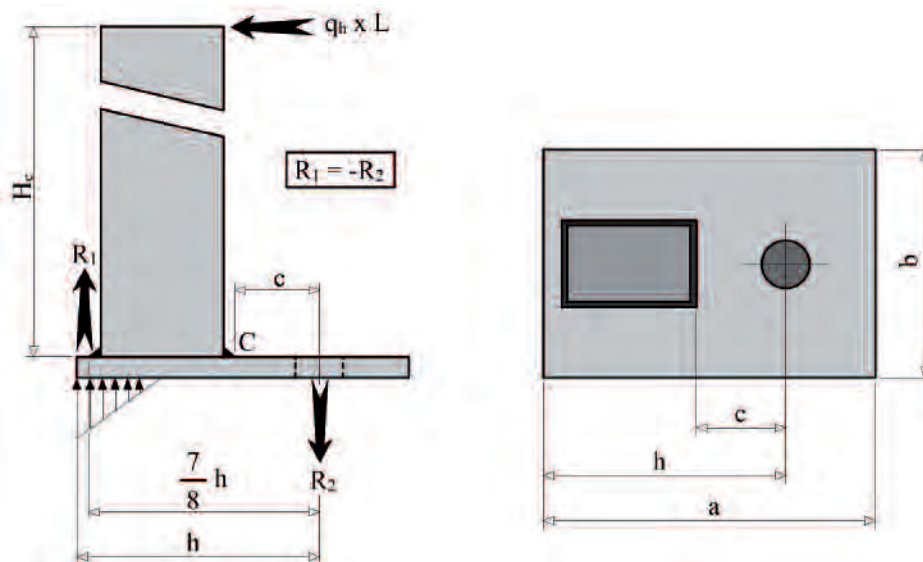


FIGURE 13 – SOLLICITATIONS CONSIDÉRÉES

R_2 est la réaction à l'effort d'arrachement Q appliqué à la fixation.

Dimensionnement de la platine

La platine étant dimensionnée à l'État Limite Ultime (vérification vis-à-vis de la résistance structurale), la sollicitation est pondérée par le coefficient γ égal à 3/2.

La résistance de la platine se caractérise par son module d'inertie W . La condition suivante doit donc être vérifiée :

$$W_{\text{platine}} \geq \frac{M}{f_y}$$

Avec :

M (Nm)	moment de flexion maximum dans la platine	$M = -R_2 \times c = \frac{3}{2} \times n \times Q \times c$
	Où $R_2 = -\frac{3}{2} \times n \times Q$, n étant le nombre de fixations,	
	– Q (N) est l'effort d'arrachement appliqué à la fixation,	
	– c (m) est la distance entre l'axe de la fixation et le bord de soudure du montant.	

On a donc :

$$W_{\text{platine}}(\text{cm}^3) \geq \frac{3}{2} \frac{n \times Q(\text{N}) \times c(\text{m})}{f_y(\text{MPa})}$$

Épaisseur de la platine

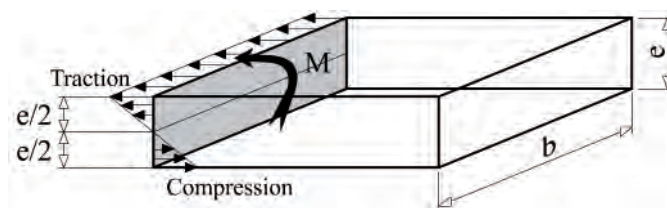


FIGURE 14 – ÉPAISSEUR DE LA PLATINE

La platine étant une section rectangulaire, son module d'inertie est donné par la relation suivante :

$$W_{\text{platine}} = \frac{b \times e^2}{6}$$

Il en résulte, pour l'épaisseur de la platine, la condition suivante :

$$\frac{b \times e^2}{6} \geq \frac{3}{2} \frac{n \times Q \times c}{f_y}$$

soit

$$e(\text{mm}) \geq \sqrt{\frac{9 \times n \times Q(\text{N}) \times c(\text{mm})}{f_y(\text{MPa}) \times b(\text{mm})}} \quad [10]$$

Avec la relation tirée du chapitre 3.4 (p.34) : $Q = \frac{8}{7} \times \frac{1}{n} \frac{q_h \times L \times H_c}{h}$, on a donc :

$$e(\text{mm}) \geq \sqrt{\frac{72}{7} \frac{q_h(\text{N/m}) \times L(\text{m}) \times H_c(\text{m}) \times c(\text{mm})}{f_y(\text{MPa}) \times b(\text{mm}) \times h(\text{m})}} \quad [11]$$

Avec :

q_h (N/m)	charge d'exploitation horizontale (voir Tableau 7, p.24)
L (m)	distance entre montants
H_c (m)	hauteur d'application de la charge
c (mm)	distance entre le droit de la soudure et l'axe des fixations tendues
f_y (MPa)	limite d'élasticité de l'acier
b (mm)	largeur de la platine
h (m)	distance entre le bord de la platine et l'axe des fixations tendues

La formule [11] est établie dans l'hypothèse où les fixations tendues sont disposées sur le même axe (même bras de levier par rapport à C).

▷ Dimensionnement des platines de type III

Sollicitations à prendre en compte sur la platine

Les sollicitations prises en compte sont présentées à la Figure 15.

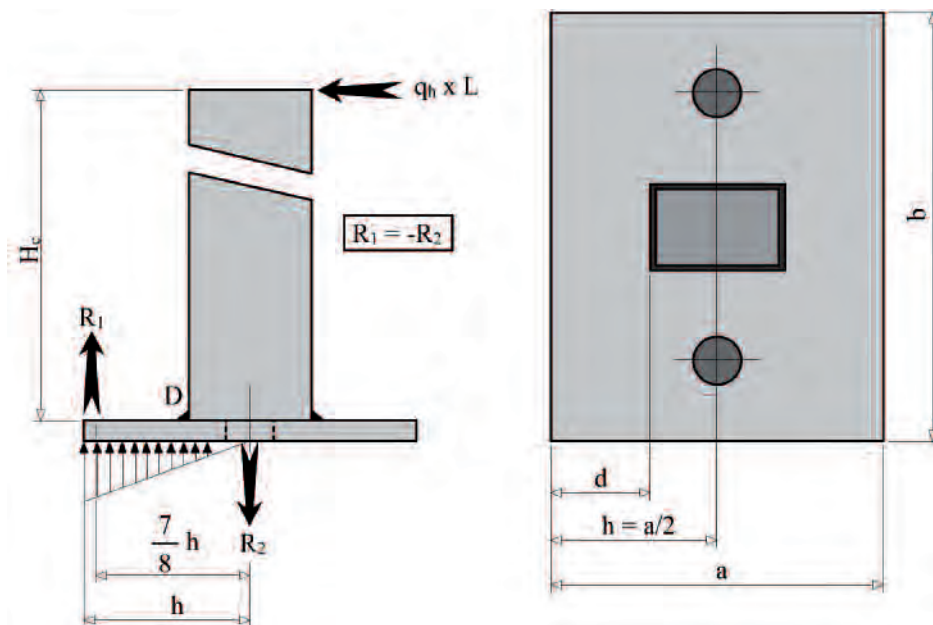


FIGURE 15 – SOLLICITATIONS CONSIDÉRÉES SUR LA PLATINE DE TYPE III

Moment de flexion dans la section de la platine la plus sollicitée

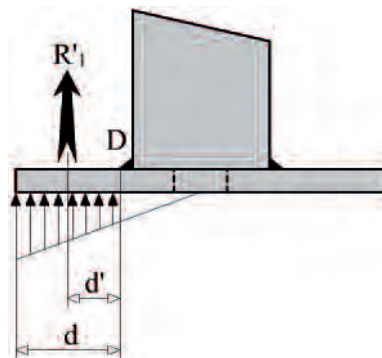


FIGURE 16 – MOMENT DE FLEXION DANS LA SECTION LA PLUS SOLLICITÉE

Compte tenu de la géométrie de la platine et de la présence du poteau, il résulte un moment de flexion maximal en D, au niveau du montant, mais au droit de la soudure dans le cas d'un montant soudé sur la platine.

Ce moment vaut : $M = R'_1 \times d'$

Avec :

R'_1 (N)	résultante des réactions de compression du béton tronquées en D
d' (mm)	distance entre D et le point d'application de R'_1 (centre de gravité des réactions)

Par simplification, la valeur du moment est majorée en prenant : $M = R_1 \times d$

Avec :

R_1 (N)	réaction totale du béton comprimée ($R_1 = Q$)
d (mm)	distance entre D et le bord de la platine

Épaisseur de la platine

En appliquant les mêmes principes que pour les platines de type I et II, on obtient :

$$e(\text{mm}) \geq \sqrt{\frac{18 \times Q(\text{N}) \times d(\text{mm})}{f_y(\text{MPa}) \times b(\text{mm})}} \quad [12]$$

Avec la relation tirée du chapitre 3.4 (p.34) : $Q = \frac{8}{14} \frac{q_h \times L \times H_c}{h}$, on a donc :

$$e(\text{mm}) \geq \sqrt{\frac{72}{7} \frac{q_h(\text{N/m}) \times L(\text{m}) \times H_c(\text{m}) \times d(\text{mm})}{f_y(\text{MPa}) \times b(\text{mm}) \times h(\text{m})}} \quad [13]$$

Avec :

q_h (N/m)	charge d'exploitation horizontale (voir Tableau 7, p.24)
L (m)	distance entre montants
H_c (m)	hauteur d'application de la charge
d (mm)	distance entre le droit de la soudure et le bord de la platine
f_y (MPa)	limite d'élasticité de l'acier
b (mm)	largeur de la platine
h (m)	distance entre le bord de la platine et l'axe des fixations tendues

PARTIE II

LES GARDE-CORPS ACCESSIBLES AU PUBLIC

PARTIE II

► **C**ette partie du guide présente les dispositions géométriques de sécurité et les règles de dimensionnement applicables aux garde-corps accessibles au public à l'exception des garde-corps installés dans les tribunes et stades traités à la partie III de ce guide.

Cette partie présente également des tableaux permettant de sélectionner les profils satisfaisant aux exigences de dimensionnement pour les éléments d'un garde-corps, à savoir les montants, la main courante, les fixations et les platines.

GÉNÉRALITÉS

1.1. LES TEXTES DE RÉFÉRENCE

Les exigences applicables aux garde-corps accessibles au public sont principalement induites par les normes suivantes :

NF P 01-012 (juillet 1988)	Dimensions des garde-corps – Règles de sécurité relatives aux dimensions des garde-corps et rampes d'escalier
NF P 01-013 (août 1988)	Essais des garde-corps – Méthodes et critères
NF P 06-111-2/A1 (mars 2009) ¹²	Eurocodes – Bases de calcul des structures – Partie 2 : annexe nationale à l'EN 1991-1-1
NF P 06-001 (juin 1986) ¹³	Base de calcul des constructions – Charges d'exploitation des bâtiments

La norme NF P 06-111-2/A1 est un amendement de l'Annexe nationale de la partie 1-1 de l'Eurocode 1 (norme NF EN 1991-1-1). Cet amendement présente les charges d'exploitation horizontales spécifiques aux garde-corps. Pour plus d'informations, il convient de se reporter au chapitre 2.1 de la partie I (p.24) de ce guide.

La norme NF P 06-111-2/A1 est destinée à remplacer la norme NF P 06-001 après la fin de la période transitoire (mars 2010). Avant cette date, les charges d'exploitation définies par la norme NF P 06-001 restent applicables sauf indication contraire du maître d'ouvrage. Ces charges sont présentées au Tableau 7 (p.24). Néanmoins, seules les charges définies par la norme NF P 06-111-2/A1 sont prises en compte dans les calculs réalisés dans ce guide.

A ces documents peuvent s'ajouter des dispositions liées directement à la réglementation française et notamment au Code de la Construction et de l'Habitation.

1.2. LE DOMAINE D'APPLICATION

Les ouvrages visés par cette partie du guide sont les garde-corps à caractère définitif rencontrés dans :

- les bâtiments d'habitation,
- les bureaux,
- les commerces,
- les bâtiments scolaires,
- les bâtiments industriels et agricoles pour les parties où le public a accès,
- les autres établissements recevant du public.

ainsi que les garde-corps installés aux abords de ces bâtiments.

¹² A compter de mars 2010 ou en cas de spécification du maître d'ouvrage

¹³ Jusqu'en mars 2010

Au sens de l'article R. 123-2 du Code de la Construction et de l'Habitation, constituent des établissements recevant du public « tous bâtiments, locaux et enceintes dans lesquels des personnes sont admises, soit librement, soit moyennant une rétribution ou une participation quelconque, ou dans lesquels sont tenues des réunions ouvertes à tout venant ou sur invitation, payantes ou non. Sont considérées comme faisant partie du public toutes les personnes admises dans l'établissement à quelque titre que ce soit en plus du personnel ».

Pour certains types de construction, tels que les immeubles de grande hauteur (IGH), les écoles maternelles, les locaux pour handicapés physiques, des prescriptions complémentaires peuvent être fixées par un règlement ou un cahier des charges.

1.3. DÉFINITION D'UN GARDE-CORPS

La norme NF P 01-012 définit un garde-corps comme « un ouvrage qui a pour rôle de protéger contre les risques de chute fortuite dans le vide, les personnes stationnant ou circulant à proximité de ce dernier, mais non de leur interdire le passage ou l'escalade forcés ou volontaires ».

Les règles prescrites par la norme NF P 01-012 sont des spécifications minimales propres à assurer la protection contre les chutes fortuites ou involontaires. Il y a lieu de compléter les garde-corps répondant à ces spécifications minimales lorsque l'on désire qu'ils s'opposent aux chutes provoquées délibérément, ainsi qu'à celles qui ont pour cause l'imprudence d'enfants livrés à eux-mêmes. Il est rappelé que la responsabilité des actes de ces derniers incombe toujours aux personnes qui en ont la charge.

OBLIGATION D'INSTALLATION D'UN GARDE-CORPS

2.1. CAS GÉNÉRAL

L'installation d'un garde-corps est obligatoire lorsque la hauteur de chute comptée à partir de la zone de stationnement normal (ZSN) ou de la zone de stationnement précaire (ZSP), est supérieure à 1 m.

Les définitions des zones de stationnement normal et de stationnement précaire sont données respectivement aux chapitres 3.1.3 (p.52) et 3.1.4 (p.54).

La norme NF P 01-012 recommande toutefois, dans le cas où la hauteur de chute est inférieure ou égale à 1 m, d'établir à la limite contiguë au vide, un obstacle de faible hauteur tel que muret, acrotère, jardinière, ... Il faut néanmoins faire attention à la nouvelle hauteur de chute créée. Si celle-ci est supérieure à 1 m, il y a obligation d'installer un garde-corps.

2.2. CAS PARTICULIERS

► 2.2.1. Dénivellation avec la zone de réception inférieure à 1 m

Lorsqu'il existe une dénivellation inférieure à 1 m, un garde-corps d'une hauteur satisfaisant aux prescriptions décrites à la Figure 17 doit être installé.

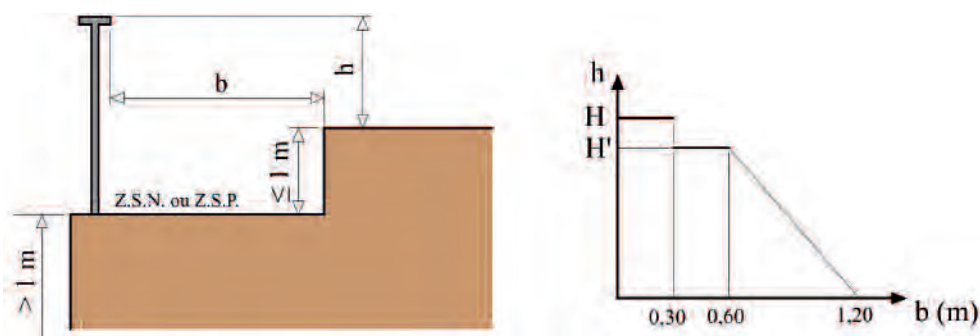
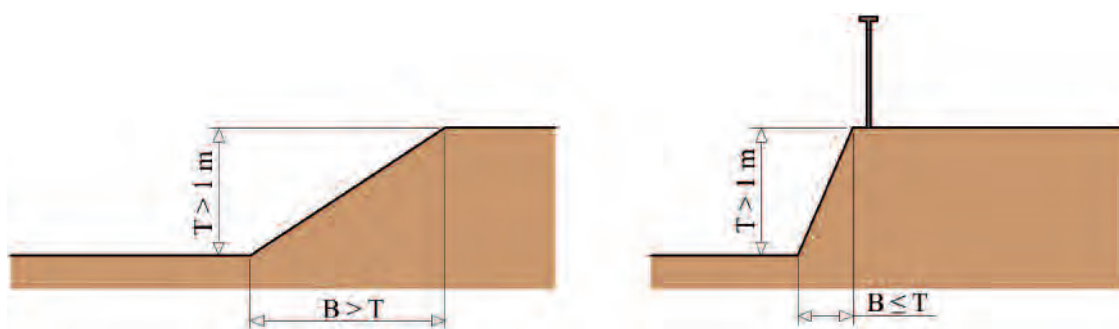


FIGURE 17 – DÉNIVELLATION AVEC LA ZONE DE RÉCEPTION INFÉRIEURE À 1 M

Les hauteurs H et H' sont définies aux chapitres 3.1.3 (p.52) et 3.1.4 (p.54), respectivement.

► 2.2.2. Dénivellation avec la zone de réception supérieure à 1 m

Dans le cas d'un talus par exemple, la mise en place d'un garde-corps dépend de la pente de la dénivellation. Si l'angle d'inclinaison est inférieur à 45°, il n'y a pas lieu de prévoir un garde-corps. Ce cas est illustré à la Figure 18.



Pas d'obligation de mettre un garde-corps

Obligation de mettre un garde-corps

FIGURE 18 – DÉNIVELLATION AVEC LA ZONE DE RÉCEPTION SUPÉRIEURE À 1 M

► 2.2.3. Cas des bâtiments d'habitation

► Cas général

Le décret N°2002-120 du 30 janvier 2002 définissant le logement décent indique que « les dispositifs de retenue des personnes, dans le logement et ses accès, tels que garde-corps des fenêtres, escaliers, loggias et balcons, sont dans un état conforme à leur usage ».

Bien que ce décret ne précise pas les textes à respecter pour que les garde-corps soient « conformes à leur usage », on peut comprendre que, pour qu'un logement soit décent, les garde-corps doivent d'une part être dimensionnés pour résister aux charges d'exploitation définies et d'autre part respecter les dispositions géométriques de sécurité applicables. Sur ce dernier point, la norme NF P 01-012 devient donc indirectement d'application obligatoire.

Il faut préciser que le décret N°2002-120 a été publié en application de l'article 187 de la loi N°2000-1208 du 13 décembre 2000 relative à la solidarité et au renouvellement urbain. Cet article traite des dispositions relatives à l'obligation d'un bailleur de délivrer un logement décent à un locataire. Ce texte ne s'applique donc pas à un propriétaire qui occuperait son logement qu'il soit individuel ou collectif.

► Cas des fenêtres

L'article R.111-15 du Code de la Construction et de l'Habitation impose l'installation d'une protection sur les fenêtres des bâtiments d'habitation lorsque leurs parties basses sont situées à moins de 0,90 m du plancher fini.

EXTRAIT DU CODE DE LA CONSTRUCTION ET DE L'HABITATION

Article R. 111-15

Aux étages autres que le rez-de-chaussée :

- Les fenêtres autres que celles ouvrant sur des balcons, terrasses ou galeries et dont les parties basses se trouvent à moins de 0,90 mètre du plancher doivent, si elles sont au-dessus du rez-de-chaussée, être pourvues d'une barre d'appui et d'un élément de protection s'élevant au moins jusqu'à un mètre du plancher ;
- Les garde-corps des balcons, terrasses, galeries, loggias, doivent avoir une hauteur d'au moins un mètre ; toutefois, cette hauteur peut être abaissée jusqu'à 0,80 mètre au cas où le garde-corps a plus de cinquante centimètres d'épaisseur.

Ce cas est illustré à la Figure 19.

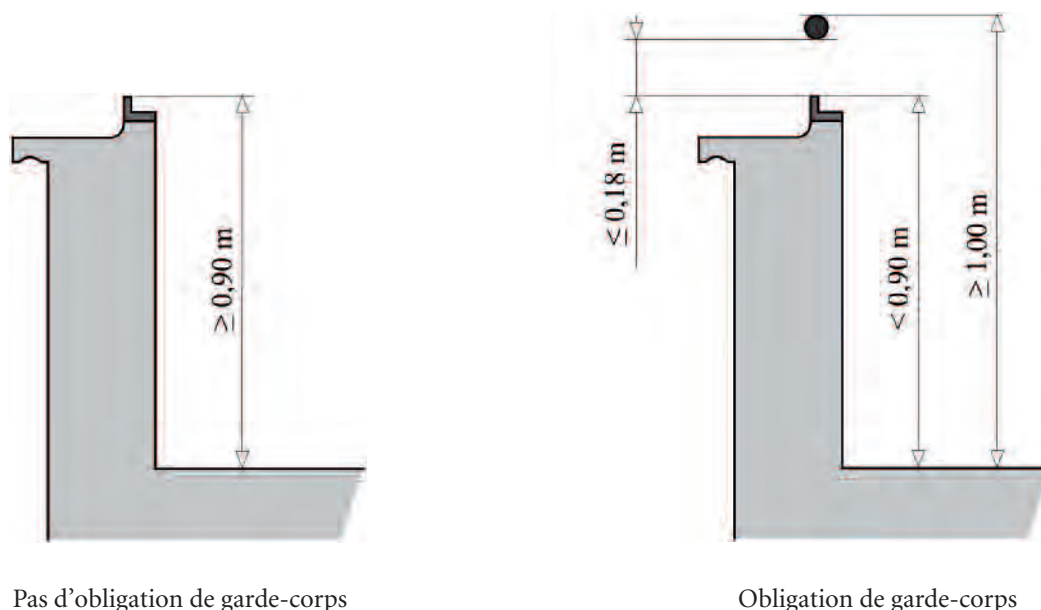


FIGURE 19 – PROTECTION DES FENÊTRES EN BÂTIMENTS D'HABITATION

La partie basse de la fenêtre est composée de l'allège surmontée du dormant.

Lorsque l'allège surmontée du dormant a moins de 0,90 m de hauteur, elle doit être complétée par une main courante, ou un garde-corps, si cela est nécessaire de telle sorte que la partie supérieure de l'ouvrage de protection soit à plus d'un mètre du plancher fini et ce, quelle que soit l'épaisseur de cette allège.

Lorsque la fenêtre se trouve au rez-de-chaussée et que la hauteur de chute est supérieure à 1 m, les dispositions ci-dessus s'appliquent.

► Cas des parties privatives

La norme NF P 01-012 indique qu'elle peut ne pas s'appliquer pour les garde-corps situés à l'intérieur des logements et ne donnant pas sur l'extérieur à la condition que le maître d'ouvrage le notifie par écrit.

La norme précise que cette notification « doit être faite en toute connaissance des spécifications de la norme et des risques qu'elle a pour but de prévenir » (hauteur minimale de protection, espacement des barreaudages, ...).

Bien que la norme prévoie cette exemption, l'Union des Métalliers recommande de respecter la norme NF P 01-012 même dans cette situation.

► 2.2.4. Cas des rampes d'accès (personnes à mobilité réduite)

Dans le cas des établissements recevant du public (ERP) et des bâtiments d'habitation, les arrêtés du 1^{er} août 2006 stipulent que « lorsque le cheminement est bordé à une distance inférieure à 0,90 m par une rupture de niveau d'une hauteur de plus de 0,40 m, un dispositif de protection doit être implanté afin d'éviter les chutes ».

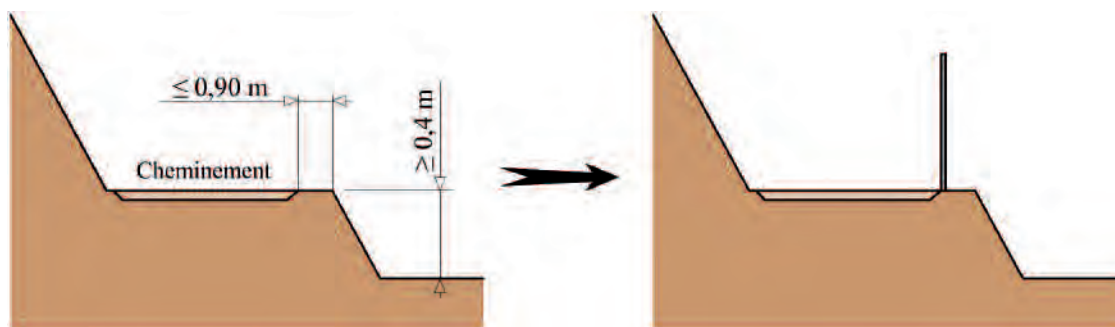


FIGURE 20 – DISPOSITIF DE PROTECTION SUR RAMPES D'ACCÈS

Les arrêtés ne précisent pas les règles de sécurité à respecter par le dispositif de protection. L'Union des Métalliers recommande d'appliquer les dispositions suivantes (en l'absence de demandes spécifiques dans le cahier des charges) :

- hauteur de chute comprise entre 0,40 m et 1 m : installation d'une main courante à une hauteur de 0,90 m dont les éléments sont dimensionnés pour résister aux charges d'exploitation correspondant à la destination du bâtiment (600 N/m pour les bâtiments d'habitation et 1 000 N/m pour les ERP).
- hauteur de chute supérieure à 1 m : installation d'un garde-corps conforme à la norme NF P 01-012 (voir chapitre 2.2.2, p.46).

La circulaire du 30 novembre 2007 recommande qu'une main courante soit installée sur au moins l'un des côtés dans le cas d'une rampe de pente supérieure à 4 %.

L'installation d'une seconde main courante à une hauteur intermédiaire est également recommandée pour permettre l'accès des enfants et des personnes de petite taille (voir Figure 21). Cette seconde main courante n'est pas exigée dans la réglementation mais peut être demandée dans le cahier des charges.

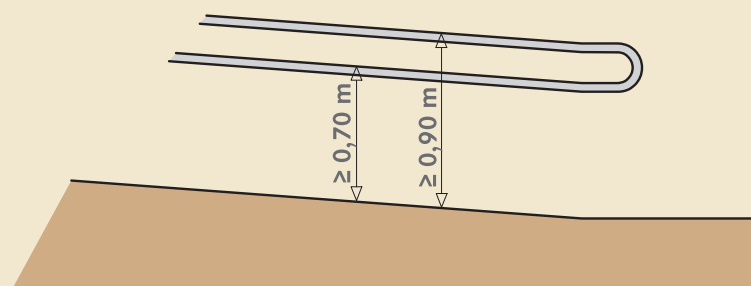


FIGURE 21 – SECONDE MAIN COURANTE POUR RAMPE D'ACCÈS

Les arrêtés du 1^{er} août 2006 précisent que les mains courantes doivent être continues, rigides et facilement préhensibles. Lorsqu'une seconde main courante est exigée, celle-ci doit donc être déportée afin de laisser un passage libre de 50 mm au minimum au droit des montants (voir Figure 22).

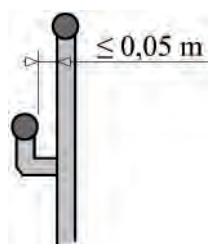


FIGURE 22 – DÉPORT DE LA SECONDE MAIN COURANTE

► 2.2.5. Cas des établissements recevant du public (ERP)

L'article AM 17 « aménagements de planchers légers en superstructures » du règlement de sécurité incendie dans les ERP présente des dispositions rendant obligatoire d'une part, le dimensionnement des garde-corps par rapport aux charges d'exploitation définies et d'autre part, le respect de la norme NF P 01-012. Les dispositions géométriques de sécurité de la norme NF P 01-012 sont donc d'application obligatoire dans les établissements recevant du public.

Le paragraphe 4 de l'article AM 17 indique en effet que « *les valeurs des charges d'exploitation à retenir sont celles prévues par la norme NF P 06-001, en fonction de la nature des locaux dans lesquels ces aménagements sont réalisés* ». Il faut noter que la norme NF P 06-001 est amenée à être remplacée par la norme NF P 06-111-2/A1 (voir chapitre 3.1 de la partie I, p.27).

Le paragraphe 5 de ce même article précise quant à lui que « *les dispositions des normes NF P 01-012 et NF P 90-500 concernant les garde-corps s'appliquent à ces constructions et à leurs escaliers d'accès, afin d'éviter les chutes et pour résister aux poussées de la foule* ». Là aussi, il convient de préciser que la norme NF P 90-500 a depuis été remplacée par la norme NF EN 13200-3¹⁴ dont les exigences sont précisées à la partie IV de ce même guide.

► 2.2.6. Cas du remplacement d'un garde-corps non conforme à la norme NF P 01-012

La norme NF P 01-012 précise qu'elle ne s'applique pas :

- aux garde-corps des édifices classés monuments historiques ou inscrits à l'inventaire des monuments historiques,
- au remplacement à l'équivalent des garde-corps effectué lors du ravalement de bâtiments anciens, ou d'adjonctions de parties de bâtiments de même style.

Cependant, la DGCCRF (Direction Générale de la Concurrence, de la Consommation et de la Répression des Fraudes) a demandé, dans un courrier daté du 22 novembre 1989, que les membres de l'Union des Métalliers attirent l'attention du maître d'ouvrage sur l'intérêt de procéder au remplacement ou à une modification des garde-corps non conformes à la norme NF P 01-012.

Ceci était déjà recommandé dans la circulaire du 13 décembre 1982 relative à la sécurité des personnes en cas de travaux de réhabilitation ou d'amélioration des bâtiments existants.

EXTRAITS DE LA CIRCULAIRE DU 13 DÉCEMBRE 1982

Section II – Autres dispositions relatives à la sécurité des personnes

[...]

5. Protection contre les chutes

5.1 Garde-corps des balcons, terrasses, galeries ou loggias

En cas de mise en place ou de remplacement des garde-corps, ceux-ci doivent être placés à un mètre du plancher. Il est alors recommandé de respecter les prescriptions dimensionnelles de la norme NF P 01-012.

Toutefois, lorsque le remplacement ne porte que sur quelques garde-corps d'une façade justifiant de conserver une unité architecturale, le remplacement pourra se faire à l'identique.

Dans les locaux transformés à usage d'habitation, un garde-corps ou une barre d'appui doit être mis en place à 1 mètre du plancher dès lors que l'appui de la fenêtre est inférieur à 0,90 mètre.

5.2 Rampes d'escalier

En cas de mise en place ou de remplacement d'une rampe d'escalier, il est recommandé de se conformer aux prescriptions de la norme NF P 01-012 qui prévoit notamment une hauteur minimale de 1 mètre sur palier et 0,90 mètre sur volée d'escalier et des dispositions relatives aux parties ajourées.

¹⁴ NF EN 13200-3 (février 2006) : Installations pour spectateurs – Partie 3 : éléments de séparation – Exigences

DISPOSITIONS GÉOMÉTRIQUES DE SÉCURITÉ

Ce chapitre traite des exigences de sécurité tirées principalement de la norme NF P 01-012.

3.1. HAUTEURS DE PROTECTION D'UN GARDE-CORPS

► 3.1.1. Généralités

Tous les garde-corps doivent être conçus de manière à répondre aux spécifications de hauteur normale de protection H (voir chapitre 3.1.3, p.52).

Lorsqu'il existe des zones de stationnement précaire telles que définies au chapitre 3.1.4 (p.54), les garde-corps doivent en plus répondre aux spécifications de hauteur réduite de protection H' (voir chapitre 3.1.4, p.54).

Lorsqu'il existe des zones d'agenouillement telles que définies au chapitre 3.1.6 (p.59), le garde-corps doit en plus satisfaire à l'exigence de hauteur de protection H_1 (voir chapitre 3.1.6, p.59).

► 3.1.2. Épaisseur des garde-corps

La norme NF P 01-012 définit l'épaisseur d'un garde-corps comme étant « la distance horizontale E entre le bord extérieur de la face d'appui et le nu intérieur du garde-corps ». La Figure 23 illustre différents cas.

La norme définit le nu intérieur d'un garde-corps comme étant « le plan vertical à l'aplomb de la partie du garde-corps la plus saillante vers l'intérieur située à 0,60 m ou plus au-dessus de la zone de stationnement normal, et limitant l'avancée du garde-corps ».

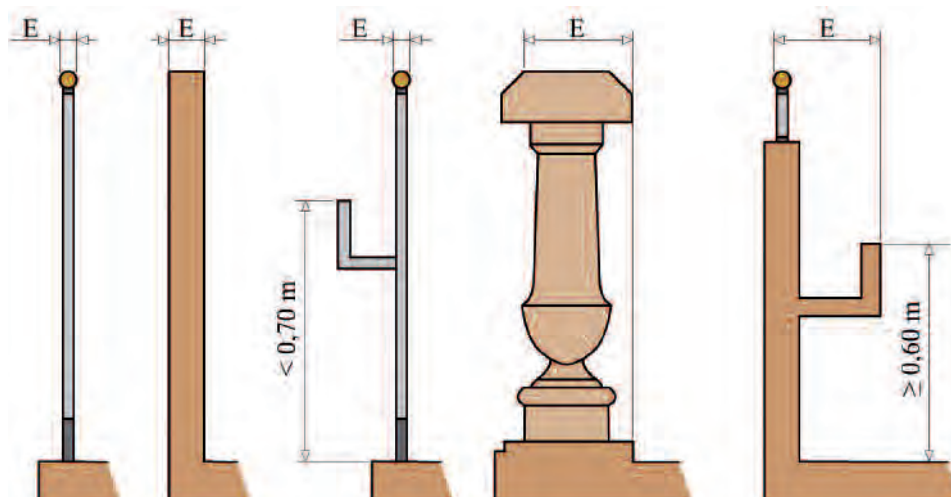


FIGURE 23 – ÉPAISSEUR DES GARDE-CORPS

Si le garde-corps comporte un élément extérieur dont la hauteur est supérieure ou égale à 0,70 m par rapport à la zone de stationnement normal, son épaisseur est la distance horizontale entre le nu extérieur de cet élément et le nu intérieur du garde-corps (cas des jardinières).

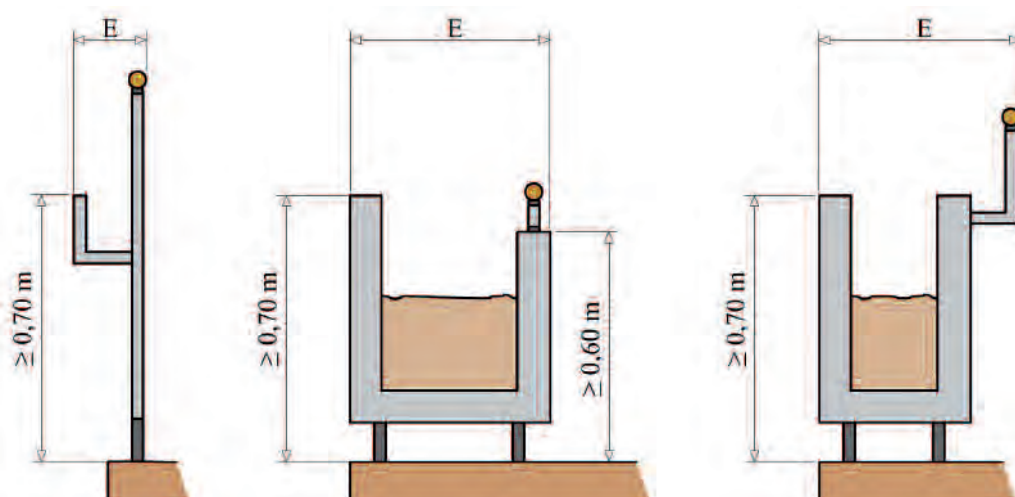


FIGURE 24 - ÉPAISSEUR DES GARDE-CORPS (CAS DES JARDINIÈRES)

L'élément extérieur de hauteur supérieure ou égale à 0,70 m est pris en considération uniquement dans le cas où il protège une zone de stationnement normal.

La norme distingue deux types de garde-corps :

- les garde-corps minces dont l'épaisseur est inférieure ou égale à 0,20 m ($E \leq 0,20$ m),
- les garde-corps épais dont l'épaisseur est supérieure à 0,20 m ($E > 0,20$ m).

► 3.1.3. Protection d'une zone de stationnement normal (ZSN)

► Définition

Répond aux critères d'une zone de stationnement normal, toute surface sensiblement horizontale normalement accessible :

- située à moins de 0,45 m au-dessus ou en dessous du niveau de circulation,
- située à une distance de nu intérieur du garde-corps inférieure à 0,30 m,
- dont les dimensions permettent d'y reposer totalement les pieds et de s'y tenir en équilibre naturel.

Toute surface répondant aux critères ci-dessus et dont les dimensions sont supérieures ou égales à 0,30 m x 0,30 m constitue une zone de stationnement normal (voir Figure 25).

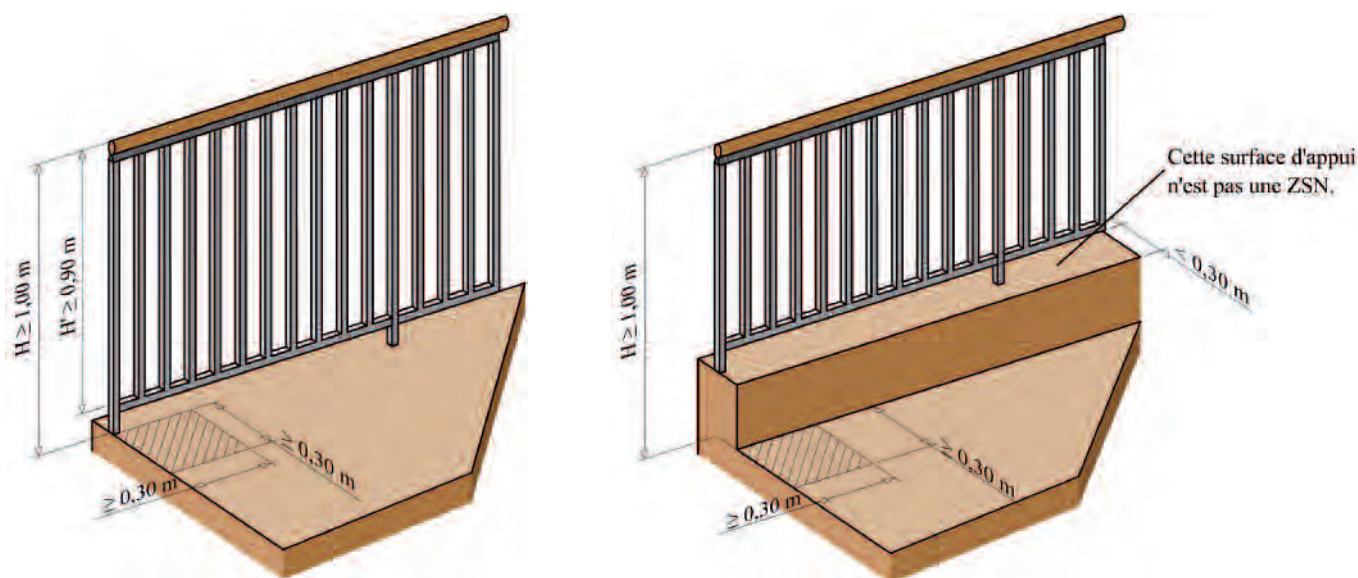


FIGURE 25 - ZONE DE STATIONNEMENT NORMAL

On comprend par « équilibre naturel » la situation où aucun appui ou prise complémentaire n'est nécessaire.

Si la surface d'appui du garde-corps est située à plus de 0,45 m au-dessus de la zone de circulation, il y a lieu de vérifier si la surface constitue une zone d'agenouillement (voir chapitre 3.1.6, p.59).

Si la surface d'appui du garde-corps est en dessous de la zone de circulation, la situation est celle de l'existence d'une surélévation en arrière de cette zone. Il faut alors appliquer les préconisations décrites au chapitre 2.2.1 (cas d'une surélévation en arrière de la zone de stationnement ou de circulation, p.46).

La norme NF P 01 012 définit également la condition pour la zone de stationnement normal d'être située à une distance du nu intérieur du garde-corps inférieure à 0,30 m. Les situations à envisager sont celles reproduites à la Figure 26.

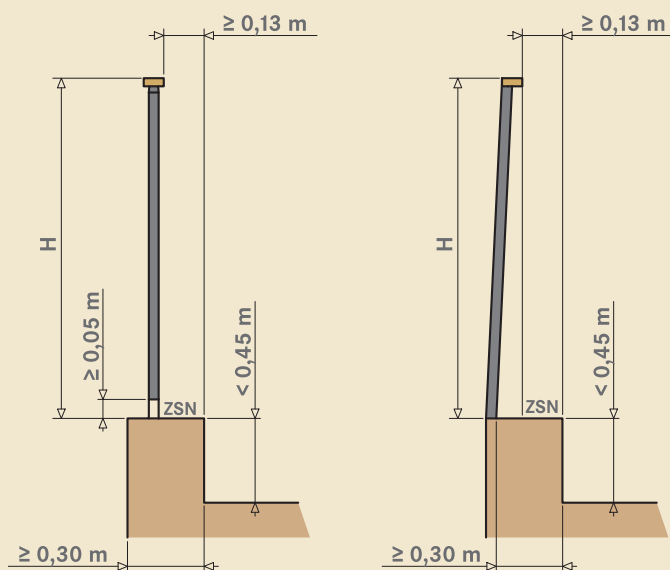


FIGURE 26 - ZONE DE STATIONNEMENT NORMAL

La cote $\geq 0,05$ m exprime la condition de la possibilité de glisser un pied sous la lisse basse.

► Hauteur de protection

Les zones de stationnement normal doivent être protégées par un garde-corps de hauteur H, dite hauteur normale de protection. La hauteur H varie selon l'épaisseur du garde-corps (voir Tableau 12).

TABLEAU 12 – HAUTEUR NORMALE DE PROTECTION H EN FONCTION DE L'ÉPAISSEUR DU GARDE-CORPS

	GARDE-CORPS MINCES	GARDE-CORPS ÉPAIS					
Épaisseur E (m)	$\leq 0,20$	0,25	0,30	0,35	0,40	0,45	$\geq 0,50$
Hauteur H (m)	1,00	0,975	0,95	0,925	0,90	0,85	0,80

Il convient d'interpoler pour les valeurs intermédiaires. Dans la pratique, il suffit de prendre la valeur H du tableau immédiatement supérieure à celle calculée par interpolation.

► 3.1.4. Protection d'une zone de stationnement précaire (ZSP)

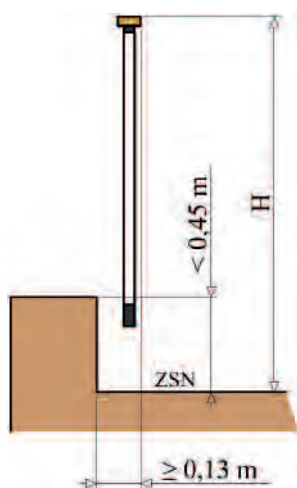
► Définition

Une zone de stationnement précaire est un emplacement sensiblement horizontal, normalement accessible, dont les dimensions ou la disposition permettent d'y prendre appui au moins sur un pied, mais non de s'y tenir debout autrement qu'en équilibre momentanément instable ou en équilibre assisté.

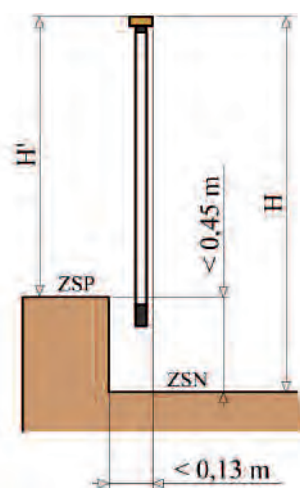
Cette zone est située :

- verticalement, à moins de 0,45 m au-dessus du niveau de stationnement normal,
- horizontalement :
 - côté intérieur, à moins de 0,60 m du nu intérieur du garde-corps,
 - côté extérieur, à moins de 0,13 m du nu intérieur du garde-corps lorsque l'on peut y passer le pied (voir Figure 27).

► Le corps est en équilibre assisté lorsque la stabilité de cet équilibre nécessite, outre l'appui d'un ou des deux pieds, un appui ou une prise complémentaire, par exemple avec les mains.



Pas de zone de stationnement précaire



Zone de stationnement précaire

FIGURE 27 - ZONE DE STATIONNEMENT PRÉCAIRE

On considère qu'il est possible de prendre appui sur un pied lorsque la zone de stationnement a une largeur supérieure ou égale à 0,10 m comptée horizontalement et parallèlement au garde-corps. Ainsi, la lisse basse d'un garde-corps à barreaux espacés de 0,11 m constitue généralement une zone de stationnement précaire.

Toute zone située à 0,45 m ou plus du niveau de circulation n'est pas considérée comme accessible sans l'aide d'un accessoire. Cette hauteur limite conditionnant le choix du garde-corps, est une valeur minimale en œuvre (c'est-à-dire sans aucune tolérance en moins).

L'importance de la cote 0,45 m est illustrée à la Figure 28 :

- relevé $< 0,45 \text{ m}$: il existe une zone de stationnement précaire. Celle-ci doit être protégée par une hauteur réduite de protection H' (0,90 m dans le cas général),
- relevé $\geq 0,45 \text{ m}$: il n'y a pas de zone de stationnement précaire. La hauteur du garde-corps est définie par la hauteur normale de protection H à partir de la zone de stationnement normal.

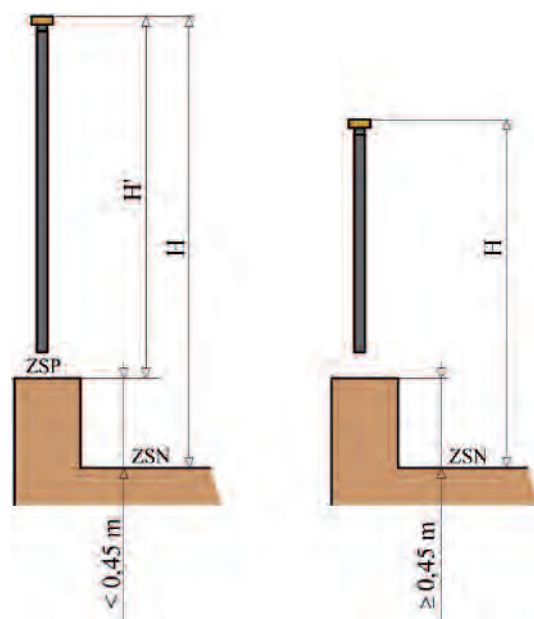


FIGURE 28 - IMPORTANCE DE LA COTE 0,45 m

► Illustrations de la zone de stationnement précaire

Lorsque la dimension comptée horizontalement et parallèlement au garde-corps est supérieure ou égale à 0,10 m, constituent une zone de stationnement précaire, notamment :

1. L'élément inférieur du garde-corps lorsque les dimensions « a » et « b » comptées perpendiculairement au garde-corps répondent aux conditions représentées aux Figures 29, 30 et 31.

La cote $\geq 0,05$ m exprime la condition de la possibilité de glisser un pied sous la lisse basse. Lorsque le vide est supérieur ou égal à 0,05 m, l'élément inférieur constitue une zone de stationnement précaire même si « a » a une dimension inférieure à 0,13 m (voir Figure 29b).

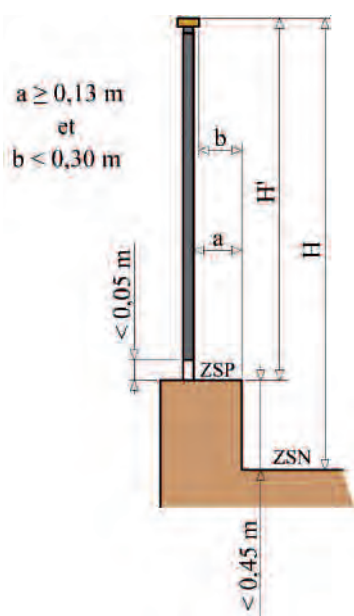


FIGURE 29a

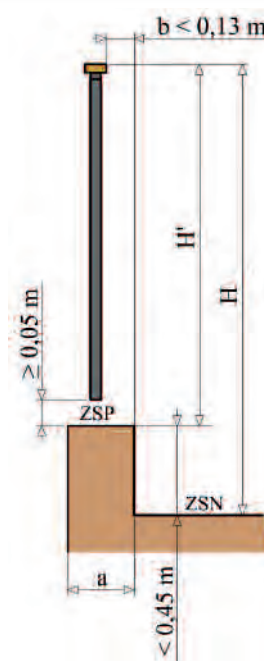


FIGURE 29b

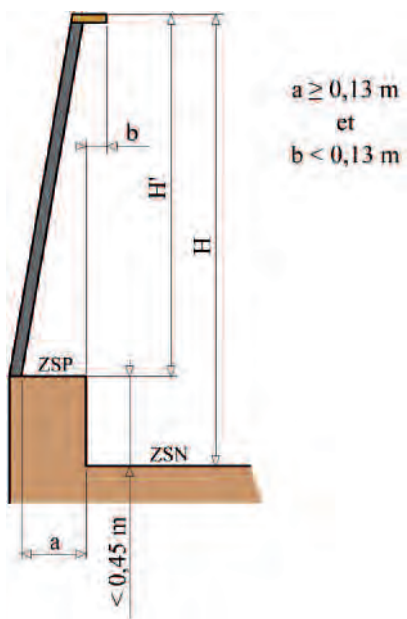


FIGURE 29c

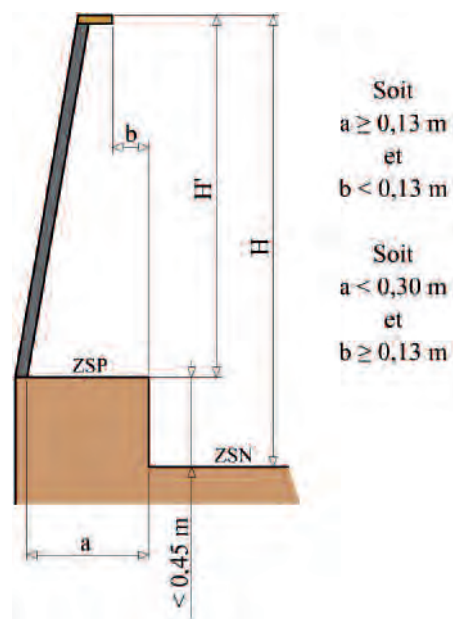


FIGURE 29d

FIGURE 29 - ZONE DE STATIONNEMENT PRÉCAIRE

2. Tout seuil de porte-fenêtre quelle que soit sa largeur (voir Figures 30a, 30b et 30c) ou tout élément présentant le même caractère (par emmarchement situé en retrait, voir Figure 30d).

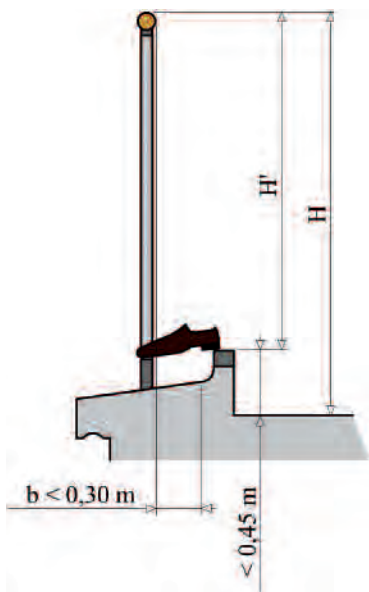


FIGURE 30a

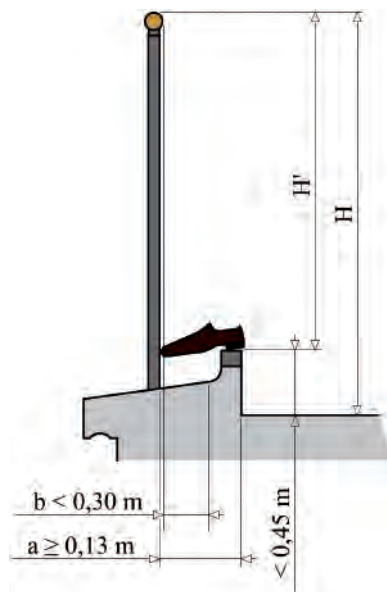


FIGURE 30b

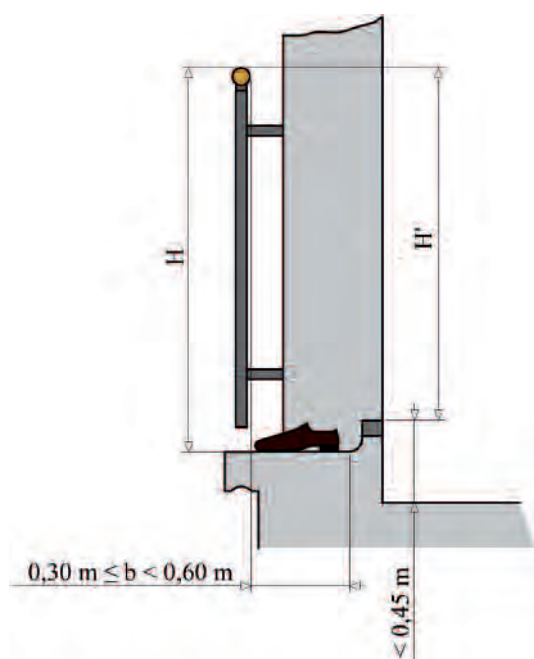


FIGURE 30c

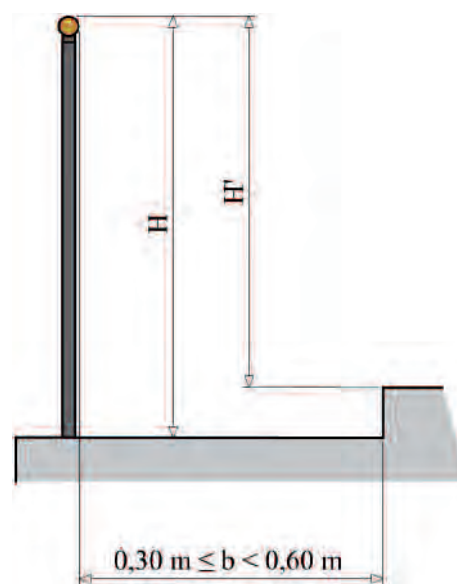


FIGURE 30d

FIGURE 30 – ZONE DE STATIONNEMENT PRÉCAIRE

3. La lisse basse ou tout élément bas d'une balustrade dont les barreaux sont espacés de 0,10 m ou plus (voir Figure 31).

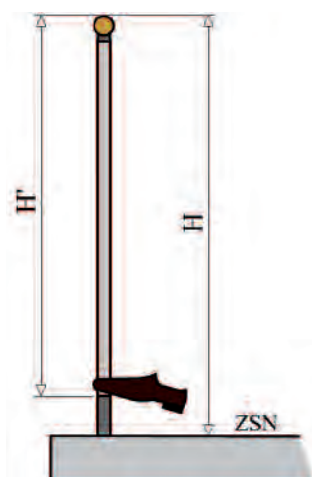


FIGURE 31a

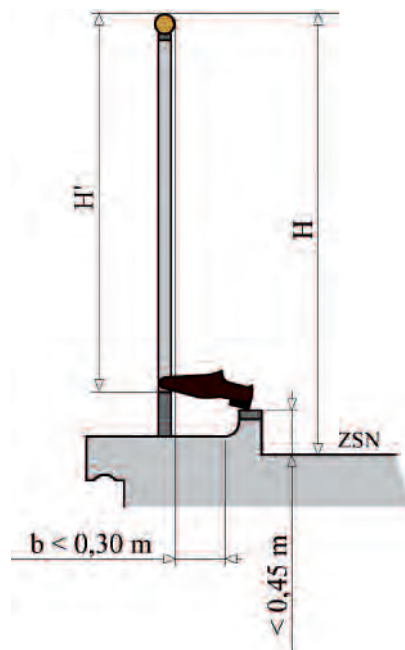


FIGURE 31b

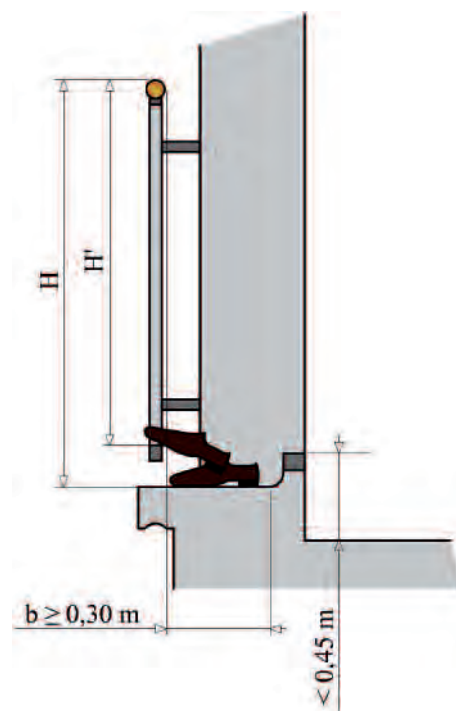


FIGURE 31c

FIGURE 31 – ZONE DE STATIONNEMENT PRÉCAIRE

► Hauteur de protection

Les zones de stationnement précaire doivent être protégées par un garde-corps de hauteur H' , dite hauteur réduite de protection. La hauteur réduite de protection H' est de 0,90 m. Pour les garde-corps d'épaisseur supérieure à 0,40 m, elle correspond à la hauteur normale de protection fixée au Tableau 12 (p. 53).

Les hauteurs réduites de protection sont présentées au Tableau 13 en fonction de l'épaisseur du garde-corps.

TABLEAU 13 – HAUTEUR RÉDUITE DE PROTECTION H' EN FONCTION DE L'ÉPAISSEUR DU GARDE-CORPS

Épaisseur E (m)	$\leq 0,40$	0,45	0,50	$> 0,50$
Hauteur H' (m)	0,90	0,85	0,80	0,80

► 3.1.5. Cas d'une dénivellation

Dans le cas de zone de stationnement normal présentant des dénivellés supérieurs à 0,10 m, la zone de stationnement normal haute est considérée comme zone de stationnement précaire par rapport au garde-corps de la partie basse. On doit alors donner au garde-corps une hauteur de protection réduite H' rapportée au niveau haut sur une longueur de 0,30 m (voir Figure 32).

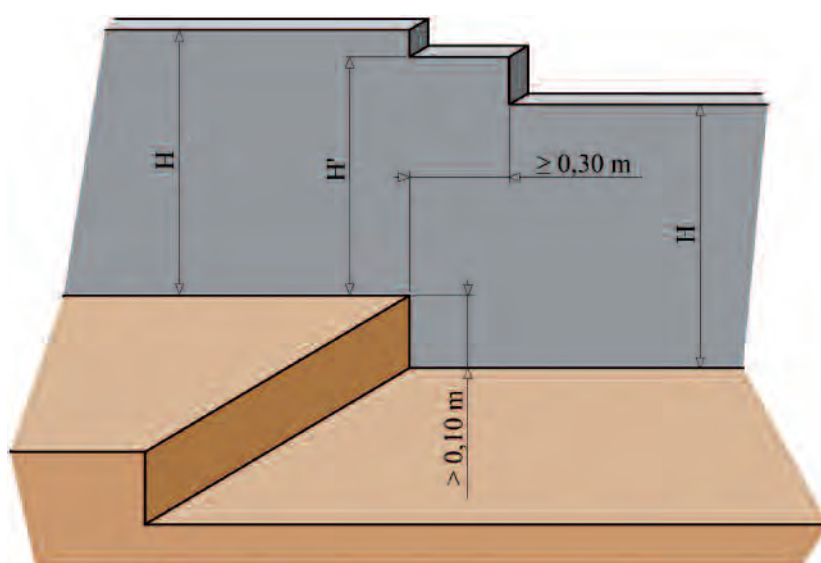


FIGURE 32 – CAS D'UNE DÉNIVELLATION

► Dans le cas où la dénivellation est inférieure ou égale à 0,10 m, la condition est toujours respectée (voir Figure 33).

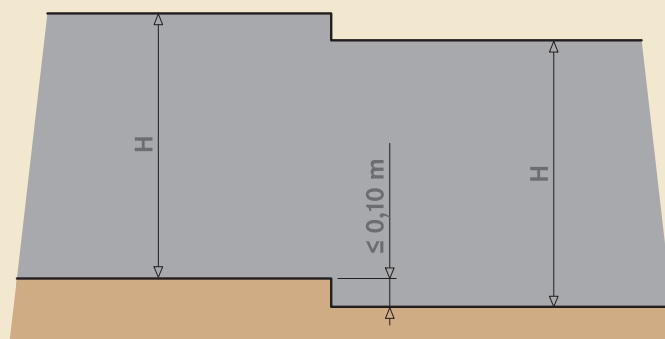


FIGURE 33 – CAS D'UNE DÉNIVELLATION INFÉRIEURE OU ÉGALE À 0,10 m

► 3.1.6. Zone d'agenouillement

Une surface d'appui est une zone d'agenouillement, ou permettant la position assise, si elle vérifie les conditions suivantes :

- sa hauteur « j » comptée à partir de la zone de stationnement (normal ou précaire) est telle que :

$$0,45 \text{ m} \leq j < 0,60 \text{ m}$$
- elle est rigide et sensiblement horizontale,
- sa dimension « b », perpendiculaire au garde-corps comptée à partir du nu intérieur de celui-ci, est telle que :

$$0,13 \text{ m} \leq b < 0,60 \text{ m}$$

Dans ce cas, la hauteur de protection H_1 , comptée à partir du point le plus haut de cette surface d'appui, ne doit pas être inférieure à 0,50 m.

► Cette surface d'appui peut-être constituée par un corps de chauffe. Dans ce cas, les 0,13 m sont comptés par rapport au nu intérieur de l'allège.

Si $j < 0,45 \text{ m}$ et $0,13 \text{ m} \leq b < 0,30 \text{ m}$, la zone d'agenouillement est une zone de stationnement précaire ($H_1 = H'$).

Si $j < 0,45 \text{ m}$ et $b \geq 0,30 \text{ m}$, la zone d'agenouillement est une zone de stationnement normal ($H_1 = H$).

Si $j \geq 0,60 \text{ m}$, le plan vertical le plus saillant définit le nu intérieur d'un garde-corps épais. La hauteur H de protection doit satisfaire aux conditions des garde-corps épais (voir chapitre 3.1.3, p. 52).

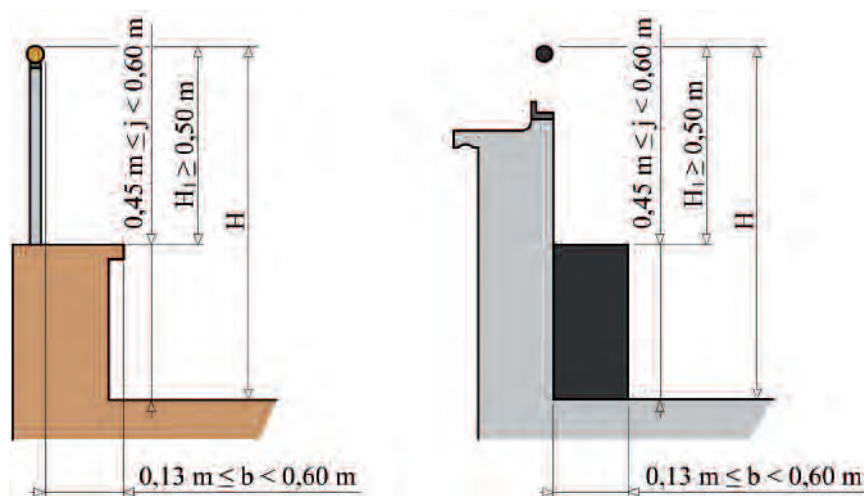


FIGURE 34 – ZONE D'AGENOUILLEMENT

3.2. AUTRES SPÉCIFICATIONS DIMENSIONNELLES

► 3.2.1. Garde-corps pleins

Les seules spécifications visant ce type de garde-corps sont celles relatives aux hauteurs de protection (voir chapitre 3.1, p. 51).

► 3.2.2. Garde-corps constitués d'éléments verticaux et horizontaux

La dimension horizontale des vides entre barreaux, panneaux, façades, tableaux dont la plus grande dimension est verticale, doit être au plus égale à 0,11 m (voir Figure 35).

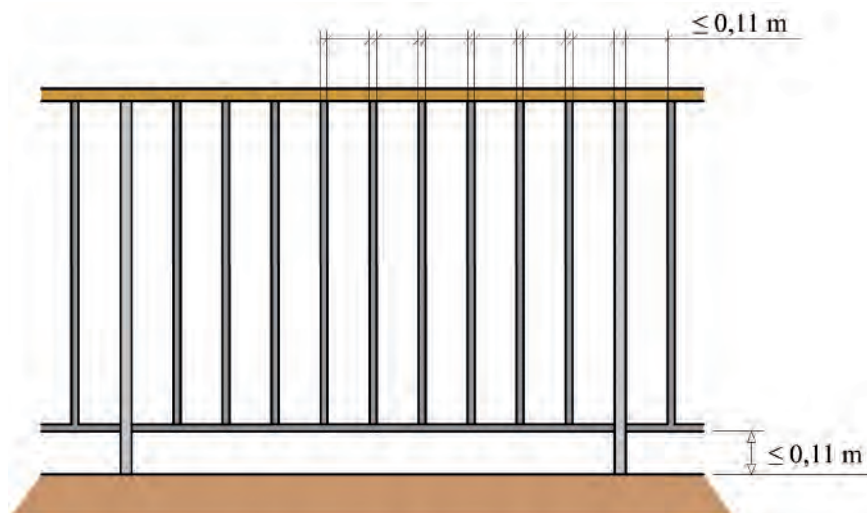


FIGURE 35 – ESPACE ENTRE ÉLÉMENTS VERTICAUX

La dimension verticale des vides entre lisses, panneaux, zones de stationnement normal ou précaire, dont la plus grande dimension est horizontale, doit être au plus égale à :

- 0,11 m pour ceux qui sont situés à une hauteur inférieure à 0,45 m par rapport à la zone de stationnement normal,
- 0,18 m pour ceux qui sont situés à une hauteur supérieure ou égale à 0,45 m par rapport à la zone de stationnement normal (voir Figure 36).

Quelle que soit la position des éléments par rapport au nu intérieur du garde-corps, la partie du garde-corps située à une hauteur inférieure à 0,45 m par rapport à la zone de stationnement normal ne doit pas comporter d'éléments permettant d'y stationner en équilibre assisté, à moins que le garde-corps ne soit conçu de façon à satisfaire aux prescriptions de hauteur réduite de protection H' (voir chapitre 3.1.4, p. 54 et Figure 37).

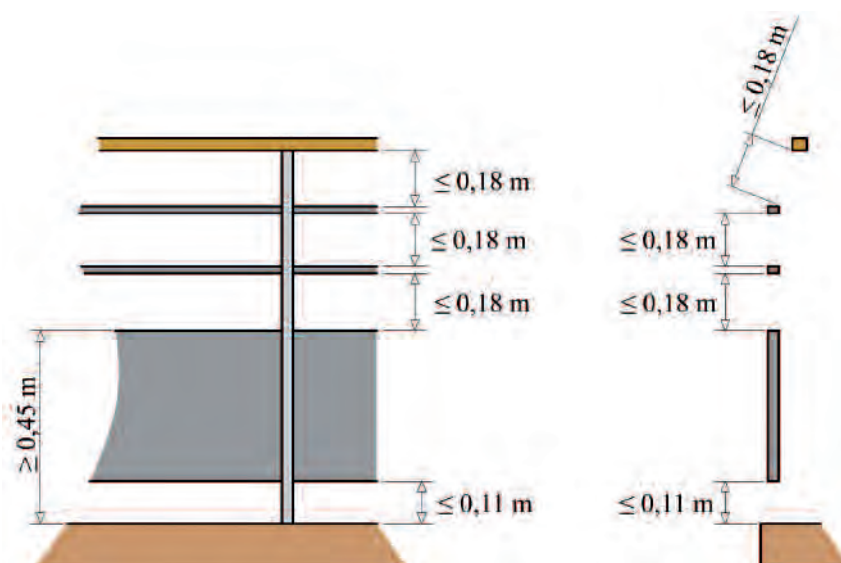


FIGURE 36 – ESPACE ENTRE ÉLÉMENTS HORIZONTAUX

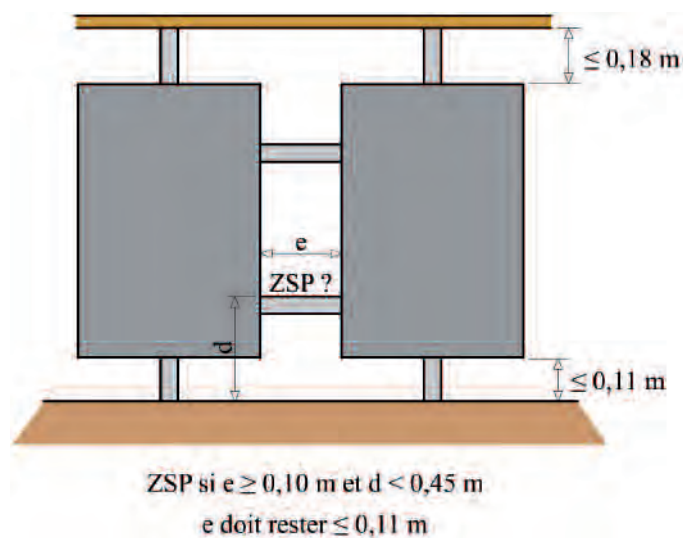


FIGURE 37 – ESPACE ENTRE ÉLÉMENTS HORIZONTAUX

Dans le cas où le remplissage, situé dans la hauteur d'accessibilité de 0,45 m, est constitué par un assemblage orthogonal d'éléments verticaux et horizontaux (tel que grillage, treillis soudé, ...), le vide horizontal « e » entre éléments verticaux doit être inférieur à 0,05 m.

Lorsque la condition $e < 0,05 \text{ m}$ est vérifiée, l'espacement entre éléments horizontaux peut être quelconque (voir Figure 38).

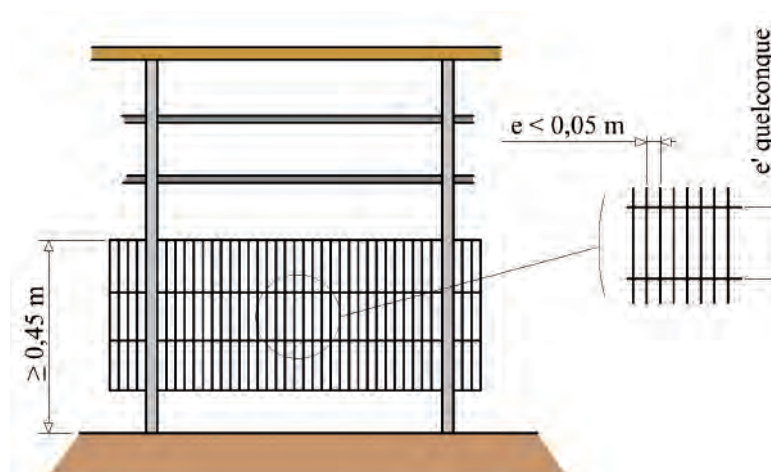


FIGURE 38 – ESPACE ENTRE ÉLÉMENTS HORIZONTAUX

► 3.2.3. Garde-corps comportant d'autres éléments de composition

Les vides entre éléments ne doivent pas permettre le passage d'un gabarit rectangulaire de 0,25 m x 0,11 m quelle que soit son orientation dans le plan du garde-corps.

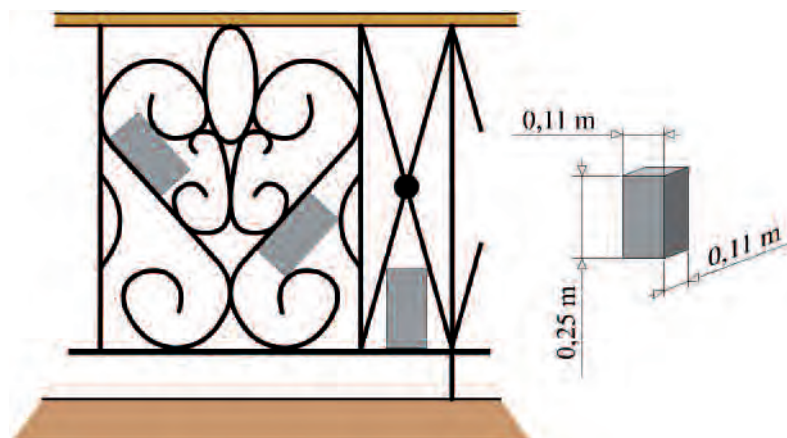


FIGURE 39 – AUTRES ÉLÉMENTS DE COMPOSITION

La configuration et les dimensions nominales du gabarit ont été établies en partant des éléments suivants :

- 0,11 m : distance déterminée pour qu'un jeune enfant ne puisse y introduire la tête et risquer un décollement d'oreilles,
- 0,25 m : distance bi-acromiale du corps d'un enfant (passage des épaules).

► 3.2.4. Garde-corps en saillie

La distance horizontale entre l'élément inférieur du garde-corps (lisse basse ou face intérieure de remplissage) et la partie horizontale la plus avancée du balcon ou de la pierre d'appui doit être inférieure ou égale à 0,05 m (voir Figure 40).

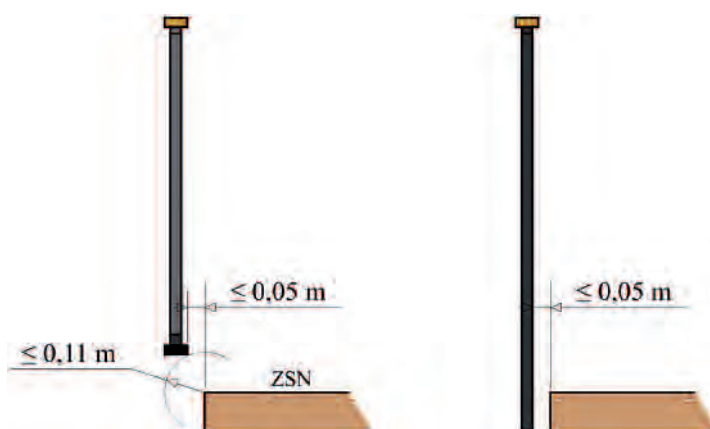


FIGURE 40 – GARDE-CORPS EN SAILLIE

Pour les garde-corps galbés ou inclinés vers l'extérieur, le nu intérieur de la barre d'appui ne doit pas être en saillie de plus de 0,05 m par rapport à la partie la plus avancée du balcon ou de la pierre d'appui (voir Figure 41).

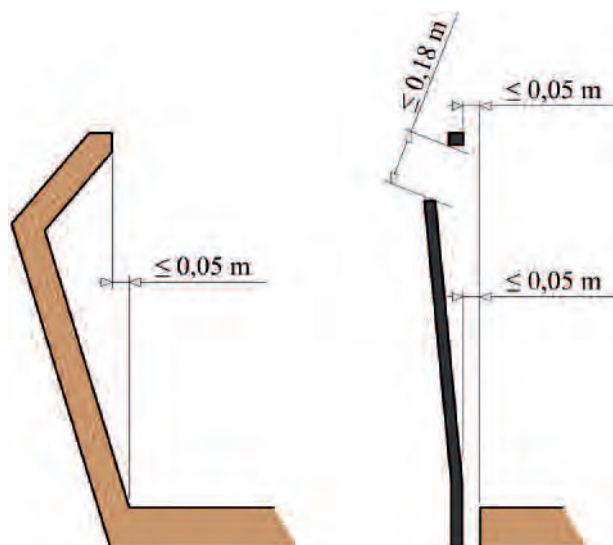


FIGURE 41 – GARDE-CORPS EN SAILLIE

3.3. CAS NON TRAITÉS PAR LA NORME NF P 01-012

Les recommandations décrites ci-après résultent d'une interprétation commune des contrôleurs techniques Socotec et Bureau Véritas. Bien que n'ayant pas de caractère officiel, leur adoption par le métallier est de nature à faciliter le dialogue entre le Métallier et le maître d'ouvrage.

► 3.3.1. Risque d'escalade

Le risque d'escalade n'est pas traité explicitement dans la norme NF P 01-012. Il existe donc une incertitude quant aux règles à respecter.

► L'Union des Métalliers rappelle que le respect des dispositions qui suivent ne doit pas être le prétexte à une baisse de la vigilance des parents vis-à-vis de leurs enfants.

La norme NF P 01-012 précise également dans son avant-propos « qu'il y a lieu de compléter les garde-corps répondant à ces spécifications minimales lorsqu'on désire que les garde-corps s'opposent aux chutes provoquées délibérément, ainsi qu'à celles qui ont pour cause l'imprudence d'enfants livrés à eux-mêmes ».

► Lisses horizontales dans la zone de 45 cm

La présence de lisses horizontales dans la partie inférieure du garde-corps constitue dans tous les cas une incitation à l'escalade pour les enfants notamment. Si cette conception est demandée par le maître d'ouvrage, il est recommandé de diminuer l'espacement entre les lisses. Cet espacement doit dans tous les cas être inférieur à 5 cm.

► L'Union des Métalliers recommande d'avoir un espacement entre lisses horizontales inférieur ou égal à 3 cm.

► Remplissage par grillage à mailles obliques

Lorsque le remplissage est constitué par un grillage à mailles obliques, le vide entre mailles ne doit pas permettre le passage d'un gabarit de 5 cm par 3 cm, positionné horizontalement (voir Figure 42).

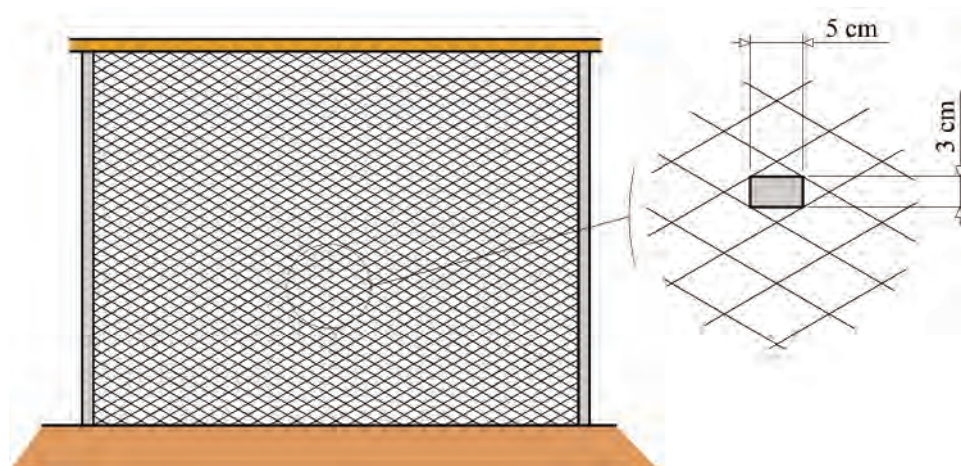


FIGURE 42 – REMPLISSAGE PAR GRILLAGE À MAILLES OBLIQUES

Les dimensions du gabarit ont été définies pour être en cohérence d'une part avec la distance verticale de 3 cm recommandée précédemment (cas des lisses horizontales en partie basse) et d'autre part avec la distance horizontale de 5 cm prescrite dans la clause 2.3.2 de la norme NF P 01-012 (voir Figure 38).

► 3.3.2. Distance horizontale de la main courante au nu de la façade

Par analogie avec le chapitre 3.2.4 (p. 62) traitant des garde-corps en saillie, il est recommandé de ne pas éloigner la main courante de plus de 0,05 m par rapport au nu extérieur de la façade (voir Figure 43).

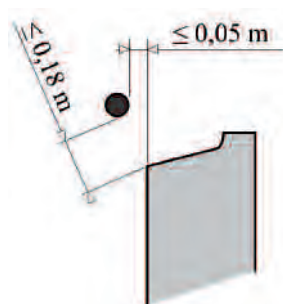


FIGURE 43 – GARDE-CORPS EN SAILLIE

► 3.3.3. Appui précaire : inclinaison admissible

Pour définir les différentes zones de stationnement, la norme NF P 01-012 parle d'emplacement « *sensiblement horizontal* ». On considère qu'il y a appui précaire si l'inclinaison est inférieure ou égale à 30° dans toutes les directions.

Par exemple, le type de garde-corps présenté à la Figure 44 ne peut être admis que si l'angle d'inclinaison est supérieur à 30° .

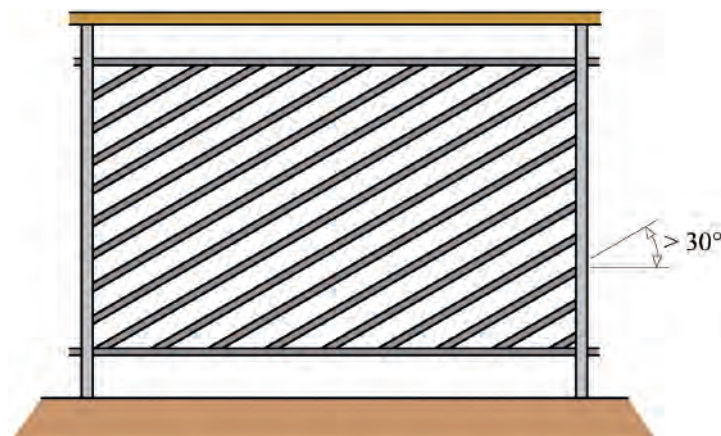


FIGURE 44 – INCLINAISON ADMISSIBLE

► 3.3.4. Appui précaire : cas particulier des câbles

Compte tenu de leur souplesse, les câbles constituent toujours un appui précaire quel que soit leur écartement.

Les câbles sont donc à proscrire dans la zone située à une hauteur inférieure à 0,45 m par rapport à la zone de stationnement normal (pour un garde-corps d'une hauteur de protection de 1 m).

Dans la zone située à une hauteur supérieure ou égale à 0,45 m, un espacement des câbles réduit doit être prévu par rapport aux exigences de la norme NF P 01-012. Il convient donc d'adopter un espacement compris entre 11 cm et 14,5 cm selon la raideur des câbles au lieu de 18 cm.

► 3.3.5. Appui précaire : cas des appuis discontinus

Il convient de prendre en compte les mêmes caractéristiques géométriques de l'appui précaire en prenant en compte que la largeur et l'inclinaison de l'appui concernent la droite (ou le plan) fictive reliant les deux points d'appui.

Les cas présentés dans ce chapitre traitent de la présence d'un appui précaire sans prendre en compte leur succession (risque d'escalade).

► Fer forgé

Un appui précaire existe si un gabarit de 10 cm x 5 cm placé horizontalement peut être introduit (voir Figure 45).

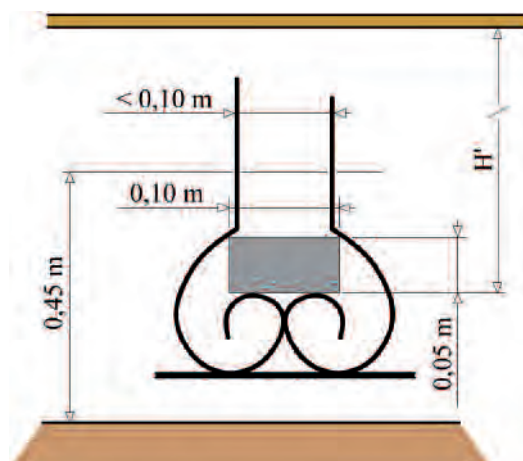


FIGURE 45 – REMPLISSAGE EN FER FORGÉ

► Croisillons

Un appui précaire existe si l'angle d'inclinaison α est supérieur ou égal à 45° et si un gabarit de 10 cm x 5 cm peut être introduit (voir Figure 46).

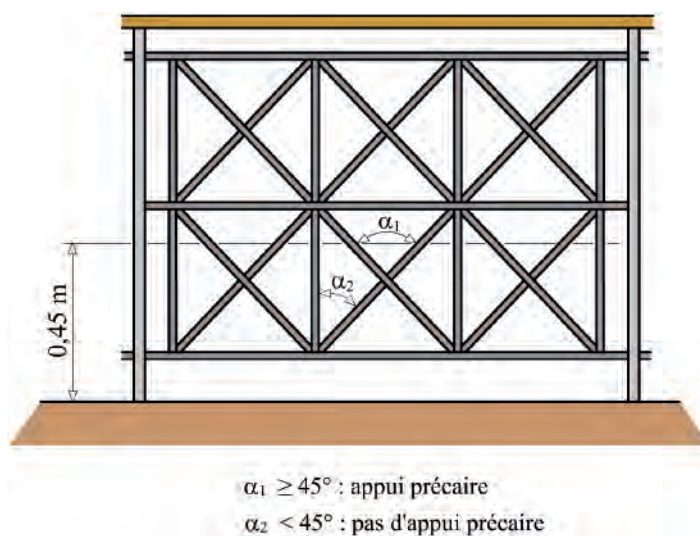


FIGURE 46 – REMPLISSAGE AVEC CROISILLONS

► 3.3.6. Appui précaire : cas des garde-corps courbes avec seuil de porte-fenêtre

Un seuil de porte-fenêtre constitue un appui précaire lorsqu'il est situé à moins de 0,60 m de l'élément de garde-corps (suivant la direction la plus défavorable) (voir Figure 47).

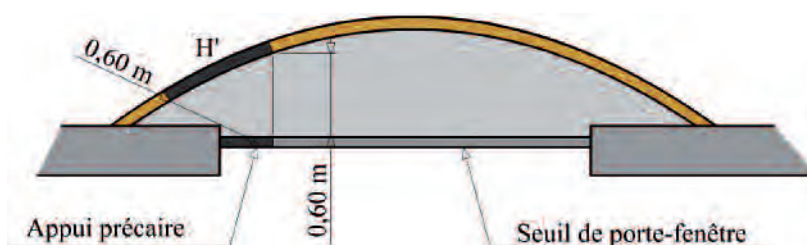


FIGURE 47 – APPUI PRÉCAIRE DES GARDE-CORPS COURBES

La même règle s'applique au retour de garde-corps (voir Figure 48).

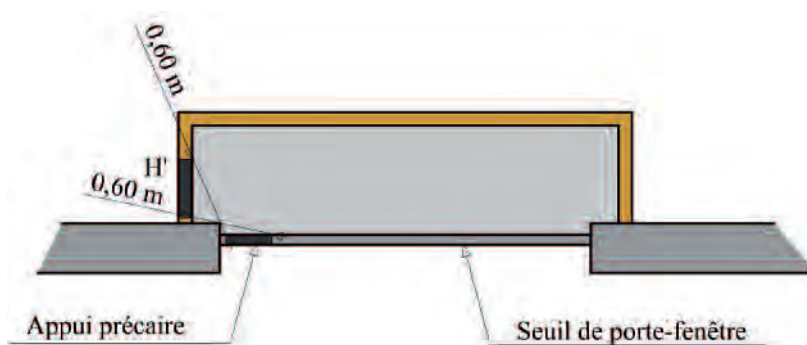


FIGURE 48 – APPUI PRÉCAIRE DES RETOURS DE GARDE-CORPS

3.4. GARDE-CORPS EN PRODUITS VERRIERS OU ORGANIQUES

► 3.4.1. Garde-corps avec remplissage organique

L'expérience montre que ces produits sont susceptibles d'être modifiés dans le temps bien qu'ils puissent donner satisfaction lors de leurs justifications expérimentales à l'état initial. Ce point a été constaté lors d'essais de chocs sur des allèges en place dans le cadre d'expertises.

Dans son cahier N°3566 de juin 2006, le Groupe Spécialisé N°6 « composants de baie, vitrages » du CSTB indique que « *l'utilisation des vitrages organiques translucides pour la constitution d'ouvrages devant assurer la sécurité aux chutes des personnes (garde-corps, allège, ...) est proscrite* ». L'utilisation de ce type de remplissage est donc à exclure.

► 3.4.2. Garde-corps avec remplissage en produits verriers pris en feuillure

La nature et la mise en œuvre des produits verriers utilisés dans ce type d'ouvrages sont couvertes par la partie 5 du DTU 39¹⁵. Ce document traite des produits verriers pris en feuillure sur deux côtés opposés, trois ou quatre côtés. Il présente la nature des produits à utiliser ainsi que les exigences de résistance aux chocs à respecter.

► Cas général

Le garde-corps doit résister aux essais de chocs selon la norme NF P 01-013 (voir chapitre 4.2, p. 90), l'impact étant appliqué au centre géométrique du vitrage :

- choc de corps mou M50/600 J en partie courante,
- choc de petit corps dur D0.5/3,75 J.

► Produits verriers satisfaisants sans essai

Les vitrages réputés satisfaire aux exigences de résistance aux chocs sans essais sont les vitrages feuilletés recuits conformes à la norme NF EN ISO 12543-2¹⁶ avec intercalaire PVB, et classés 1B1 suivant la norme NF EN 12600¹⁷ et présentés au Tableau 14.

TABLEAU 14 – VITRAGES SATISFAISANTS SANS ESSAI

Composition de base en verre recuit selon la NF EN 572-2 ¹⁸	33.2	44.2	55.2	66.2
Épaisseur nominale (mm)	6,8	8,8	10,8	12,8
Surface maximale (m ²)	0,50	2,00	4,50	6,00

La prise en feuillure doit être réalisée sur toute la périphérie avec des garnitures d'étanchéité. La hauteur de prise en feuillure doit être d'au moins 15 mm.

Les variantes suivantes aux compositions définies au Tableau 14 sont admises sans justification par essais :

- épaisseur nominale supérieure de l'un au moins des composants verriers,
- nombre d'intercalaires PVB supérieur à 2,
- composants en verre durci ou trempé à la place du verre recuit.

¹⁵ DTU 39 P5 (octobre 2006) : Travaux de bâtiment – Travaux de vitrerie-miroiterie – Partie 5 : Mémento Sécurité

¹⁶ NF EN ISO 12543-2 (décembre 1998) : Verre dans la construction – Verre feuilleté et verre feuilleté de sécurité – Partie 2 : verre feuilleté de sécurité

¹⁷ NF EN 12600 (septembre 2003) : Verre dans la construction – Essai au pendule – Méthode d'essai d'impact et classification du verre plat

¹⁸ NF EN 572-2 (décembre 2004) : Verre dans la construction – Produits de base : verre de silicate sodo-calcique – Partie 2 : glace

► Garde-corps mixtes

Le DTU 39 précise qu'il n'est pas demandé de justification de résistance aux chocs pour le vitrage si l'ensemble des conditions suivantes est réuni :

- le vitrage est situé entièrement au-dessus de 500 mm par rapport au sol fini du local,
- la hauteur du clair de vitrage est inférieure ou égale à 500 mm,
- la main courante ou la traverse répond aux exigences qui la concernent,
- le vitrage est réalisé en verre feuilleté PVB de composition minimale 33.2 et classé 1B1 conformément à la NF EN 12600,
- le vitrage est au moins pris en feuillures haute et basse sur 15 mm minimum lorsque le clair de vitrage est compris entre 180 mm et 500 mm.

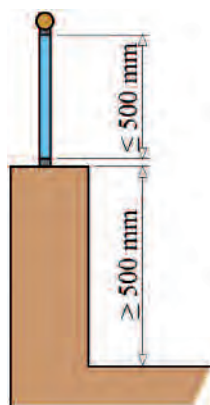


FIGURE 49 – GARDE-CORPS MIXTE

► 3.4.3. Garde-corps en produits verriers, encastrés en pied

Ces ouvrages sont non traditionnels et doivent être évalués par une procédure d'Avis Technique. Il convient de se reporter au cahier technique du CSTB N°3034 d'avril 1998 rédigé par le Groupe Spécialisé N°2 « constructions, façades et cloisons légères ». Ce cahier présente les justifications expérimentales à remplir : essais statiques horizontaux vers l'extérieur et l'intérieur, essai statique vertical, essais dynamiques, ...

► 3.4.4. Garde-corps constitués de verres attachés

Ces ouvrages sont également considérés comme non traditionnels et doivent donc faire l'objet d'un Avis Technique. Les justifications expérimentales à respecter sont décrites dans le cahier technique du CSTB N°3574 d'octobre 2006. Bien que ce cahier vise principalement les éléments de façade, il est par extension également applicable aux garde-corps utilisant cette technique. Les justifications portent sur les produits verriers utilisés, le dimensionnement de l'ouvrage, ...

3.5. TOLÉRANCES

► 3.5.1. Position en œuvre

Sur les dimensions résultant de la mise en place des garde-corps et de la géométrie des ouvrages environnants (sols, tableaux, murs de refend, autre garde-corps, ...), la norme NF P 01-012 admet les écarts suivants :

- | | |
|---|---------|
| – hauteur de protection H , H' , H_1 : | - 15 mm |
| – hauteur d'accessibilité de 0,45 m : | - 0 mm |
| – vide en partie basse du garde-corps : | + 10 mm |
| – vide entre barreau vertical et tableau ou façade : | + 10 mm |
| – saillie de garde-corps (voir chapitre 3.2.4, p. 62) : | + 20 mm |

► 3.5.2. Fabrication

Sur les dimensions entre éléments constitutifs d'un garde-corps résultant de sa fabrication, ou de son assemblage, les écarts admissibles sont les suivants :

- | | |
|---|--------|
| – vide entre barreaux ou éléments verticaux : | + 3 mm |
| – vide entre éléments horizontaux : | + 3 mm |

DIMENSIONNEMENT DES GARDE-CORPS

La vérification de la résistance mécanique d'un garde-corps doit couvrir :

- ses éléments structuraux (montant, main courante, platine, chevilles de fixation) dont la résistance peut être vérifiée par calcul,
- ses éléments de remplissage (partie du garde-corps située entre les montants, la main courante et la lisse basse) dont la résistance peut être justifiée par des essais dynamiques ou par analogie avec des remplissages connus.

La norme NF P 01-013 définit les essais statiques et dynamiques applicables aux garde-corps à l'exclusion de leurs fixations à la structure. La norme distingue :

- les essais statiques : ils sont réalisés pour les seuls types de garde-corps qui ne sont pas justifiés ou que l'on ne sait pas justifier par le calcul,
- les essais dynamiques : ils sont réalisés pour tous les types de garde-corps. Ils ne sont effectués que si le système d'assemblage du remplissage ou du barreaudage n'est pas éprouvé par des essais ou des références antérieures.

L'objet de ce chapitre est :

- d'une part, de permettre au métallier de justifier par le calcul les éléments de garde-corps « accessibles au public » réalisés en acier. Les formules de dimensionnement utilisées sont directement tirées du chapitre 3 de la partie I de ce guide (p. 27). Il convient donc de s'y reporter pour toute information complémentaire sur les formules présentées.
- d'autre part, de présenter les prescriptions à suivre pour la réalisation d'un essai dynamique en vue de la validation d'un élément de remplissage.

4.1. CALCUL STATIQUE DES ÉLÉMENTS D'UN GARDE-CORPS

► 4.1.1. Dimensionnement des montants

Le dimensionnement des montants d'un garde-corps est présenté en détail au chapitre 3.2 de la partie I de ce guide (p. 28). Il convient donc de s'y reporter en cas de besoin.

Il est rappelé que le dimensionnement des montants d'un garde-corps se fait exclusivement par rapport aux charges horizontales appliquées.

► Charges d'exploitation

Comme cela est indiqué au chapitre 2.1 de la partie I (p. 24), les charges d'exploitation horizontales retenues dans les calculs réalisés dans ce guide sont celles tirées de l'amendement de la norme NF P 06-111-2/A1¹⁹ publié en mars 2009. Les charges applicables sont présentées au Tableau 15.

¹⁹ La norme NF P 06-111-2/A1 est destinée à remplacer la norme NF P 06-001 qui reste applicable (sauf indication contraire du maître d'ouvrage) jusqu'en mars 2010. Les charges d'exploitation de la norme NF P 06-001 sont présentées au Tableau 7 (p. 24).

TABEAU 15 - CHARGES D'EXPLOITATION HORIZONTALES POUR LES GARDE-CORPS ACCESSIBLES AU PUBLIC SELON LA NF P 06-111-2/A1

CATÉGORIE DE BÂTIMENT	EXEMPLES	CHARGES D'EXPLOITATION q_h ¹⁹
Catégorie A : Habitation, résidentiel	Pièces des bâtiments et maisons d'habitation ; Chambres et salles des hôpitaux ; Chambres d'hôtels et de foyers ; cuisines et sanitaires	600 N/m
Catégorie B : Bureaux		600 N/m
Catégorie C1 à C4 : Lieux de réunion (à l'exception alignement des surfaces des catégories A, B et D)	C1 : Espaces équipés de tables, etc. Par exemple : écoles, cafés, restaurants, salles de banquet, salles de lecture, salles de réception C2 : Espaces équipés de sièges fixes. Par exemple : églises, théâtres ou cinémas, salles de conférence, amphithéâtres, salles de réunion, salles d'attente C3 : Espaces ne présentant pas d'obstacle à la circulation des personnes. Par exemple : salles de musée, salles d'exposition, etc. et accès des bâtiments publics et administratifs, hôtels, hôpitaux, gares C4 : Espaces permettant des activités physiques. Par exemple : dancings, salles de gymnastique, scènes	1000 N/m
Catégorie D : Commerces	D1 : Commerces de détail courants D2 : Grands magasins	1000 N/m

► Point d'application des charges

La norme NF P 06-111-2 /A1 indique que le point théorique d'application des charges doit être situé à 1,0 m au-dessus de la zone de stationnement normal. Cette condition permet, dans certains cas, de positionner les efforts horizontaux sous le niveau de la main courante (voir Figure 50).

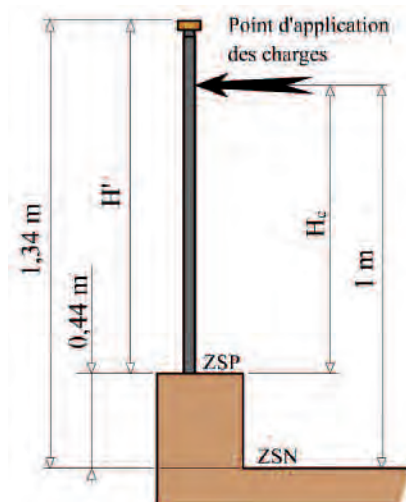


FIGURE 50 - POINT THÉORIQUE D'APPLICATION DES CHARGES

¹⁹ La norme NF P 06-111-2/A1 est destinée à remplacer la norme NF P 06-001 qui reste applicable (sauf indication contraire du maître d'ouvrage) jusqu'en mars 2010. Les charges d'exploitation de la norme NF P 06-001 sont présentées au Tableau 7 (p. 24).

La hauteur d'application de la charge H_c ne correspond pas forcément à la hauteur de protection H du garde-corps demandée par la norme NF P 01-012 (voir Figure 51).

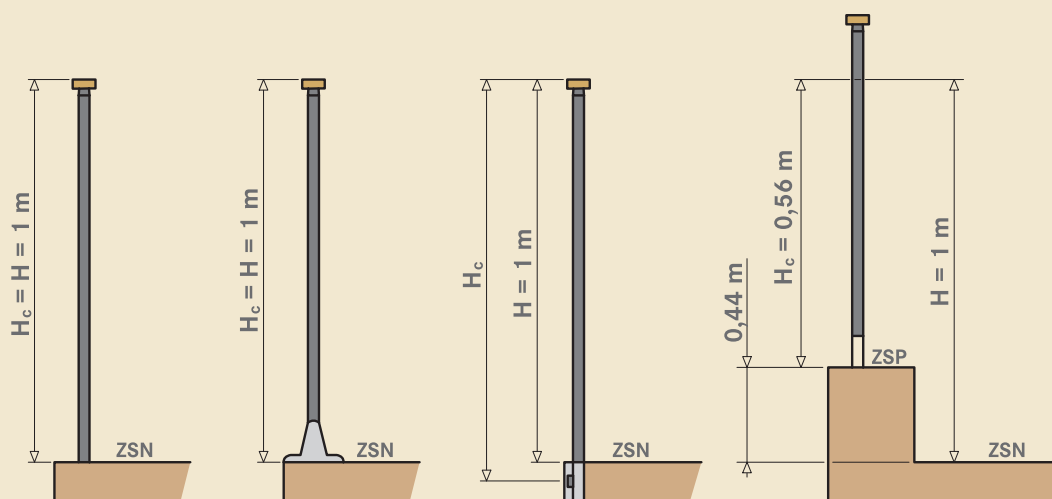


FIGURE 51 - HAUTEUR D'APPLICATION DE LA CHARGE

► Critère de résistance mécanique

Le dimensionnement des montants des garde-corps est caractérisé par la valeur du module d'inertie W_y calculée à partir de la relation suivante (voir chapitre 3.2.1 de la partie I, p. 28) :

$$W_{y,\text{profilé}}(\text{cm}^3) \geq \frac{\frac{3}{2} \times q_h (\text{N/m}) \times L(\text{m}) \times H_c (\text{m})}{f_y (\text{MPa})} \quad [14]$$

Avec :

q_h (N/m)	charge d'exploitation horizontale du lieu d'installation considéré (voir Tableau 15, p. 70)
L (m)	distance entre deux montants
H_c (m)	hauteur du point d'application de la charge
f_y (MPa)	limite d'élasticité de l'acier

En utilisant la formule [14], il est possible de calculer le module d'inertie correspondant au projet :

$$W_{y,\text{projet}}(\text{cm}^3) = \frac{\frac{3}{2} \times q_h (\text{N/m}) \times L(\text{m}) \times H_c (\text{m})}{f_y (\text{MPa})}$$

Les catalogues des fournisseurs donnent les caractéristiques géométriques des profilés en acier proposés. Parmi celles-ci, il est possible de retrouver le module d'inertie W_y propre à une section de profilé.

Il suffit ensuite de rechercher dans les catalogues des fournisseurs, le profilé dont le module d'inertie est supérieur ou égal au module d'inertie calculé propre au projet :

$$W_{y,\text{profilé}} \geq W_{y,\text{projet}}$$

Le Tableau 16 ci-dessous présente les modules d'inertie W_y pour les configurations suivantes :

- quatre catégories de bâtiment (voir le Tableau 15, p. 70, pour une définition précise des catégories),
- sept distances entre montants L : de 1,0 m à 1,6 m avec un pas de 0,10 m,
- une hauteur du point d'application des charges H_c de 1 m,
- un acier de nuance S235 : $f_y = 235$ MPa pour une épaisseur inférieure à 40 mm et $f_y = 215$ MPa pour une épaisseur comprise entre 40 mm et 80 mm (profilés pleins) et entre 40 mm et 65 mm (profilés creux). Les valeurs de f_y sont tirées de l'Eurocode 3 (voir Tableau 3, p. 17).

Il convient alors de vérifier que le profilé choisi vérifie la condition : $W_{y,\text{profilé}} \geq W_{y,\text{tableau}}$

TABLEAU 16 - MODULES D'INERTIE W_y PRÉCALCULÉS

MODULE D'INERTIE W_y DES MONTANTS (cm^3) ACIER S235, $f_y = 235$ MPa, $H_c = 1$ m		DISTANCE ENTRE MONTANTS L (m)						
Catégories	q_h	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6
A : Habitation, résidentiel	600 N/m	3,83	4,21	4,60	4,98	5,36	5,74	6,13
B : Bureaux								
C1 à C4 : Lieux de réunion (sauf A, B et D)	1000 N/m	6,38	7,02	7,66	8,30	8,94	9,57	10,21
D : Commerces								

MODULE D'INERTIE W_y DES MONTANTS (cm^3) ACIER S235, $f_y = 215$ MPa, $H_c = 1$ m		DISTANCE ENTRE MONTANTS L (m)						
Catégories	q_h	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6
A : Habitation, résidentiel	600 N/m	4,19	4,60	5,02	5,44	5,86	6,28	6,70
B : Bureaux								
C1 à C4 : Lieux de réunion (sauf A, B et D)	1000 N/m	6,98	7,67	8,37	9,07	9,77	10,47	11,16
D : Commerces								

Si H_c est différent de 1 m, les valeurs des modules d'inertie W sont à multiplier par un coefficient correspondant à la valeur de H_c considérée, exprimée en m (par exemple, pour $H_c = 0,90$ m, les valeurs du Tableau 16 sont à multiplier par 0,90).

Pour les aciers d'une limite d'élasticité f_y supérieure à 235 MPa, les valeurs des modules d'inertie W sont à multiplier par le coefficient $235/f_y$ (par exemple, pour un acier S355 où $f_y = 355$ MPa, les valeurs du Tableau 16 sont à multiplier par le coefficient $235/355 = 0,66$).

► Critère de limitation de flèche

Le calcul de la flèche est détaillé au chapitre 3.2.1 de la partie I du guide (p. 28).

Si un critère de limitation de flèche exprimé en fraction X de la hauteur du garde-corps ($w_{\text{max}} = X \times H$) est demandé, le moment d'inertie I_y du profilé choisi doit alors respecter la relation suivante :

$$I_{y,\text{profilé}}(\text{cm}^4) \geq \frac{100 \times 1,135 \times q_h(\text{N/m}) \times L(\text{m}) \times H^2(\text{m})}{3 \times E(\text{MPa}) \times X}$$

Avec :

q_h (N/m)	charge d'exploitation horizontale du lieu d'installation considéré (voir Tableau 15, p. 70)
L (m)	distance entre deux montants
H (m)	hauteur du garde-corps
E (MPa)	module d'élasticité de l'acier ($E = 210\,000$ MPa)
X	fraction de hauteur de garde-corps

Le Tableau 17 présente les moments d'inertie minimaux pour les configurations suivantes :

- quatre catégories de bâtiment (voir le Tableau 15, p. 70, pour une définition précise des catégories),
- sept distances entre montants L : de 1,0 m à 1,6 m avec un pas de 0,10 m,
- une hauteur du garde-corps égale à 1 m,
- un critère de limitation de flèche : $X < 1/100$.

Il convient alors de vérifier que le profilé choisi vérifie la condition : $I_{y, \text{profilé}} \geq I_{y, \text{tableau}}$

TABEAU 17 – MOMENTS D'INERTIE I_y PRÉCALCULÉS

MOMENT D'INERTIE I_y DES MONTANTS (cm ³) ACIER, $E = 210\,000$ MPa		DISTANCE ENTRE MONTANTS L (m)						
Critère de limitation de la flèche ω	Catégories	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6
$X = \frac{\omega}{H} < \frac{1}{100}$	A : Habitation B : Bureaux $q_h = 600$ N/m	10,81	11,89	12,97	14,05	15,13	16,21	17,30
	C1 à C4 : Lieux de réunion (sauf A, B et D) D : Commerces $q_h = 1000$ N/m	18,02	19,82	21,62	23,42	25,22	27,02	28,83

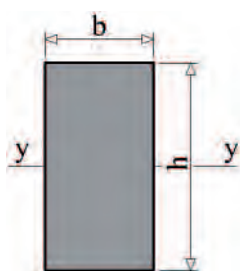
Le critère de flèche de 1/100 est la valeur maximale proposée par l'Union des Métalliers pour des conditions satisfaisantes d'utilisation et de confort. Aucun critère de flèche sous charge de service n'est défini dans les normes relatives aux garde-corps accessibles au public.

► Dimensionnement par l'utilisation des tableaux de sections précalculés

Les Tableaux précalculés 18 à 23 présentent les sections de profilés admissibles vérifiant à la fois les critères de résistance mécanique et de flèche au 1/100, pour les configurations suivantes :

- différents types de profilés pleins ou creux,
- quatre catégories de bâtiments (voir Tableau 15, p. 70),
- sept longueurs entre montants (de 1 m à 1,6 m avec un pas de 0,1 m),
- une hauteur d'application de la charge H_c de 1 m,
- un acier S235.

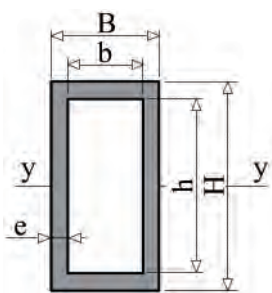
TABLEAU 18 – CALCUL DES MONTANTS – SECTIONS PLEINES RECTANGULAIRES ADMISSIBLES



NORMES DE RÉFÉRENCE	CONDITIONS À VÉRIFIER
Dimensions : NF EN 10058 Nuance : NF EN 10025-2	$\frac{bh^2}{6} (\text{cm}^3) \geq \frac{\frac{3}{2} \times q_h (\text{N/m}) \times L (\text{m}) \times H_c (\text{m})}{f_y (\text{MPa})}$ et $\omega_{\max} \leq H_c/100$
HYPOTHÈSES FIXÉES	
$H_c = 1 \text{ m}$; $f_y = 235 \text{ MPa}$ ($b \leq 40 \text{ mm}$)	

CATÉGORIES	L (m)	SECTIONS h x b ADMISSIBLES (mm)						L (m)
A : Habitation B : Bureaux $q_h = 600 \text{ N/m}$	1,0	40x25	45x15	50x12	60x7	70x5	80x5	1,0
	1,1	40x25	45x20	50x12	60x8	70x6	80x5	1,1
	1,2	40x25	45x20	50x14	60x8	70x6	80x5	1,2
	1,3	40x30	45x20	50x14	60x10	70x7	80x5	1,3
	1,5		45x25	50x20	60x10	70x8	80x6	1,5
	1,6		45x25	50x20	60x12	70x8	80x6	1,6
C1 à C4 : Lieux de réunion (sauf A, B et D) D : Commerces $q_h = 1000 \text{ N/m}$	1,0		45x25	50x20	60x12	70x8	80x6	1,0
	1,1		45x30	50x20	60x12	70x10	80x7	1,1
	1,2		45x30	50x25	60x14	70x10	80x8	1,2
	1,3			50x25	60x14	70x12	80x8	1,3
	1,4			50x25	60x15	70x12	80x10	1,4
	1,5			50x30	60x20	70x12	80x10	1,5
	1,6			50x30	60x20	70x14	80x10	1,6

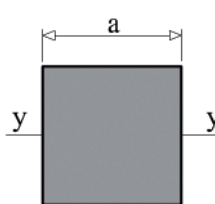
TABLEAU 19 – CALCUL DES MONTANTS – SECTIONS CREUSES RECTANGULAIRES LAMINÉES À FROID ADMISSIBLES



NORMES DE RÉFÉRENCE	CONDITIONS À VÉRIFIER
Dimensions : NF EN 10219-2 Nuance : NF EN 10219-1	$\frac{BH^3 - bh^3}{6H} (\text{cm}^3) \geq \frac{\frac{3}{2} \times q_h (\text{N/m}) \times L (\text{m}) \times H_c (\text{m})}{f_y (\text{MPa})}$ et $\omega_{\max} \leq H_c/100$
HYPOTHÈSES FIXÉES	
$H_c = 1 \text{ m}$; $f_y = 235 \text{ MPa}$ ($e \leq 40 \text{ mm}$)	

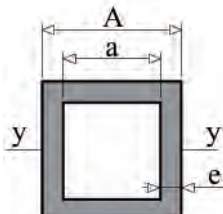
CATÉGORIES	L (m)	SECTIONS H x B x e ADMISSIBLES (mm)				L (m)
A : Habitation B : Bureaux $q_h = 600 \text{ N/m}$	1,0	50x30x2,5	60x40x2	70x50x2	80x40x2	1,0
	1,1	50x30x3	60x40x2	70x50x2	80x40x2	1,1
	1,2	50x30x4	60x40x2	70x50x2	80x40x2	1,2
	1,3	50x30x4	60x40x2	70x50x2	80x40x2	1,3
	1,4		60x40x2	70x50x2	80x40x2	1,4
	1,5		60x40x2	70x50x2	80x40x2	1,5
C1 à C4 : Lieux de réunion (sauf A, B et D) D : Commerces $q_h = 1000 \text{ N/m}$	1,6		60x40x2	70x50x2	80x40x2	1,6
	1,0		60x40x2,5	70x50x2	80x40x2	1,0
	1,1		60x40x2,5	70x50x2	80x40x2	1,1
	1,2		60x40x3	70x50x2	80x40x2	1,2
	1,3		60x40x3	70x50x2	80x40x2	1,3
	1,4		60x40x4	70x50x2	80x40x2	1,4
	1,5		60x40x4	70x50x2,5	80x40x2,5	1,5
	1,6		60x40x5	70x50x2,5	80x40x2,5	1,6

TABLEAU 20 – CALCUL DES MONTANTS – SECTIONS PLEINES CARRÉES ADMISSIBLES



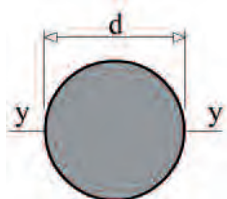
		NORMES DE RÉFÉRENCE	CONDITIONS À VÉRIFIER					
		Dimensions : NF EN 10059 Nuance : NF EN 10025-2	$\frac{a^3}{6} (\text{cm}^3) \geq \frac{\frac{3}{2} \times q_h (\text{N/m}) \times L (\text{m}) \times H_c (\text{m})}{f_y (\text{MPa})}$ $\text{et } \omega_{\max} \leq H_c / 100$					
		HYPOTHÈSES FIXÉES						
		$H_c = 1 \text{ m} ; f_y = 235 \text{ MPa } (a \leq 40 \text{ mm}) \text{ ou } f_y = 215 \text{ MPa } (a > 40 \text{ mm})$						
CATÉGORIES	L (m)	SECTIONS a x a ADMISSIBLES (mm)					L (m)	
A : Habitation B : Bureaux $q_h = 600 \text{ N/m}$	1,0	35x35	40x40	45x45	50x50	55x55	1,0	
	1,1	35x35	40x40	45x45	50x50	55x55	1,1	
	1,2		40x40	45x45	50x50	55x55	1,2	
	1,3		40x40	45x45	50x50	55x55	1,3	
	1,4		40x40	45x45	50x50	55x55	1,4	
	1,5		40x40	45x45	50x50	55x55	1,5	
C1 à C4 : Lieux de réunion (sauf A, B et D) D : Commerces $q_h = 1000 \text{ N/m}$	1,0		40x40	45x45	50x50	55x55	1,0	
	1,1		40x40	45x45	50x50	55x55	1,1	
	1,2			45x45	50x50	55x55	1,2	
	1,3			45x45	50x50	55x55	1,3	
	1,4			45x45	50x50	55x55	1,4	
	1,5			45x45	50x50	55x55	1,5	
	1,6			45x45	50x50	55x55	1,6	

TABLEAU 21 – CALCUL DES MONTANTS – SECTIONS CREUSES CARRÉES LAMINÉES À FROID ADMISSIBLES



		NORMES DE RÉFÉRENCE	CONDITIONS À VÉRIFIER					
		Dimensions : NF EN 10219-2 Nuance : NF EN 10219-1	$\frac{A^4 - a^4}{6A} (\text{cm}^3) \geq \frac{\frac{3}{2} \times q_h (\text{N/m}) \times L (\text{m}) \times H_c (\text{m})}{f_y (\text{MPa})}$ $\text{et } \omega_{\max} \leq H_c / 100$					
		HYPOTHÈSES FIXÉES						
		$H_c = 1 \text{ m} ; f_y = 235 \text{ MPa } (e \leq 40 \text{ mm})$						
CATÉGORIES	L (m)	SECTIONS A x e ADMISSIBLES (mm)					L (m)	
A : Habitation B : Bureaux $q_h = 600 \text{ N/m}$	1,0	40x4	50x2	60x2	70x2,5		1,0	
	1,1		50x2	60x2	70x2,5		1,1	
	1,2		50x2	60x2	70x2,5		1,2	
	1,3		50x2	60x2	70x2,5		1,3	
	1,4		50x2,5	60x2	70x2,5		1,4	
	1,5		50x2,5	60x2	70x2,5		1,5	
C1 à C4 : Lieux de réunion (sauf A, B et D) D : Commerces $q_h = 1000 \text{ N/m}$	1,0		50x3	60x2	70x2,5		1,0	
	1,1		50x4	60x2	70x2,5		1,1	
	1,2		50x4	60x2	70x2,5		1,2	
	1,3		50x4	60x2	70x2,5		1,3	
	1,4		50x5	60x2,5	70x2,5		1,4	
	1,5			60x2,5	70x2,5		1,5	
	1,6			60x3	70x2,5		1,6	

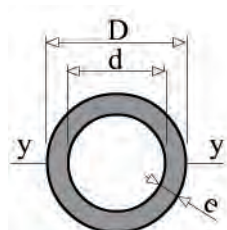
TABLEAU 22 – CALCUL DES MONTANTS – SECTIONS PLEINES RONDES ADMISSIBLES



NORMES DE RÉFÉRENCE	CONDITIONS À VÉRIFIER
Dimensions : NF EN 10060 Nuance : NF EN 10025-2	$\frac{\pi d^3}{32} (\text{cm}^3) \geq \frac{\frac{3}{2} \times q_h (\text{N/m}) \times L (\text{m}) \times H_c (\text{m})}{f_y (\text{MPa})}$ et $\omega_{\max} \leq H_c / 100$
HYPOTHÈSES FIXÉES	
$H_c = 1 \text{ m}$; $f_y = 235 \text{ MPa}$ ($d \leq 40 \text{ mm}$) ou $f_y = 215 \text{ MPa}$ ($d > 40 \text{ mm}$)	

CATÉGORIES	L (m)	DIAMÈTRES d ADMISSIBLES (mm)					L (m)
A : Habitation	1,0	40	42	45	48	50	1,0
	1,1	40	42	45	48	50	1,1
	1,2		42	45	48	50	1,2
	B : Bureaux		42	45	48	50	1,3
	1,4		42	45	48	50	1,4
	1,5			45	48	50	1,5
$q_h = 600 \text{ N/m}$	1,6			45	48	50	1,6
	1,0			45	48	50	1,0
	1,1			45	48	50	1,1
	1,2				48	50	1,2
	1,3				48	50	1,3
	1,4				48	50	1,4
C1 à C4 : Lieux de réunion (sauf A, B et D) D : Commerces $q_h = 1000 \text{ N/m}$	1,5					50	1,5
	1,6					50	1,6

TABLEAU 23 – CALCUL DES MONTANTS – SECTIONS CREUSES RONDES LAMINÉES À FROID ADMISSIBLES



NORMES DE RÉFÉRENCE	CONDITIONS À VÉRIFIER
Dimensions : NF EN 10219-2 Nuance : NF EN 10219-1	$\frac{\pi(D^4 - d^4)}{32D} (\text{cm}^3) \geq \frac{\frac{3}{2} \times q_h (\text{N/m}) \times L (\text{m}) \times H_c (\text{m})}{f_y (\text{MPa})}$ et $\omega_{\max} \leq H_c / 100$
HYPOTHÈSES FIXÉES	
$H_c = 1 \text{ m}$; $f_y = 235 \text{ MPa}$ ($e \leq 40 \text{ mm}$)	

CATÉGORIES	L (m)	SECTIONS D x e ADMISSIBLES (mm)				L (m)
A : Habitation	1,0	48,3x3	60,3x2	76,1x2	88,9x2	1,0
	1,1	48,3x4	60,3x2	76,1x2	88,9x2	1,1
	1,2	48,3x4	60,3x2	76,1x2	88,9x2	1,2
	B : Bureaux		60,3x2	76,1x2	88,9x2	1,3
	1,4	48,3x5	60,3x2,5	76,1x2	88,9x2	1,4
	1,5		60,3x2,5	76,1x2	88,9x2	1,5
$q_h = 600 \text{ N/m}$	1,6		60,3x2,5	76,1x2	88,9x2	1,6
	1,0		60,3x3	76,1x2	88,9x2	1,0
	1,1		60,3x3	76,1x2	88,9x2	1,1
	1,2		60,3x4	76,1x2	88,9x2	1,2
	1,3		60,3x4	76,1x2	88,9x2	1,3
	1,4		60,3x4	76,1x2,5	88,9x2	1,4
C1 à C4 : Lieux de réunion (sauf A, B et D) D : Commerces $q_h = 1000 \text{ N/m}$	1,5		60,3x5	76,1x2,5	88,9x2	1,5
	1,6		60,3x5	76,1x2,5	88,9x2	1,6

► 4.1.2. Dimensionnement des mains courantes

Le dimensionnement des mains courantes est présenté en détail au chapitre 3.3 de la partie I de ce guide (p. 31). Ce dimensionnement est relatif aux garde-corps filants non liaisonnés par des barreaudages.

Dans le cas d'un garde-corps avec barreaudage entre main courante et lisse basse, l'inertie importante conférée à la main courante permet de valider toute section choisie sans vérification.

Le dimensionnement des mains courantes doit se faire à la fois vis-à-vis des charges horizontales et vis-à-vis des charges verticales d'exploitation prises en compte.

► Charges d'exploitation

Les charges d'exploitation horizontales q_h et verticales Q_v retenues sont présentées au Tableau 24 (voir chapitres 2.1 et 2.2 de la partie I, p. 24 et 25). Les charges d'exploitation horizontales sont celles tirées de la norme NF P 06-111-2/A1.

TABEAU 24 – CHARGES D'EXPLOITATION RETENUES POUR LE DIMENSIONNEMENT DES MAINS COURANTES

CATÉGORIE DE BÂTIMENT	EXEMPLES	CHARGES D'EXPLOITATION	
		Horizontales q_h	Verticales Q_v
Catégorie A : Habitation, résidentiel	Pièces des bâtiments et maisons d'habitation ; chambres et salles des hôpitaux Chambres d'hôtels et de foyers ; cuisines et sanitaires	600 N/m	600 N
Catégorie B : Bureaux		600 N/m	600 N
Catégorie C1 à C4 : (à l'exception des surfaces des catégories A, B et D)	C1 : Espaces équipés de tables, etc. Par exemple : écoles, cafés, restaurants, salles de banquet, salles de lecture, salles de réception C2 : Espaces équipés de sièges fixes. Par exemple : églises, théâtres ou cinémas, salles de conférence, amphithéâtres, salles de réunion, salles d'attente C3 : Espaces ne présentant pas d'obstacle à la circulation des personnes. Par exemple : salles de musée, salles d'exposition, etc. et accès des bâtiments publics et administratifs, hôtels, hôpitaux, gares C4 : Espaces permettant des activités physiques. Par exemple : dancings, salles de gymnastique, scènes	1000 N/m	1000 N
Catégorie D : Commerces	D1 : Commerces de détail courants D2 : Grands magasins	1000 N/m	1000 N

Le principe de chargement des charges verticales est présenté au chapitre 3.3.2 de la partie I (p. 32).

► Critère de résistance mécanique

Le dimensionnement des mains courantes est caractérisé par les valeurs des modules d'inertie W_y et W_z du profilé calculées à partir des relations suivantes (voir chapitres 3.3.1 et 3.3.2 de la partie I, p. 31 et p. 32) :

$$W_{y,\text{profilé}}(\text{cm}^3) \geq \frac{3 \times q_h (\text{N/m}) \times (L(\text{m}))^2}{16 \times f_y (\text{MPa})} \quad [16]$$

$$W_{z,\text{profilé}}(\text{cm}^3) \geq \frac{3 \times Q_v (\text{N}) \times (L(\text{m}) - 0,30)}{8 \times f_y (\text{MPa})} \quad [17]$$

Avec :

q_h (N/m)	charge d'exploitation horizontale du lieu d'installation considéré (voir Tableau 24)
Q_v (N)	charge d'exploitation verticale correspondant au cas visé (voir Tableau 24)
L (m)	distance entre deux montants
f_y (MPa)	limite d'élasticité de l'acier

En utilisant les formules [16] et [17], il est possible de calculer les modules d'inertie selon les axes yy et zz , correspondant au projet :

$$W_{y,\text{projet}}(\text{cm}^3) = \frac{3 \times q_h (\text{N/m}) \times (L(\text{m}))^2}{16 \times f_y (\text{MPa})} \quad \text{et} \quad W_{z,\text{projet}}(\text{cm}^3) = \frac{3 \times Q_v (\text{N}) \times (L(\text{m}) - 0,30)}{8 \times f_y (\text{MPa})}$$

Les catalogues des fournisseurs donnent les caractéristiques géométriques des profilés en acier proposés. Parmi celles-ci, il est possible de retrouver les modules d'inertie W_y et W_z propres à une section de profilé.

Il suffit ensuite de rechercher dans les catalogues des fournisseurs, le profilé dont les modules d'inertie selon les axes yy et zz sont au moins supérieurs aux modules d'inertie calculés propres au projet :

$$\begin{cases} W_{y,\text{profilé}} \geq W_{y,\text{projet}} \\ \text{et} \\ W_{z,\text{profilé}} \geq W_{z,\text{projet}} \end{cases}$$

A partir des formules [16] et [17], il est possible de calculer les modules d'inertie « types » en fonction :

- du lieu d'installation, déterminant la valeur des charges d'exploitation q_h et Q_v ,
- de la distance entre deux montants L ,
- de la nuance et de l'épaisseur de l'acier.

Le Tableau 25 ci-dessous présente les modules d'inertie W_y et W_z pour les configurations suivantes :

- quatre catégories de bâtiment (voir le Tableau 24, p. 77, pour une définition précise des catégories),
- sept distances entre montants L : de 1,0 m à 1,6 m avec un pas de 0,10 m,
- un acier de nuance S235 : $f_y = 235$ MPa pour une épaisseur inférieure à 40 mm et $f_y = 215$ MPa pour une épaisseur comprise entre 40 mm et 80 mm (profilés pleins) et entre 40 mm et 65 mm (profilés creux). Les valeurs de f_y sont tirées de l'Eurocode 3 (voir Tableau 3, p. 17).

Il convient alors de vérifier que le profilé choisi vérifie la double condition suivante :

$$\begin{cases} W_{y,\text{profilé}} \geq W_{y,\text{tableau}} \\ \text{et} \\ W_{z,\text{profilé}} \geq W_{z,\text{tableau}} \end{cases}$$

TABLEAU 25 – MODULES D'INERTIE W_y ET W_z PRÉCALCULÉS

MODULES D'INERTIE W_y ET W_z DE LA MAIN COURANTE (cm³) ACIER S235, $f_y = 235$ MPa			W	DISTANCE ENTRE MONTANTS L (m)						
Catégories	Charges			1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6
A : Habitation résidentiel	q_h (N/m)	600	W_y	0,48	0,58	0,69	0,81	0,94	1,08	1,23
B : Bureaux	Q_v (N)	600	W_z	0,67	0,77	0,86	0,96	1,05	1,15	1,24
C1 à C4 : Lieux de réunion (sauf A, B et D)	q_h (N/m)	1000	W_y	0,80	0,97	1,15	1,35	1,56	1,80	2,04
D : Commerces	Q_v (N)	1000	W_z	1,12	1,28	1,44	1,60	1,76	1,91	2,07

MODULES D'INERTIE W_y ET W_z DE LA MAIN COURANTE (cm³) ACIER S235, $f_y = 215$ MPa			W	DISTANCE ENTRE MONTANTS L (m)						
Catégories	Charges			1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6
A : Habitation résidentiel	q_h (N/m)	600	W_y	0,52	0,63	0,75	0,88	1,03	1,18	1,34
B : Bureaux	Q_v (N)	600	W_z	0,73	0,84	0,94	1,05	1,15	1,26	1,36
C1 à C4 : Lieux de réunion (sauf A, B et D)	q_h (N/m)	1000	W_y	0,87	1,06	1,26	1,47	1,71	1,96	2,23
D : Commerces	Q_v (N)	1000	W_z	1,22	1,40	1,57	1,74	1,92	2,09	2,27

► Critère de limitation de flèche

Pour des conditions satisfaisantes d'utilisation et de confort, l'Union des Métalliers choisit de proposer :

- comme critère de flèche verticale : 1/300,
- comme critère de flèche horizontale : 1/100.

Sur ces bases, il s'avère que c'est le critère de flèche verticale qui est dimensionnant pour le choix du profilé.

► Aucun critère de flèche sous charge de service n'est défini dans les normes relatives aux garde-corps accessibles au public.

Le calcul de la flèche verticale est détaillé au chapitre 3.3.2 de la partie I du guide (p. 32).

La flèche verticale maximale ω_y correspondant à la section de main courante choisie, est donnée par la formule suivante :

$$\omega_y (\text{cm}) = \frac{Q_v (\text{N}) \times a (\text{m}) \times (3L^2 - 4a^2)}{24 \times E (\text{MPa}) \times I_z (\text{cm}^4)} \cdot 10^4 \quad [18]$$

Avec :

Q_v (N)	charge d'exploitation verticale correspondant au cas visé (voir Tableau 24)
L (m)	distance entre montants
E (m)	module d'élasticité de l'acier ($E = 210\,000 \text{ MPa}$)
I_z (cm^4)	moment d'inertie du profilé par rapport à son axe horizontal
$a (\text{m}) = \frac{L (\text{m}) - C (\text{m})}{2}$ où $C = 0,30 \text{ m}$	

Si le projet impose une condition de flèche maximale $\omega_{\max}$ pour la main courante, il convient de choisir un profilé dont l'inertie autour de l'axe horizontal I_z vérifie la condition suivante :

$$I_z (\text{cm}^4) \geq \frac{Q_v (\text{N}) \times a (\text{m}) \times (3L^2 - 4a^2)}{24 \times E (\text{MPa}) \times \omega_{\max} (\text{cm})} \cdot 10^4 \quad [19]$$

Le Tableau 26 présente les moments d'inertie minimaux pour les configurations suivantes :

- quatre catégories de bâtiment (voir le Tableau 24, p. 77, pour une définition précise des catégories),
- sept distances entre montants L : de 1,0 m à 1,6 m avec un pas de 0,10 m,
- un critère de limitation de flèche verticale : $X < 1/300$.

Il convient alors de vérifier que le profilé choisi vérifie la condition : $I_{z\text{profilé}} \geq I_{z\text{tableau}}$

TABLEAU 26 – MOMENTS D'INERTIE I_z PRÉCALCULÉS

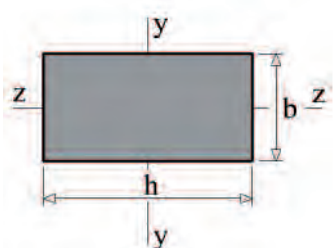
MOMENT D'INERTIE I_z DES MONTANTS (cm^3) ACIER, $E = 210000 \text{ MPa}$		DISTANCE ENTRE MONTANTS L (m)						
Critère de limitation de la flèche verticale ω_y	Catégories	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6
$X = \frac{\omega_y}{L} < \frac{1}{300}$	A : Habitation B : Bureaux $Q_v = 600 \text{ N}$	3,14	3,88	4,70	5,59	6,55	7,59	8,69
	C1 à C4 : Lieux de réunion (sauf A, B et D) D : Commerces $Q_v = 1000 \text{ N}$	5,23	6,47	7,83	9,32	10,92	12,64	14,48

► Dimensionnement par l'utilisation des tableaux de sections précalculés

Les Tableaux précalculés 27 à 30 présentent les sections de profilés admissibles vérifiant à la fois les critères de résistance mécanique et de flèche verticale au $1/300$, pour les configurations suivantes :

- des profilés de section ronde, carrée et rectangulaire,
- quatre catégories de bâtiments (voir Tableau 24, p. 77),
- sept longueurs entre montants (de 1 m à 1,6 m avec un pas de 0,1 m),
- un acier S235.

TABLEAU 27 – CALCUL DES MAINS COURANTES – SECTIONS PLEINES RECTANGULAIRES ADMISSIBLES



NORMES DE RÉFÉRENCE		CONDITIONS À VÉRIFIER						
Dimensions : NF EN 10058 Nuance : NF EN 10025-2		$\frac{bh^2}{6} (\text{cm}^3) \geq \frac{3 \times q_h (\text{N/m}) \times (L(\text{m}))^2}{16 \times f_y (\text{MPa})}$ et $\frac{hb^2}{6} (\text{cm}^3) \geq \frac{3 \times Q_v (\text{N}) \times (L(\text{m}) - 0,30)}{16 \times f_y (\text{MPa})}$ et $\omega_{\max} \leq L/300$						
HYPOTHÈSES FIXÉES								
$f_y = 235 \text{ MPa}$ ($b \leq 40 \text{ mm}$)								
CATÉGORIES	L (m)	SECTIONS h x b ADMISSIBLES (mm)						L (m)
A : Habitation B : Bureaux $q_h = 600 \text{ N/m}$ $Q_v = 600 \text{ N}$	1,0	40x25	45x25	50x20	60x20	70x20	80x20	1,0
	1,1	40x25	45x25	50x25	60x20	70x20	80x20	1,1
	1,2	40x25	45x25	50x25	60x25	70x25	80x20	1,2
	1,3	40x30	45x25	50x25	60x25	70x25	80x25	1,3
	1,4	40x30	45x30	50x30	60x25	70x25	80x25	1,4
	1,5	40x30	45x30	50x30	60x25	70x25	80x25	1,5
	1,6	40x30	45x30	50x30	60x30	70x25	80x25	1,6
C1 à C4 : Lieux de réunion (sauf A, B et D) D : Commerces $q_h = 1000 \text{ N/m}$ $Q_v = 1000 \text{ N}$	1,0	40x30	45x25	50x25	60x25	70x25	80x20	1,0
	1,1	40x30	45x30	50x25	60x25	70x25	80x25	1,1
	1,2	40x30	45x30	50x30	60x30	70x25	80x25	1,2
	1,3		45x30	50x30	60x30	70x30	80x25	1,3
	1,4			50x30	60x30	70x30	80x30	1,4
	1,5				60x30	70x30	80x30	1,5
	1,6				60x35	70x30	80x30	1,6

TABLEAU 28 – CALCUL DES MAINS COURANTES – SECTIONS CREUSES RECTANGULAIRES LAMINÉES À FROID ADMISSIBLES

NORMES DE RÉFÉRENCE

Dimensions : NF EN 10219-2

Nuance : NF EN 10219-1

CONDITIONS À VÉRIFIER

$$\frac{BH^3 - bh^3}{6H} (\text{cm}^3) \geq \frac{3 \times q_h (\text{N/m}) \times (L(\text{m}))^2}{16 \times f_y (\text{MPa})}$$

et

$$\frac{HB^3 - hb^3}{6B} (\text{cm}^3) \geq \frac{3 \times Q_v (\text{N}) \times (L(\text{m}) - 0,30)}{16 \times f_y (\text{MPa})}$$

et $\omega_{\max} \leq L/300$

HYPOTHÈSES FIXÉES

$f_y = 235 \text{ MPa}$ ($e \leq 40 \text{ mm}$)

CATÉGORIES	L (m)	SECTIONS H x B x e ADMISSIBLES (mm)				L (m)
A : Habitation B : Bureaux $q_h = 600 \text{ N/m}$ $Q_v = 600 \text{ N}$	1,0	50x30x2	60x40x2	70x50x2	80x40x2	1,0
	1,1	50x30x2	60x40x2	70x50x2	80x40x2	1,1
	1,2	50x30x2,5	60x40x2	70x50x2	80x40x2	1,2
	1,3	50x30x3	60x40x2	70x50x2	80x40x2	1,3
	1,4	50x30x4	60x40x2	70x50x2	80x40x2	1,4
	1,5		60x40x2	70x50x2	80x40x2	1,5
	1,6		60x40x2	70x50x2	80x40x2	1,6
C1 à C4 : Lieux de réunion (sauf A, B et D) D : Commerces $q_h = 1000 \text{ N/m}$ $Q_v = 1000 \text{ N}$	1,0	50x30x3	60x40x2	70x50x2	80x40x2	1,0
	1,1	50x30x4	60x40x2	70x50x2	80x40x2	1,1
	1,2		60x40x2	70x50x2	80x40x2	1,2
	1,3		60x40x2	70x50x2	80x40x2	1,3
	1,4		60x40x2,5	70x50x2	80x40x2	1,4
	1,5		60x40x3	70x50x2	80x40x2	1,5
	1,6		60x40x4	70x50x2	80x40x2,5	1,6

TABLEAU 29 – CALCUL DES MAINS COURANTES – SECTIONS CREUSES CARRÉES LAMINÉES À FROID ADMISSIBLES

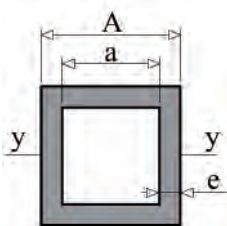
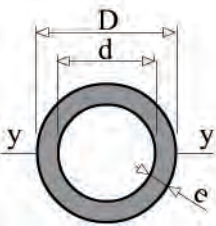
NORMES DE RÉFÉRENCE		CONDITIONS À VÉRIFIER				
 Dimensions : NF EN 10219-2 Nuance : NF EN 10219-1		$\frac{A^4 - a^4}{6A} (\text{cm}^3) \geq \frac{3 \times q_h (\text{N/m}) \times (L(\text{m}))^2}{16 \times f_y (\text{MPa})}$ $\text{et } \frac{A^4 - a^4}{6A} (\text{cm}^3) \geq \frac{3 \times Q_v (\text{N}) \times (L(\text{m}) - 0,30)}{16 \times f_y (\text{MPa})}$ $\text{et } \omega_{\max} \leq L/300$				
		HYPOTHÈSES FIXÉES				
		$f_y = 235 \text{ MPa}$ ($e \leq 40 \text{ mm}$)				
CATÉGORIES	L (m)	SECTIONS A x e ADMISSIBLES (mm)				L (m)
A : Habitation B : Bureaux $q_h = 600 \text{ N/m}$ $Q_v = 600 \text{ N}$	1,0	30x3	40x2	50x2	60x2	1,0
	1,1		40x2	50x2	60x2	1,1
	1,2		40x2	50x2	60x2	1,2
	1,3		40x2	50x2	60x2	1,3
	1,4		40x2	50x2	60x2	1,4
	1,5		40x2,5	50x2	60x2	1,5
C1 à C4 : Lieux de réunion (sauf A, B et D) D : Commerces $q_h = 1000 \text{ N/m}$ $Q_v = 1000 \text{ N}$	1,0		40x2	50x2	60x2	1,0
	1,1		40x2	50x2	60x2	1,1
	1,2		40x2,5	50x2	60x2	1,2
	1,3		40x4	50x2	60x2	1,3
	1,4			50x2	60x2	1,4
	1,5			50x2	60x2	1,5
	1,6			50x2,5	60x2	1,6

TABLEAU 30 – CALCUL DES MAINS COURANTES – SECTIONS CREUSES RONDES LAMINÉES À FROID ADMISSIBLES

NORMES DE RÉFÉRENCE		CONDITIONS À VÉRIFIER				
 Dimensions : NF EN 10219-2 Nuance : NF EN 10219-1		$\frac{\pi(D^4 - d^4)}{32D} (\text{cm}^3) \geq \frac{3 \times q_h (\text{N/m}) \times (L(\text{m}))^2}{16 \times f_y (\text{MPa})}$ $\text{et } \frac{\pi(D^4 - d^4)}{32D} (\text{cm}^3) \geq \frac{3 \times Q_v (\text{N}) \times (L(\text{m}) - 0,30)}{16 \times f_y (\text{MPa})}$ $\text{et } \omega_{\max} \leq L/300$				
		HYPOTHÈSES FIXÉES				
		$f_y = 235 \text{ MPa}$ ($e \leq 40 \text{ mm}$)				
CATÉGORIES	L (m)	SECTIONS D x e ADMISSIBLES (mm)				L (m)
A : Habitation B : Bureaux $q_h = 600 \text{ N/m}$ $Q_v = 600 \text{ N}$	1,0	33,7x3	42,4x2	48,3x2	60,3x2	1,0
	1,1		42,4x2	48,3x2	60,3x2	1,1
	1,2		42,4x2	48,3x2	60,3x2	1,2
	1,3		42,4x2,5	48,3x2	60,3x2	1,3
	1,4		42,4x3	48,3x2	60,3x2	1,4
	1,5		42,4x4	48,3x2	60,3x2	1,5
C1 à C4 : Lieux de réunion (sauf A, B et D) D : Commerces $q_h = 1000 \text{ N/m}$ $Q_v = 1000 \text{ N}$	1,0		42,4x2,5	48,3x2	60,3x2	1,0
	1,1		42,4x3	48,3x2	60,3x2	1,1
	1,2		42,4x4	48,3x2,5	60,3x2	1,2
	1,3			48,3x2,5	60,3x2	1,3
	1,4			48,3x3	60,3x2	1,4
	1,5			48,3x4	60,3x2	1,5
	1,6			48,3x5	60,3x2	1,6

► 4.1.3. Dimensionnement des fixations

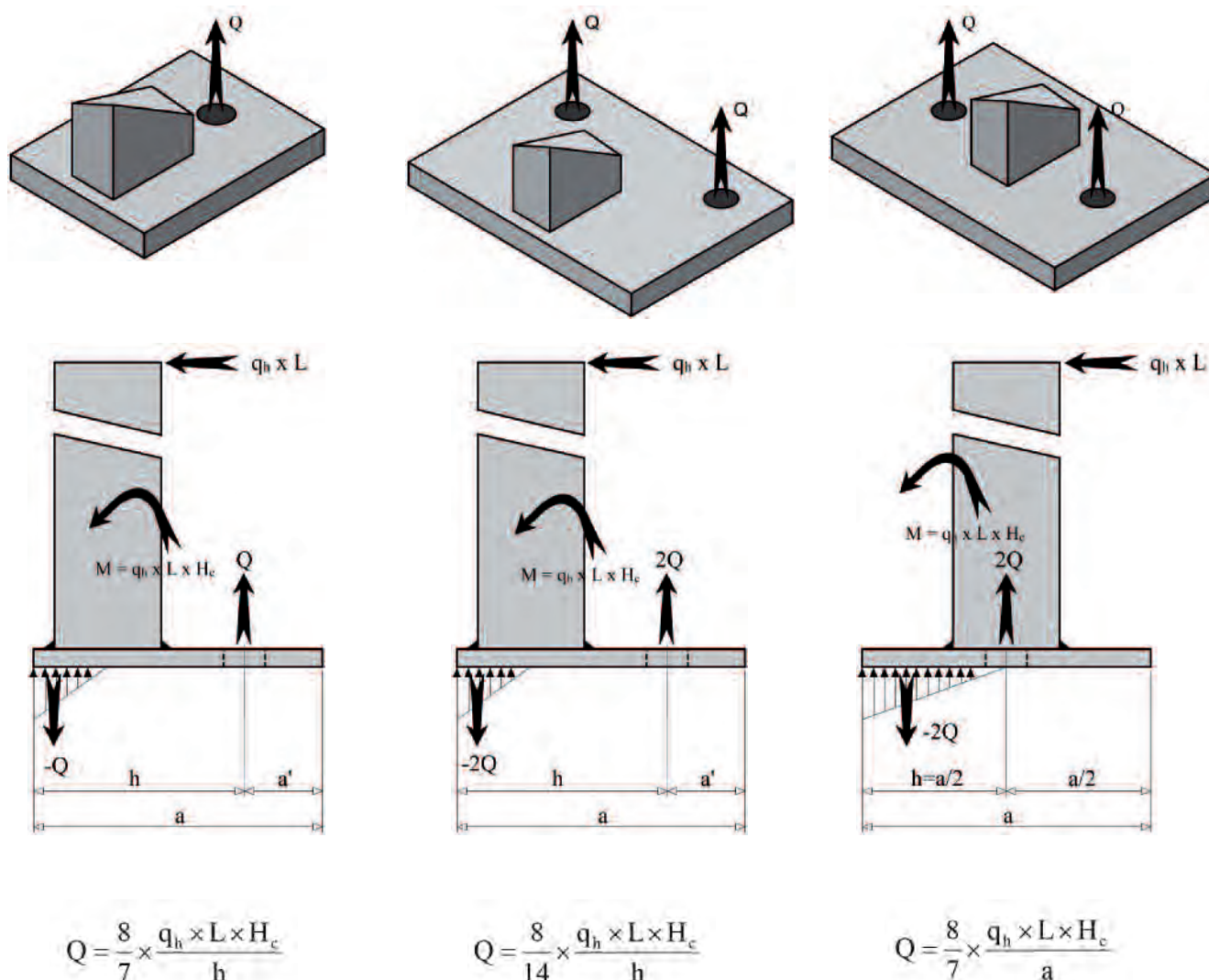
Avec la mise en place de règles européennes, la détermination des chevilles à utiliser en fonction des efforts qui leur sont appliqués est devenue très complexe. Les nouvelles méthodes d'évaluation font en effet appel à un très grand nombre de critères, très difficiles à prendre en compte pour un calcul « à la main ».

Il est donc recommandé d'utiliser les outils informatiques développés par les fabricants de chevilles. Ces outils permettent de choisir simplement les chevilles qui conviennent en fonction des caractéristiques géométriques du garde-corps et des efforts appliqués.

Ces outils calculent les efforts d'arrachement appliqués aux chevilles. Une méthode simple permettant de calculer ces efforts est également présentée au chapitre 3.4 de la partie I de ce guide (p. 34). Il convient donc de s'y référer si besoin.

Les formules de détermination de l'effort d'arrachement Q (N) appliqué aux fixations sont également détaillées pour les trois types de platines prises en compte dans ce guide (voir chapitre 3.4 de la partie I, p. 34). Elles sont rappelées au Tableau 31 ci-dessous.

TABLEAU 31 – EFFORTS D'ARRACHEMENT Q



Avec :

q_h (N/m)	charge d'exploitation horizontale (voir Tableau 15, p. 70)
L (m)	distance entre montants
H_c (m)	hauteur d'application de la charge
h (m)	distance entre le bord de la platine et l'axe des fixations tendues

Il est rappelé que les éléments primordiaux qui entrent en compte pour le choix des fixations sont la distance par rapport au bord de dalle, l'entraxe entre chevilles, la profondeur d'ancrage ainsi que la qualité du support.

Pour éviter l'éclatement du béton en bord de dalle, il est également recommandé de laisser une distance d'au moins 2 cm entre le bord de la dalle et celui de la platine (voir Figure 52).

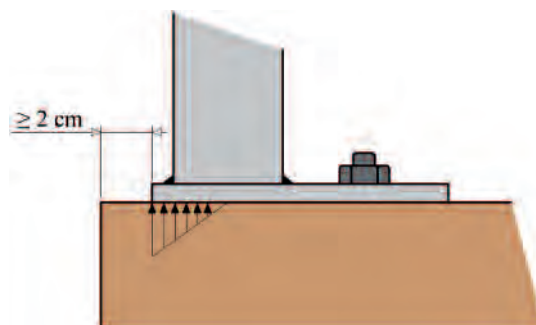


FIGURE 52 - DISTANCE MINIMALE ENTRE LE BORD DE DALLE ET LE BORD DE LA PLATINE

Il est également recommandé de consulter le guide de l'Union des Métalliers « les fixations en métallerie » publié en 2004 pour avoir plus d'informations sur le sujet (voir chapitre 3.4 de la partie I, p. 34).

► 4.1.4. Épaisseur des platines

Le calcul de l'épaisseur des platines est présenté en détail au chapitre 3.5 de la partie I de ce guide (p. 37).

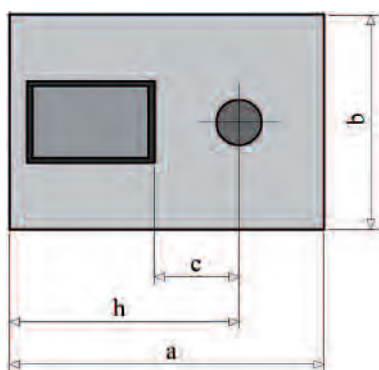
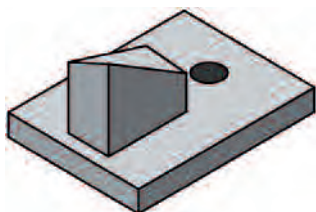
▷ Formule de dimensionnement

Les formules de calcul de l'épaisseur des platines sont présentées ci-dessous pour les trois platines types prises en compte dans ce guide.

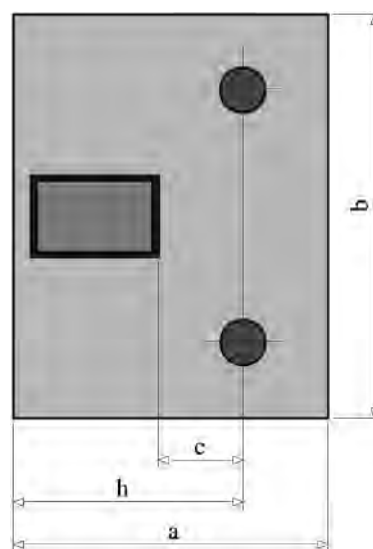
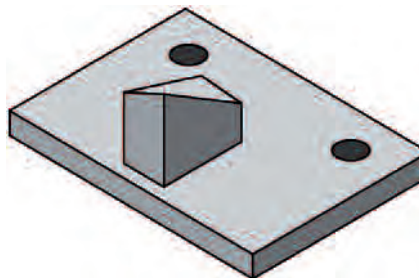
En intégrant les caractéristiques géométriques de la platine du projet ainsi que les données propres au garde-corps (valeur de la charge horizontale, hauteur d'application de la charge, ...), il est possible de calculer directement l'épaisseur minimale à respecter.

Platine de type I et II : une cheville et deux chevilles arrières

TYPE I
UNE CHEVILLE ARRIÈRE



TYPE II
DEUX CHEVILLES ARRIÈRES



Pour ces deux types de platine, l'épaisseur minimale à respecter est donnée par la relation suivante (voir chapitre 3.5 de la partie I, p. 37) :

$$e(\text{mm}) \geq \sqrt{\frac{72}{7} \frac{q_h(\text{N/m}) \times L(\text{m}) \times H_c(\text{m}) \times c(\text{mm})}{f_y(\text{MPa}) \times b(\text{mm}) \times h(\text{m})}} \quad [20]$$

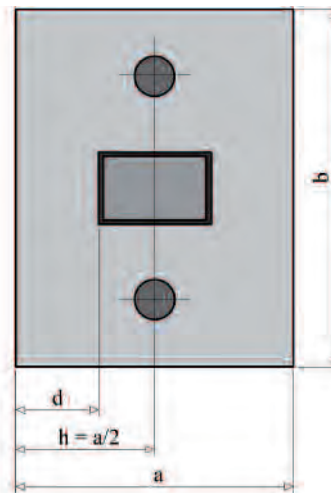
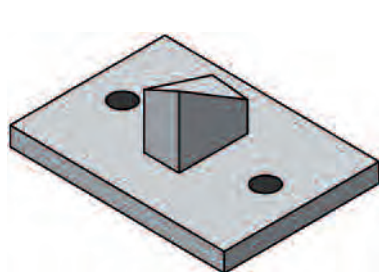
Avec :

q_h (N/m)	charge d'exploitation horizontale (voir Tableau 15, p. 70)
L (m)	distance entre montants
H_c (m)	hauteur d'application de la charge
c (mm)	distance entre le droit de la soudure et l'axe des fixations tendues
f_y (MPa)	limite d'élasticité de l'acier
b (mm)	largeur de la platine
h (m)	distance entre le bord de la platine et l'axe des fixations tendues

Il est rappelé que la formule [20] est établie dans l'hypothèse où les fixations tendues sont disposées sur le même axe (même bras de levier par rapport à C).

Platine de type III : deux chevilles centrées

TYPE III DEUX CHEVILLES CENTRÉES



Pour ce type de platine, l'épaisseur minimale à respecter est donnée par la relation suivante (voir chapitre 3.5 de la partie I, p. 37) :

$$e(\text{mm}) \geq \sqrt{\frac{72 q_h (\text{N/m}) \times L(\text{m}) \times H_c (\text{m}) \times d(\text{mm})}{7 f_y (\text{MPa}) \times b(\text{mm}) \times h(\text{m})}} \quad [21]$$

Avec :

q_h (N/m)	charge d'exploitation horizontale (voir Tableau 15, p. 70)
L (m)	distance entre montants
H_c (m)	hauteur d'application de la charge
d (mm)	distance entre le droit de la soudure et le bord de la platine
f_y (MPa)	limite d'élasticité de l'acier
b (mm)	largeur de la platine
h (m)	distance entre le bord de la platine et l'axe des fixations tendues

► Utilisation d'épaisseurs de platine précalculées

En prenant en compte les caractéristiques géométriques des platines couramment utilisées par les métalliers, il est possible de précalculer les épaisseurs minimales de platine à respecter.

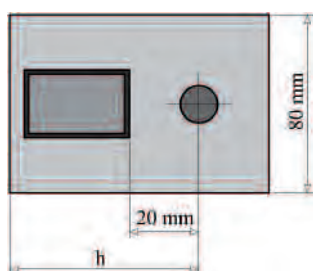
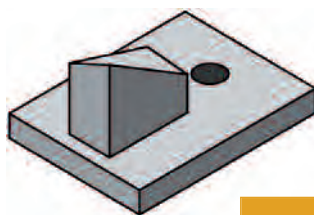
Les Tableaux 33 à 35 présentent donc les épaisseurs répondant aux formules [20] et [21] pour :

- les dimensions de platines présentées au Tableau 32,
- différentes valeurs de la distance h ,
- les quatre catégories de bâtiment couvertes (voir Tableau 15, p. 70),
- sept longueurs entre montants (de 1 m à 1,6 m avec un pas de 0,1 m),
- une hauteur d'application de la charge H_c de 1 m,
- un acier S235.

**TABEAU 32 – CARACTÉRISTIQUES GÉOMÉTRIQUES DES PLATINES
RETENUES POUR LES ÉPAISSEURS PRÉCALCULÉES**

TYPE I UNE CHEVILLE ARRIÈRE	TYPE II DEUX CHEVILLES ARRIÈRES	TYPE III DEUX CHEVILLES CENTRÉES

TABEAU 33 – ÉPAISSEUR DES PLATINES DE TYPE I



CONDITION À VÉRIFIER

$$e(\text{mm}) \geq \sqrt{\frac{72}{7} \frac{q_b(\text{N/m}) \times L(\text{m}) \times H_c(\text{m}) \times c(\text{mm})}{f_y(\text{MPa}) \times b(\text{mm}) \times h(\text{m})}}$$

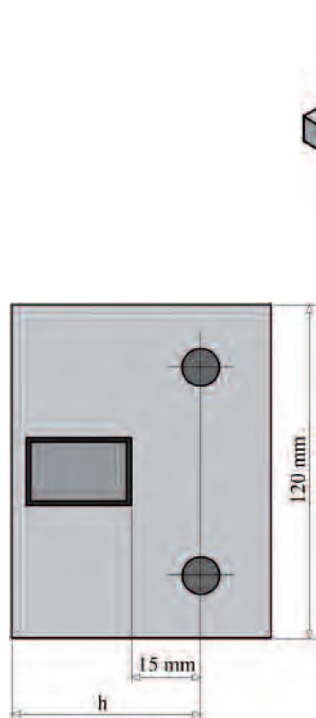
HYPOTHÈSES FIXÉES

$H_c = 1 \text{ m}$; $c = 20 \text{ mm}$; $b = 80 \text{ mm}$; $f_y = 235 \text{ MPa}$

CATÉGORIES	h (mm)	L (m)							
		1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	
A : Habitation B : Bureaux $q_h = 600 \text{ N/m}$	60		11		12		13	14	
	70	10					12	13	
	80								
	90					11			
	100		9		10				
	110						10		
	120	8			9				
	130								
C1 à C4 : Lieux de réunion (sauf A, B et D) D : Commerces $q_h = 1000 \text{ N/m}$	80	12		13	14		15		
	90		12					14	
	100	11							
	110				12		13		
	120	10		11					
	130						12		
	140					11			
	150	9		10					
	160							11	
	170	8		9					

Il est rappelé que l'utilisation des valeurs calculées présentées ci-dessus est conditionnée par le respect des hypothèses fixées (caractéristiques géométriques de la platine, hauteur d'application de la charge, ...).

TABLEAU 34 – ÉPAISSEUR DES PLATINES DE TYPE II



CONDITION À VÉRIFIER

$$e(\text{mm}) \geq \sqrt{\frac{72 q_h (\text{N/m}) \times L(\text{m}) \times H_c (\text{m}) \times c(\text{mm})}{7 f_y (\text{MPa}) \times b(\text{mm}) \times h(\text{m})}}$$

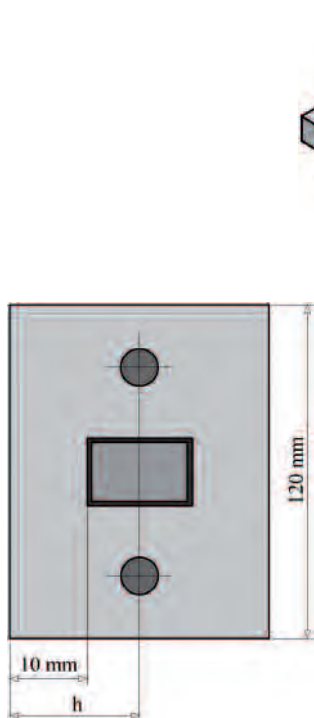
HYPOTHÈSES FIXÉES

$$H_c = 1 \text{ m} ; c = 15 \text{ mm} ; b = 120 \text{ mm} ; f_y = 235 \text{ MPa}$$

CATÉGORIES	h (mm)	L (m)						
		1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6
A : Habitation B : Bureaux $q_h = 600 \text{ N/m}$	60		8		9			10
	70							
	80	7			8			9
	90						8	
	100				7			
	110	6						
	120			6				7
C1 à C4 : Lieux de réunion (sauf A, B et D) D : Commerces $q_h = 1000 \text{ N/m}$	130							
	80		9		10			11
	90							
	100	8			9		10	
	110							
	120							9
	130	7			8			
	140							
	150						8	
	160				7			
	170	6						

Il est rappelé que l'utilisation des valeurs calculées présentées ci-dessus est conditionnée par le respect des hypothèses fixées (caractéristiques géométriques de la platine, hauteur d'application de la charge, ...).

TABLEAU 35 – ÉPAISSEUR DES PLATINES DE TYPE III



CONDITION À VÉRIFIER

$$e(\text{mm}) \geq \sqrt{\frac{72}{7} \frac{q_h(\text{N/m}) \times L(\text{m}) \times H_c(\text{m}) \times d(\text{mm})}{f_y(\text{MPa}) \times b(\text{mm}) \times h(\text{m})}}$$

HYPOTHÈSES FIXÉES

$$H_c = 1 \text{ m} ; d = 10 \text{ mm} ; b = 120 \text{ mm} ; f_y = 235 \text{ MPa}$$

CATÉGORIES	h (mm)	L (m)						
		1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6
A : Habitation B : Bureaux $q_h = 600 \text{ N/m}$	30		9		10			11
	35							
	40	8			9		10	
	45							
	50				8			9
	55		7					
	60							8
	65				7			
C1 à C4 : Lieux de réunion (sauf A, B et D) D : Commerces $q_h = 1000 \text{ N/m}$	70	6						
	40		11					13
	45	10					12	
	50					11		
	55		9		10			11
	60							
	65	8			9			10
	70							
	75			8				
	80	7						9
	85							

Il est rappelé que l'utilisation des valeurs calculées présentées ci-dessus est conditionnée par le respect des hypothèses fixées (caractéristiques géométriques de la platine, hauteur d'application de la charge, ...).

4.2. VÉRIFICATION DYNAMIQUE

Les essais dynamiques sont définis par la norme NF P 01-013²⁰.

Elle précise que les essais dynamiques sont applicables à tous les types de garde-corps mais ne doivent être effectués que si le système d'assemblage du remplissage ou du barreaudage n'a pas été éprouvé par des essais ou des références antérieures.

La norme NF P 01-013 renvoie vers la norme NF P 08-301²¹ pour la définition des corps de chocs.

► 4.2.1. Principe de l'essai

L'essai est effectué sur le remplissage du garde-corps en partie courante (barreaudage, lisse, panneau, ...). Il consiste à soumettre l'élément de garde-corps à l'action de chocs représentés par la chute pendulaire de corps de chocs.

Deux corps de chocs sont définis :

- petit corps dur D 0,5. Il s'agit d'une bille d'acier de diamètre 50 mm d'une masse de $500 \text{ g} \pm 5 \text{ g}$,
- grand corps mou M 50. Il s'agit d'un sac sphéroconique d'une masse de $50 \text{ kg} \pm 0,5 \text{ kg}$ (voir Figure 53).

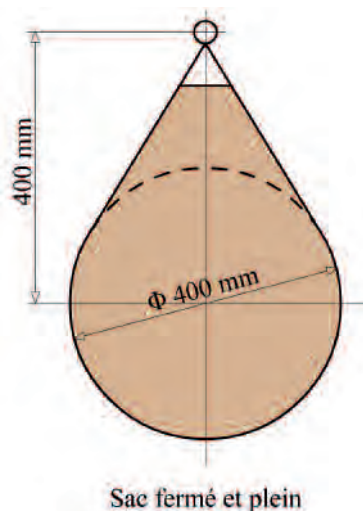


FIGURE 53 - GRAND CORPS MOU M 50

L'essai du petit corps dur consiste à reproduire une énergie de 3,75 J (corps de 0,5 kg avec une hauteur de chute de 0,75 m). L'essai du grand corps mou consiste à reproduire une énergie de 600 J (corps de 50 kg avec une hauteur de chute de 1,20 m).

► L'essai du corps D 0,5 ne concerne que les remplissages par plaques.

► 4.2.2. Exécution de l'essai

Il s'agit de chocs intérieurs. Le choc doit porter sur le centre géométrique de l'élément de remplissage soumis à essai pour sa partie située entre la zone de stationnement normal et la main courante.

Le corps de chocs est suspendu à un point d'ancrage situé à une distance d'environ 2,50 m au-dessus du point d'impact. Au repos, le corps de chocs est en contact tangent avec le point d'impact. Le corps est ensuite écarté du point d'impact de telle manière que le corps de chocs tombe en mouvement sans vitesse initiale de la hauteur requise pour obtenir l'énergie demandée (voir Figure 54).

²⁰ NF P 01-013 (août 1988) : Essais des garde-corps – Méthodes et critères

²¹ NF P 08-301 (avril 1991) : Ouvrages verticaux des constructions – Essais de résistance aux chocs – Corps de chocs

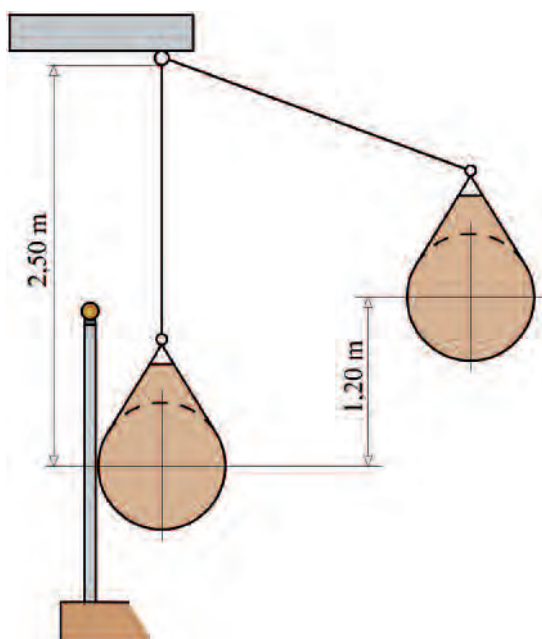


FIGURE 54 - REPRÉSENTATION DE L'ESSAI DU CORPS M 50

Le mouvement du corps et du câble d'acier ne doit être entravé par aucun obstacle autre que le remplissage lui-même.

Les hauteurs sont déterminées en considérant la position du centre de gravité du corps de chocs. Après impact, tout rebond du corps de chocs ne doit pas être suivi d'un second contact avec l'élément d'essai.

Le diamètre des empreintes éventuelles doit être noté, les dégradations constatées et les déformations résiduelles consignées.

► 4.2.3. Interprétation des résultats

Il ne doit pas se produire de chute de débris ou d'élément pouvant causer des blessures corporelles aux personnes se trouvant à l'extérieur.

Pour les garde-corps dont le remplissage n'est pas constitué de plaques (par exemple barreaudage, garde-corps ajourés, ...), le remplissage ne doit pas permettre le passage d'un gabarit hexagonal y compris sous la lisse basse (voir Figure 55).

Pour les garde-corps dont le remplissage comporte une ou plusieurs plaques, la surface de la partie rompue ne doit pas laisser passer le gabarit. De plus, l'élément de remplissage ne doit pas se détacher de l'ossature du garde-corps.

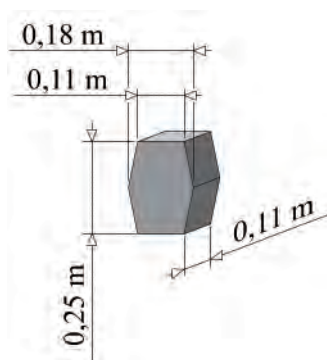
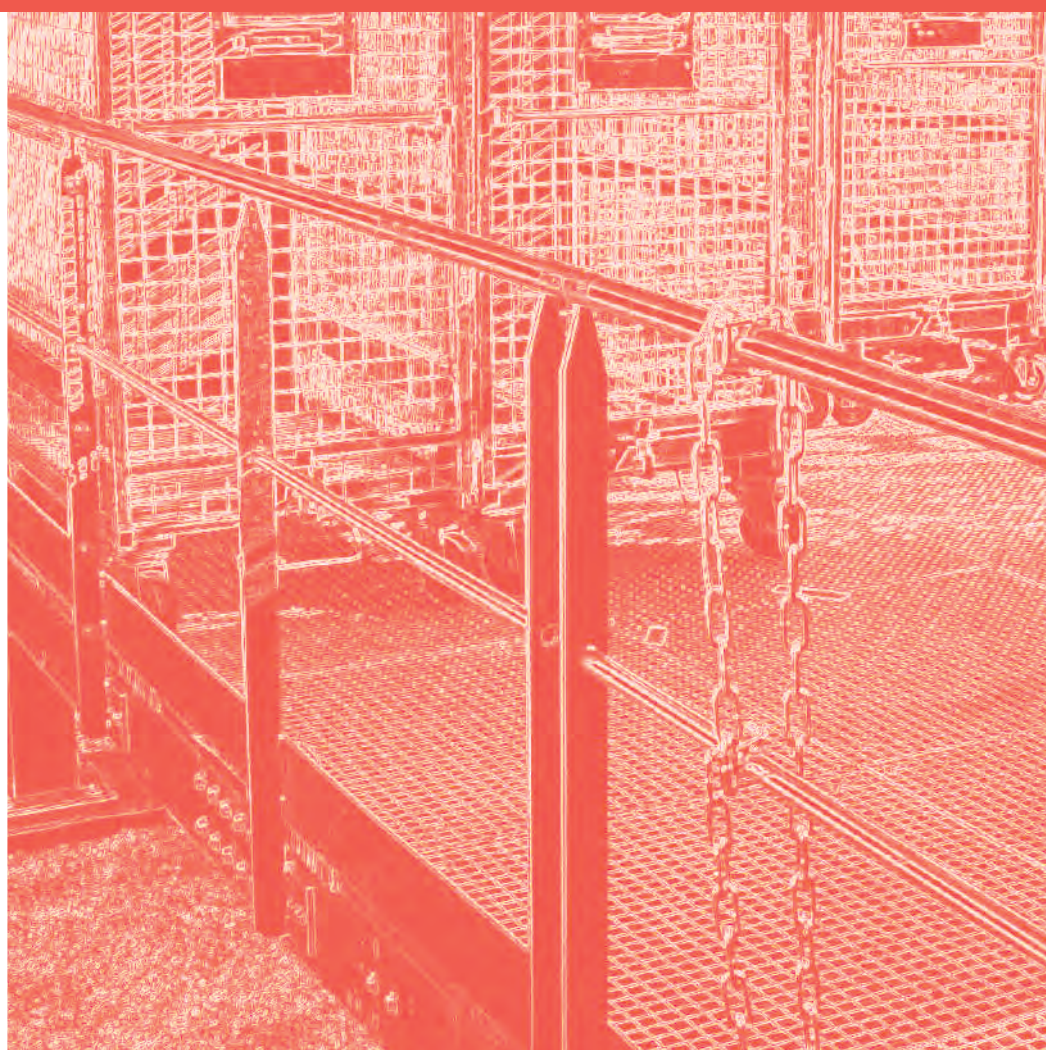


FIGURE 55 - GABARIT

PARTIE III

LES GARDE-CORPS INDUSTRIELS



► **C**ette partie du guide présente les dispositions géométriques de sécurité et les règles de dimensionnement applicables aux garde-corps industriels. Cette partie présente également des tableaux permettant de sélectionner les profilés satisfaisant aux exigences de dimensionnement pour les éléments d'un garde-corps, à savoir les montants, la main courante, les fixations et les platines.

GÉNÉRALITÉS

1.1. LES TEXTES DE RÉFÉRENCE

Les dispositions que les garde-corps industriels doivent respecter sont tirées de la norme NF E 85-015 « *Éléments d'installations industrielles – Moyens d'accès permanents – Escaliers, échelles à marches et garde-corps* » d'avril 2008.

A ce document, peuvent s'ajouter des exigences liées directement à la réglementation française et notamment au Code du Travail (voir chapitre 2, p.96). Ces dispositions sont toutefois incluses dans la norme NF E 85-015.

▶ La norme NF E 85-015 est issue de la scission de la norme internationale NF EN ISO 14122-3²² d'août 2001. Cette norme présentait en effet des exigences relatives aux garde-corps installés sur les machines ou dans les parties de bâtiment donnant accès à ces machines. La France ayant des dispositions du Code du Travail spécifiques aux garde-corps industriels, la norme NF EN ISO 14122-3 était parfois en contradiction avec les règles nationales. Pour pallier cette contrainte, les exigences sur les garde-corps industriels sont désormais présentées dans deux textes :

- la norme NF EN ISO 14122-3 de décembre 2007 (révision de la norme d'août 2001) qui ne s'applique qu'aux garde-corps intrinsèquement liés à une machine,
- la norme NF E 85-015 d'avril 2008 qui s'applique aux garde-corps installés sur les parties de bâtiment donnant accès aux machines. C'est donc la norme de référence pour les métalliers.

1.2. LE DOMAINE D'APPLICATION

La norme NF E 85-015 s'applique aux garde-corps métalliques utilisés par le personnel de maintenance, d'exécution et d'exploitation.

Elle couvre les garde-corps installés dans les lieux de travail tels que les bâtiments industriels, les locaux et les terrasses techniques, ainsi que les bâtiments et les installations recevant des machines.

▶ La norme prévoit que les dispositions relatives aux garde-corps horizontaux soient également appliquées aux garde-corps de rampes dont l'angle d'inclinaison est compris entre 0° et 20°.

1.3. DÉFINITION D'UN GARDE-CORPS

La définition d'un garde-corps donnée par la norme NF E 85-015 est la suivante : « *dispositif de protection collectif destiné à éviter toute chute accidentelle ou accès accidentel à une zone dangereuse* ».

²² NF EN ISO 14122-3 (août 2001) : Sécurité des machines – Moyens permanents d'accès aux machines – Partie 3 : Escaliers, échelles à marches et garde-corps

La norme donne également les définitions suivantes :

- main courante : élément conçu pour être saisi par la main du personnel afin d'assurer le maintien de son équilibre.
- lisse supérieure : élément supérieur du garde-corps assurant la protection du personnel afin d'éviter toute chute accidentelle ou accès accidentel à une zone dangereuse et remplissant la fonction de main courante.
- lisse intermédiaire : élément du garde-corps placé parallèlement à la main courante, assurant une protection complémentaire contre le passage d'un corps. La lisse intermédiaire peut être remplacée par un élément de remplissage.
- montant : élément structurel permettant de fixer le garde-corps à la plate-forme ou à l'escalier.
- plinthe : partie inférieure pleine d'un garde-corps destinée à éviter toute chute d'objets depuis un niveau de plancher. Une plinthe réduit également l'espace libre entre le plancher et la lisse intermédiaire pour prévenir le passage d'un corps humain.
- portillon à fermeture automatique : partie du garde-corps conçue pour être aisément ouverte, et qui se ferme automatiquement, par exemple sous l'effet de la gravité ou d'un ressort.
- remplissage : partie intermédiaire d'un garde-corps assurant une protection complémentaire à la fonction de la lisse intermédiaire. Cette partie intermédiaire peut éventuellement s'étendre jusqu'au platelage et se substituer ainsi à la plinthe.
- vide en bordure : distance libre en périphérie ou au droit d'un trou du platelage.
- platelage : assemblage d'éléments formant le sol d'une passerelle ou d'une plate-forme de travail, et qui est en contact direct avec les pieds.

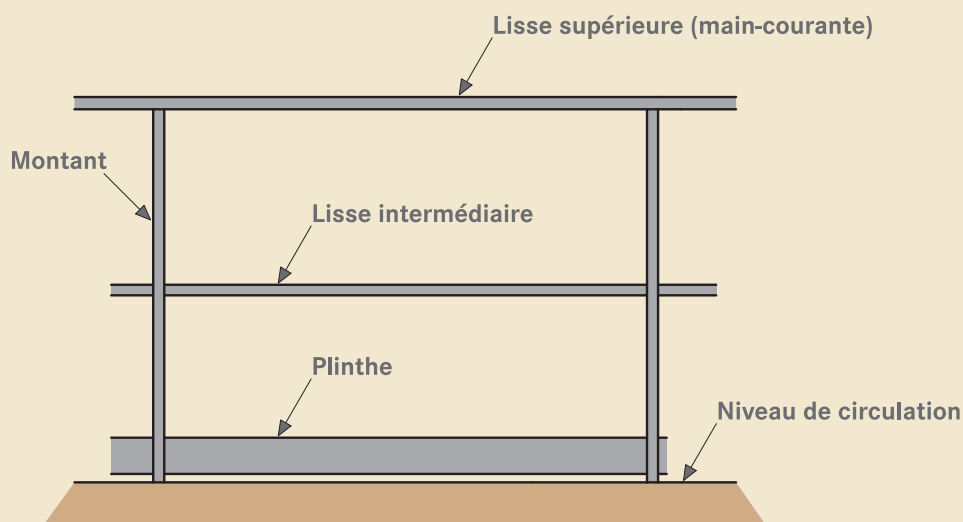


FIGURE 56 – PARTIES D'UNE STRUCTURE TYPE DE GARDE-CORPS INDUSTRIELS

OBLIGATION D'INSTALLATION D'UN GARDE-CORPS

La norme NF E 85-015 indique qu'un garde-corps doit être installé dans les cas suivants :

- lorsque la hauteur de chute possible est supérieure à 0,50 m (voir Figure 57), et/ou
- lorsque le vide en bordure du platelage est supérieur à 0,20 m ou si la protection de la structure n'est pas équivalente à un garde-corps (voir Figure 57).

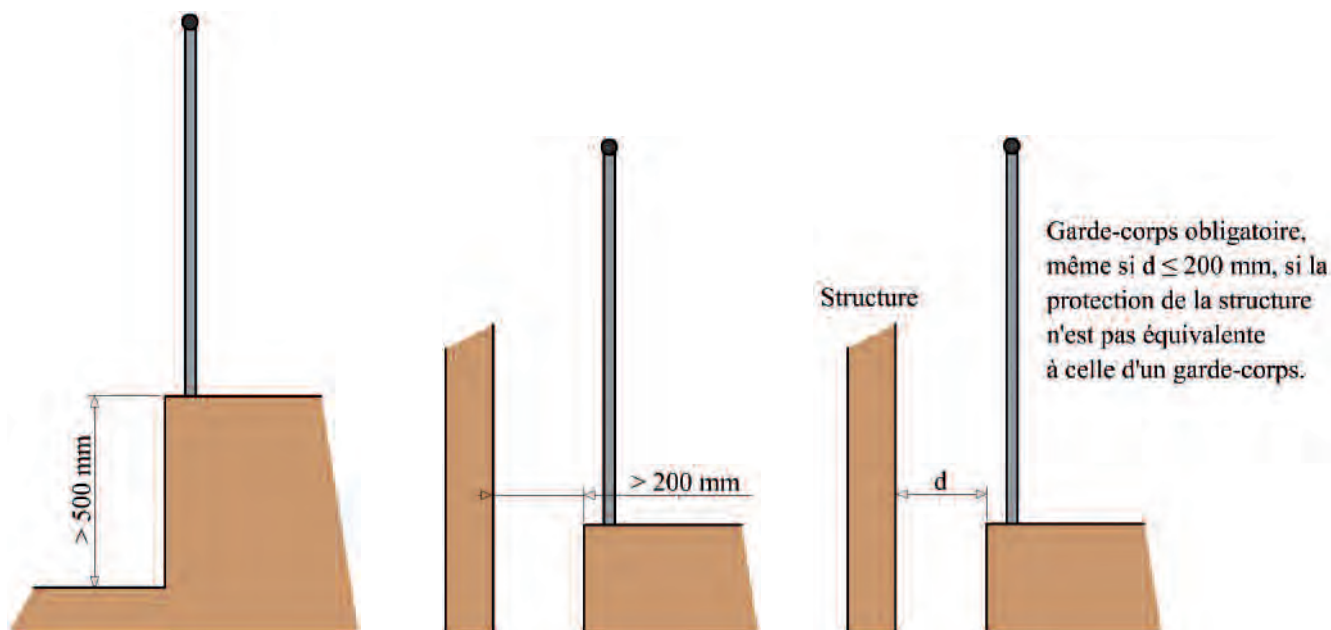


FIGURE 57 – OBLIGATION D'INSTALLATION D'UN GARDE-CORPS INDUSTRIEL

La norme NF E 85-015 précise également qu'un garde-corps doit être installé près des zones dangereuses où il existe un risque de chute, y compris un risque de passage au travers de matériaux fragiles (par exemple, passerelles d'accès à un extracteur sur un toit).

- La norme indique également qu'une plinthe doit être installée si l'espace séparant la plate-forme de la structure adjacente est supérieur à 30 mm (voir Figure 58).

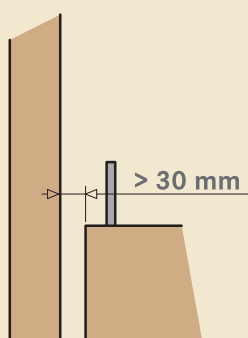


FIGURE 58 – OBLIGATION D'INSTALLATION D'UNE PLINTHE

▶ L'obligation d'installation d'un garde-corps est également liée au décret N° 2004-924 du 1^{er} septembre 2004 relatif à l'utilisation des équipements de travail mis à disposition pour des travaux temporaires en hauteur. Ce décret modifie le Code du Travail en intégrant des mesures spécifiques à l'exécution de travaux temporaires en hauteur et aux équipements de travail mis à disposition et utilisés à cette fin.

L'article 2 de ce décret indique en effet que « *la prévention des chutes de hauteur est assurée par des garde-corps, intégrés ou fixés de manière sûre, rigides et d'une résistance appropriée, placés à une hauteur comprise entre un mètre et 1,10 m et comportant au moins une plinthe de butée de 10 à 15 cm, en fonction de la hauteur retenue pour les garde-corps, une main courante et une lisse intermédiaire à mi-hauteur ou par tout autre moyen assurant une sécurité équivalente* ».

Il indique également que « *lorsque des dispositifs de protection collective ne peuvent être mis en œuvre, la protection des travailleurs doit être assurée au moyen d'un système d'arrêt de chute approprié* » tout en précisant que la priorité doit être donnée aux équipements permettant d'assurer la protection collective des travailleurs.

DISPOSITIONS GÉOMÉTRIQUES DE SÉCURITÉ

3.1. HAUTEUR DE PROTECTION

La hauteur de la main courante du garde-corps doit être comprise entre 1 m et 1,10 m au-dessus du niveau de circulation (voir Figure 60).

3.2. AUTRES SPÉCIFICATIONS DIMENSIONNELLES

► 3.2.1. Éléments de remplissage

Le garde-corps doit être composé d'au moins une lisse intermédiaire ou tout autre dispositif de protection équivalent.

L'espace libre entre la main courante et la lisse intermédiaire, ainsi qu'entre la lisse intermédiaire et la plinthe doit être inférieur ou égal à 0,50 m (voir Figure 60). Dans le cas de garde-corps à montants inclinés, cette distance est mesurée dans le plan du garde-corps.

Une plinthe d'une hauteur de 100 mm minimum doit être installée à 10 mm maximum du niveau de circulation et du bord de la plate-forme (voir Figure 59).

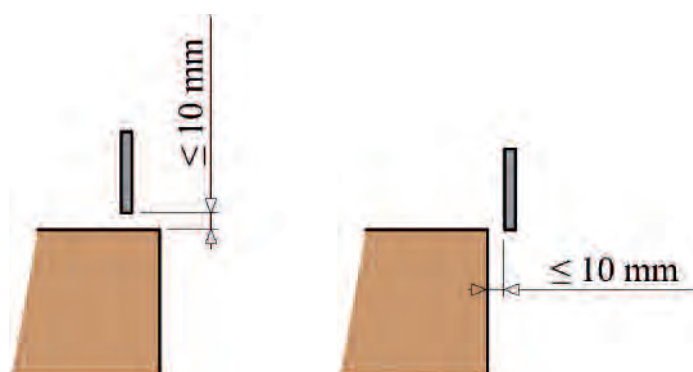


FIGURE 59 – ILLUSTRATION DE LA POSITION DE LA PLINTHE POUR UN GARDE-CORPS SUR DALLE ET UN GARDE-CORPS EN NEZ DE DALLE

► D'après l'article 2 du décret N°2004-924 (voir plus haut), il convient que la hauteur de la plinthe soit de 150 mm lorsque le garde-corps est d'une hauteur de 1,10 m.



FIGURE 60 – EXIGENCES DIMENSIONNELLES

La norme indique que la lisse intermédiaire doit être à mi-hauteur du garde-corps. Cette disposition ne doit cependant pas conduire à un espace supérieur à 500 mm (voir Figures 61 et 62), exigence de sécurité prioritaire pour ce type d'ouvrage.

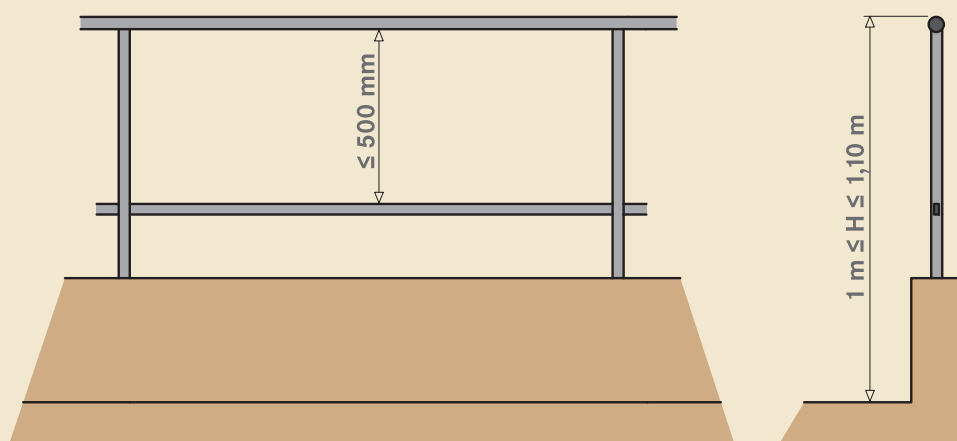


FIGURE 61 – GARDE-CORPS INDUSTRIEL SUR ACROTÈRE

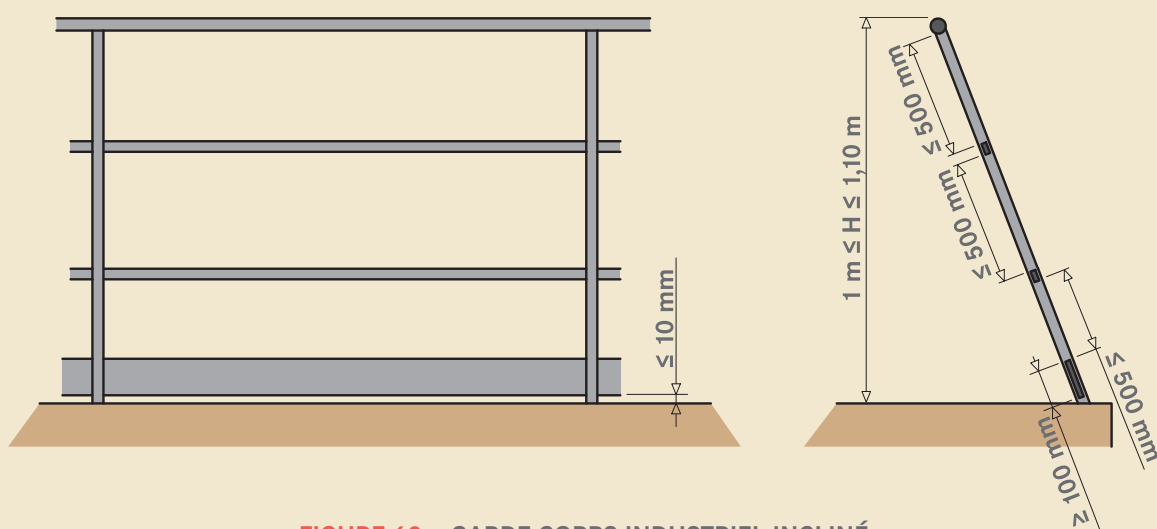


FIGURE 62 – GARDE-CORPS INDUSTRIEL INCLINÉ

Quand des potelets verticaux remplacent une lisse intermédiaire, l'espace horizontal entre les potelets doit être de 180 mm maximum.

Il convient que la distance entre les axes des montants soit limitée à 1,5 m. Toutefois, si cette distance est supérieure, un intérêt tout particulier doit être accordé à la résistance de l'ancrage des montants et des dispositifs de fixation.

► 3.2.2. Main courante

La main courante doit être exempte de tout obstacle à une distance d'au moins 100 mm sur toute sa longueur, sauf sur la face inférieure pour sa fixation (voir Figure 63).

Pour éviter de dévier la main courante, en cas d'obstacle ponctuel sans danger (tuyauterie, relief, poteau, chemin de câble, ...), cette distance de 100 mm peut être réduite à 50 mm sur une longueur maximale de 0,5 m (voir Figure 63).

La main courante doit présenter un diamètre de 25 mm à 50 mm ou avoir une section équivalente de manière à garantir une prise en main sûre.

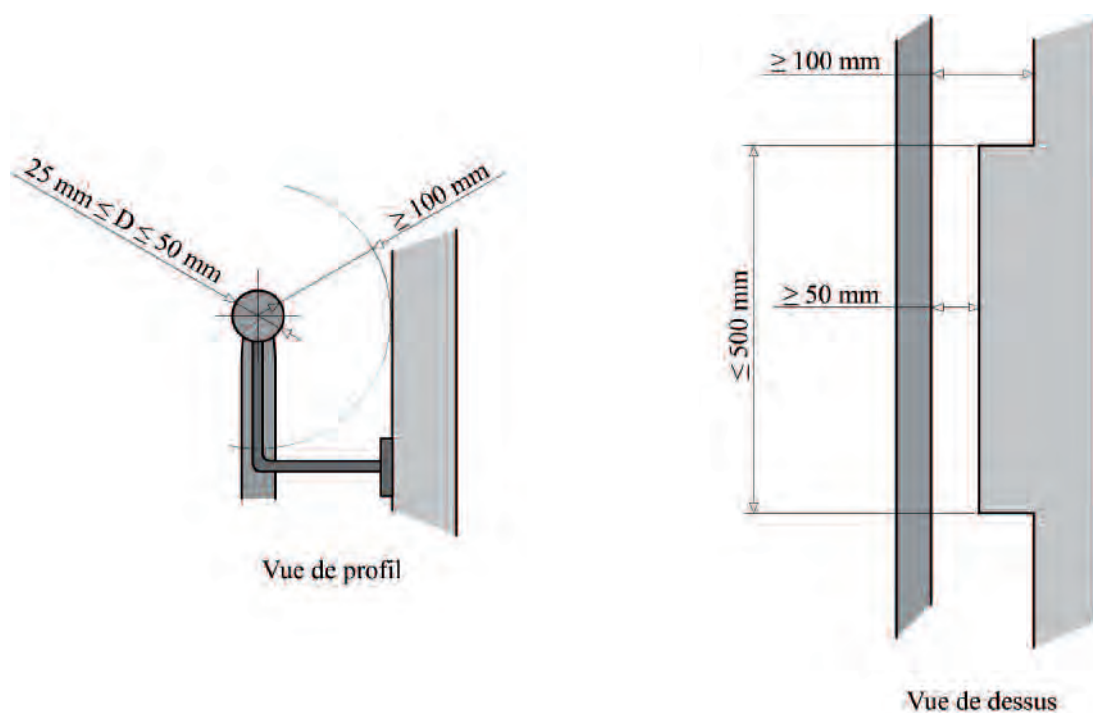


FIGURE 63 – EXIGENCES DIMENSIONNELLES

Si la main courante est interrompue, l'espace libre entre deux segments de main courante doit être compris entre 75 mm et 120 mm afin d'éviter de se coincer les mains (voir Figure 64). S'il existe une ouverture plus grande, un portillon à fermeture automatique doit être prévu.

Les extrémités d'une main courante doivent être exemptes d'arêtes vives et conçues de façon à ne pas provoquer de risque de blessure dû à la prise de vêtement de l'utilisateur.

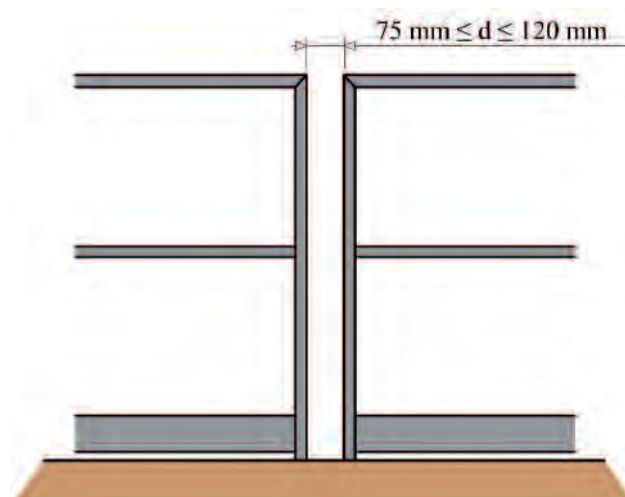


FIGURE 64 – ESPACE ENTRE MAIN COURANTE

► 3.2.3. Portillon

Lorsqu'une interruption du garde-corps est nécessaire (par exemple, pour un accès à une échelle à crinoline), un portillon permettant d'assurer la continuité de la sécurité antichute du garde-corps doit être mis en place.

Ce portillon doit répondre aux exigences relatives aux éléments de remplissage (voir chapitre 3.2.1, p. 98).

Le portillon doit être positionné dans le prolongement du garde-corps. Si le portillon est battant, il doit être à fermeture automatique, venir en appui sur une butée rigide et s'ouvrir à l'opposé du vide pour éviter que les utilisateurs le poussent et chutent par l'ouverture.



Les portillons doivent être soumis aux mêmes critères de charge que les garde-corps.

3.3. CAS PARTICULIER

Les garde-corps doivent être fixés à l'installation. Dans les cas exceptionnels de réhabilitation ou rénovation d'installations existantes, où il n'est pas possible de réaliser une telle fixation, les garde-corps de type autoportant peuvent être envisagés, à la condition qu'ils respectent les exigences de sécurité de la norme NF E 85-015.

DIMENSIONNEMENT DES GARDE-CORPS

La norme NF E 85-015 indique que la résistance mécanique des garde-corps doit être vérifiée par des essais statiques et/ou dynamiques ou par calculs.

S'agissant de garde-corps simples en acier, il est considéré ici que des essais statiques de résistance ne sont pas nécessaires. Un calcul de résistance des matériaux est suffisant.

Quant aux essais dynamiques, la norme indique qu'ils doivent être réalisés pour certains matériaux dont le comportement n'est pas connu (matériaux non métalliques, non ductiles, ...) et pour les garde-corps autoportant. Un essai dynamique n'est donc pas requis pour les garde-corps industriels en acier fixés à l'installation.

Ce chapitre présente donc uniquement la vérification par calcul de garde-corps industriels fixés. Cette vérification est suffisante au regard de la norme NF E 85-015.

La norme NF E 85-015 précise également que la charge de ruine doit être supérieure de 25% à la charge ultime, ce qui est toujours le cas dans la condition retenue de ce guide, à savoir le non dépassement de la limite élastique.

4.1. CALCUL STATIQUE DES ÉLÉMENTS D'UN GARDE-CORPS

► 4.1.1. Dimensionnement des montants

Le dimensionnement des montants d'un garde-corps est présenté en détail au chapitre 3.2 de la partie I de ce guide (p. 28). Il convient donc de s'y reporter en cas de besoin.

Il est rappelé que le dimensionnement des montants d'un garde-corps se fait exclusivement par rapport aux charges horizontales appliquées.

▷ Charge d'exploitation

Comme cela est indiqué au chapitre 2.1 de la partie I (p. 24), les charges d'exploitation horizontales retenues dans ce guide sont celles tirées de l'amendement de la norme NF P 06-111-2²³ publié en mars 2009.

Cette norme renvoie vers la norme NF E 85-015 pour les garde-corps relevant de son domaine d'application, ce qui est le cas pour les garde-corps traités dans ce chapitre.

La norme NF E 85-015 indique que la charge d'exploitation doit être définie par le maître d'ouvrage selon les conditions d'utilisation avec une valeur minimale de 300 N/m.

Les valeurs des charges d'exploitation définies par la norme NF P 06-001 (destinée à être remplacée par la norme NF P 06-111-2/A1) sont indiquées au Tableau 7 (p. 24).

▷ Point d'application de la charge

La norme NF E 85-015 indique que le point d'application de la charge doit être le sommet du montant.

²³ NF P 06-111-2/A1 (mars 2009) « Eurocode 1 "Actions sur les structures – Partie 1-1 : actions générales – Poids volumiques, poids propres, charges d'exploitation des bâtiments" – Annexe nationale à la NF EN 1991-1-1 – Poids volumiques, poids propres, charges d'exploitation des bâtiments »

► Critère de résistance mécanique

Le dimensionnement des montants des garde-corps est caractérisé par la valeur du module d'inertie W_y calculée à partir de la relation suivante (voir chapitre 3.2.1 de la partie I, p. 28) :

$$W_{y,\text{profilé}}(\text{cm}^3) \geq \frac{\frac{3}{2} \times q_h(\text{N/m}) \times L(\text{m}) \times H_c(\text{m})}{f_y(\text{MPa})} \quad [22]$$

Avec :

q_h (N/m)	charge d'exploitation horizontale
L (m)	distance entre deux montants
H_c (m)	hauteur du point d'application de la charge
f_y (MPa)	limite d'élasticité de l'acier

En utilisant la formule [22], il est possible de calculer le module d'inertie correspondant au projet :

$$W_{y,\text{projet}}(\text{cm}^3) = \frac{\frac{3}{2} \times q_h(\text{N/m}) \times L(\text{m}) \times H_c(\text{m})}{f_y(\text{MPa})}$$

Les catalogues des fournisseurs donnent les caractéristiques géométriques des profilés en acier proposés. Parmi celles-ci, il est possible de retrouver le module d'inertie W_y propre à une section de profilé.

Il suffit ensuite de rechercher dans les catalogues des fournisseurs, le profilé dont le module d'inertie est supérieur ou égal au module d'inertie calculé propre au projet :

$$W_{y,\text{profilé}} \geq W_{y,\text{projet}}$$

Le Tableau 36 ci-dessous présente les modules d'inertie W_y pour les configurations suivantes :

- sept distances entre montants L : de 1,0 m à 1,6 m avec un pas de 0,10 m,
- une hauteur du point d'application de la charge H_c de 1,10 m,
- un acier de nuance S235 : $f_y = 235$ MPa pour une épaisseur inférieure à 40 mm et $f_y = 215$ MPa pour une épaisseur comprise entre 40 mm et 80 mm (profilés pleins) et entre 40 mm et 65 mm (profilés creux). Les valeurs de f_y sont tirées de l'Eurocode 3 (voir Tableau 3, p. 17).

Il convient alors de vérifier que le profilé choisi vérifie la condition : $W_{y,\text{profilé}} \geq W_{y,\text{tableau}}$

TABLEAU 36 – MODULES D'INERTIE W_y PRÉCALCULÉS POUR $H_c = 1,10$ m

MODULE D'INERTIE W_y DES MONTANTS (cm^3) ACIER S235, $f_y = 235$ MPa, $H_c = 1,10$ m		DISTANCE ENTRE MONTANTS L (m)						
Catégorie	q_h	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6
E2 : Locaux industriels	300 N/m	2,11	2,32	2,53	2,74	2,95	3,16	3,37

MODULE D'INERTIE W_y DES MONTANTS (cm^3) ACIER S235, $f_y = 215$ MPa, $H_c = 1,10$ m		DISTANCE ENTRE MONTANTS L (m)						
Catégorie	q_h	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6
E2 : Locaux industriels	300 N/m	2,30	2,53	2,76	2,99	3,22	3,45	3,68

Il est rappelé que la charge horizontale de 300 N/m prise en compte dans le Tableau 36 est la charge minimale définie par la norme NF E 85-015. Le maître d'ouvrage est susceptible de définir une charge supérieure en fonction des conditions d'utilisation.

Pour les aciers d'une limite d'élasticité f_y supérieure à 235 MPa, les valeurs des modules d'inertie W sont à multiplier par le coefficient $235/f_y$ (par exemple, pour un acier S355 où $f_y = 355$ MPa, les valeurs du Tableau 36 sont à multiplier par le coefficient $235/355 = 0,66$).

► Limitation de la flèche

Le calcul de la flèche est détaillé au chapitre 3.2.1 de la partie I du guide (p. 28).

Si un critère de limitation de flèche exprimé en fraction X de la hauteur du garde-corps ($\omega_{\max} = X \times H$) est demandé, le moment d'inertie I_y du profilé choisi doit alors respecter la relation suivante :

$$I_{y,\text{profilé}}(\text{cm}^4) \geq \frac{100 \times 1,135 \times q_h(\text{N/m}) \times L(\text{m}) \times H^2(\text{m})}{3 \times E(\text{MPa}) \times X} \quad [23]$$

Avec :

q_h (N/m)	charge d'exploitation horizontale
L (m)	distance entre deux montants
H (m)	hauteur du garde-corps
E (MPa)	module d'élasticité de l'acier ($E = 210\,000$ MPa)
X	fraction de hauteur de garde-corps

La norme NF E 85-015 spécifie une limitation de flèche sous charge de 30 mm.

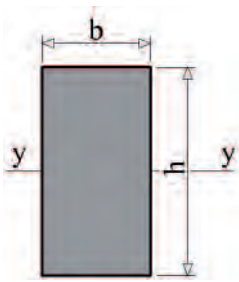
Dans les conditions courantes d'installation des garde-corps industriels, la flèche maximale définie par la norme NF E 85-015 (30 mm) n'est pas dimensionnante pour le choix des sections admissibles par rapport au critère de résistance mécanique.

► Dimensionnement par l'utilisation des tableaux de sections précalculés

Les Tableaux précalculés 37 à 42 présentent les sections de profilés admissibles vérifiant à la fois les critères de résistance mécanique et de flèche (30 mm), pour les configurations suivantes :

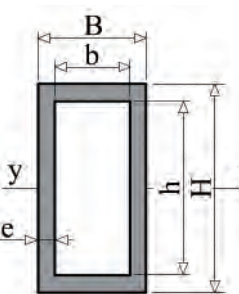
- différents types de profilés pleins ou creux,
- sept longueurs entre montants (de 1 m à 1,6 m avec un pas de 0,1 m),
- une hauteur d'application de la charge H_c de 1,10 m,
- un acier S235.

TABLEAU 37 – CALCUL DES MONTANTS – SECTIONS PLEINES RECTANGULAIRES ADMISSIBLES



NORMES DE RÉFÉRENCE		CONDITIONS À VÉRIFIER						
Dimensions : NF EN 10058 Nuance : NF EN 10025-2		$\frac{bh^2}{6} (\text{cm}^3) \geq \frac{\frac{3}{2} \times q_h (\text{N/m}) \times L(\text{m}) \times H_c (\text{m})}{f_y (\text{MPa})}$ et $\omega_{\max} \leq 30\text{mm}$						
HYPOTHÈSES FIXÉES								
$H_c = 1,10 \text{ m} ; f_y = 235 \text{ MPa} \text{ (} b \leq 40 \text{ mm)}$								
CATÉGORIE	L (m)	SECTIONS h x b ADMISSIBLES (mm)						L (m)
E2 : Locaux industriels $q_h = 300 \text{ N/m}$	1,0	35x12	40x8	45x8	50x6	60x5	70x5	1,0
	1,1	35x12	40x10	45x8	50x6	60x5	70x5	1,1
	1,2	35x15	40x10	45x8	50x7	60x5	70x5	1,2
	1,3	35x15	40x12	45x10	50x7	60x5	70x5	1,3
	1,4	35x15	40x12	45x10	50x8	60x5	70x5	1,4
	1,5	35x20	40x12	45x10	50x8	60x6	70x5	1,5
	1,6	35x20	40x14	45x10	50x10	60x6	70x5	1,6

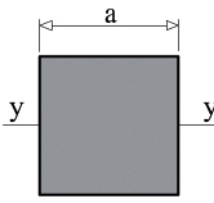
TABLEAU 38 – CALCUL DES MONTANTS – SECTIONS CREUSES RECTANGULAIRES LAMINÉES À FROID ADMISSIBLES



NORMES DE RÉFÉRENCE		CONDITIONS À VÉRIFIER			
Dimensions : NF EN 10219-2 Nuance : NF EN 10219-1		$\frac{BH^3 - bh^3}{6H} (\text{cm}^3) \geq \frac{\frac{3}{2} \times q_h (\text{N/m}) \times L(\text{m}) \times H_c (\text{m})}{f_y (\text{MPa})}$ et $\omega_{\max} \leq 30\text{mm}$			
HYPOTHÈSES FIXÉES					
$H_c = 1,10 \text{ m} ; f_y = 235 \text{ MPa} (e \leq 40 \text{ mm})$					
CATÉGORIE	L (m)	SECTIONS H x B x e ADMISSIBLES (mm)			L (m)
E2 : Locaux industriels $q_h = 300 \text{ N/m}$	1,0	40x20x2	50x30x2	60x40x2	1,0
	1,1	40x20x2	50x30x2	60x40x2	1,1
	1,2	40x20x3	50x30x2	60x40x2	1,2
	1,3		50x30x2	60x40x2	1,3
	1,4		50x30x2	60x40x2	1,4
	1,5		50x30x2	60x40x2	1,5
	1,6		50x30x2	60x40x2	1,6

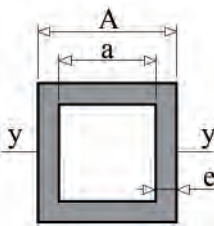
Il est rappelé que la charge horizontale de 300 N/m prise en compte dans les Tableaux ci-dessus est la charge minimale définie par la norme NF E 85-015. Le maître d'ouvrage est susceptible de définir une charge supérieure en fonction des conditions d'utilisation.

TABLEAU 39 – CALCUL DES MONTANTS – SECTIONS PLEINES CARRÉES ADMISSIBLES



		NORMES DE RÉFÉRENCE		CONDITIONS À VÉRIFIER			
		Dimensions : NF EN 10059 Nuance : NF EN 10025-2		$\frac{a^3}{6} (\text{cm}^3) \geq \frac{\frac{3}{2} \times q_h (\text{N/m}) \times L (\text{m}) \times H_c (\text{m})}{f_y (\text{MPa})}$ et $\omega_{\max} \leq 30\text{mm}$			
		HYPOTHÈSES FIXÉES					
		$H_c = 1,10 \text{ m} ; f_y = 235 \text{ MPa} \quad (a \leq 40 \text{ mm})$					
CATÉGORIE	L (m)	SECTIONS a x a ADMISSIBLES (mm)					L (m)
E2 : Locaux industriels $q_h = 300 \text{ N/m}$	1,0	24x24	25x25	26x26	28x28	30x30	1,0
	1,1		25x25	26x26	28x28	30x30	1,1
	1,2		25x25	26x26	28x28	30x30	1,2
	1,3			26x26	28x28	30x30	1,3
	1,4				28x28	30x30	1,4
	1,5				28x28	30x30	1,5
	1,6				28x28	30x30	1,6

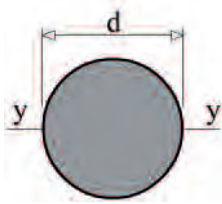
TABLEAU 40 – CALCUL DES MONTANTS – SECTIONS CREUSES CARRÉES LAMINÉES À FROID ADMISSIBLES



		NORMES DE RÉFÉRENCE		CONDITIONS À VÉRIFIER		
		Dimensions : NF EN 10219-2 Nuance : NF EN 10219-1		$\frac{A^4 - a^4}{6A} (\text{cm}^3) \geq \frac{\frac{3}{2} \times q_h (\text{N/m}) \times L (\text{m}) \times H_c (\text{m})}{f_y (\text{MPa})}$ et $\omega_{\max} \leq 30\text{mm}$		
		HYPOTHÈSES FIXÉES				
		$H_c = 1,10 \text{ m} ; f_y = 235 \text{ MPa} \quad (e \leq 40 \text{ mm})$				
CATÉGORIE	L (m)	SECTIONS A x e ADMISSIBLES (mm)				L (m)
E2 : Locaux industriels $q_h = 300 \text{ N/m}$	1,0	30x3	40x2	50x2	60x2	1,0
	1,1		40x2	50x2	60x2	1,1
	1,2		40x2	50x2	60x2	1,2
	1,3		40x2	50x2	60x2	1,3
	1,4		40x2	50x2	60x2	1,4
	1,5		40x2	50x2	60x2	1,5
	1,6		40x2	50x2	60x2	1,6

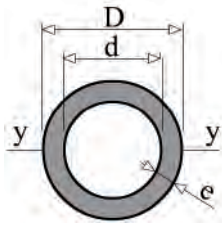
Il est rappelé que la charge horizontale de 300 N/m prise en compte dans les Tableaux ci-dessus est la charge minimale définie par la norme NF E 85-015. Le maître d'ouvrage est susceptible de définir une charge supérieure en fonction des conditions d'utilisation.

TABLEAU 41 – CALCUL DES MONTANTS – SECTIONS PLEINES RONDES ADMISSIBLES



NORMES DE RÉFÉRENCE		CONDITIONS À VÉRIFIER					
Dimensions : NF EN 10060 Nuance : NF EN 10025-2		$\frac{\pi d^3}{32} (\text{cm}^3) \geq \frac{\frac{3}{2} \times q_h (\text{N/m}) \times L (\text{m}) \times H_c (\text{m})}{f_y (\text{MPa})}$ et $\omega_{\max} \leq 30\text{mm}$					
HYPOTHÈSES FIXÉES							
$H_c = 1,10 \text{ m} ; f_y = 235 \text{ MPa} \quad (d \leq 40 \text{ mm})$							
CATÉGORIE	L (m)	DIAMÈTRES d ADMISSIBLES (mm)				L (m)	
E2 : Locaux industriels $q_h = 300 \text{ N/m}$	1,0	28	30	32	35	36	1,0
	1,1		30	32	35	36	1,1
	1,2		30	32	35	36	1,2
	1,3			32	35	36	1,3
	1,4			32	35	36	1,4
	1,5			32	35	36	1,5
	1,6				35	36	1,6

TABLEAU 42 – CALCUL DES MONTANTS – SECTIONS CREUSES RONDES LAMINÉES À FROID ADMISSIBLES



NORMES DE RÉFÉRENCE		CONDITIONS À VÉRIFIER			
Dimensions : NF EN 10219-2 Nuance : NF EN 10219-1		$\frac{\pi(D^4 - d^4)}{32D} (\text{cm}^3) \geq \frac{\frac{3}{2} \times q_h (\text{N/m}) \times L (\text{m}) \times H_c (\text{m})}{f_y (\text{MPa})}$ et $\omega_{\max} \leq 30\text{mm}$			
HYPOTHÈSES FIXÉES					
$H_c = 1,10 \text{ m} ; f_y = 235 \text{ MPa} \quad (e \leq 40 \text{ mm})$					
CATÉGORIE	L (m)	SECTIONS D x e ADMISSIBLES (mm)		L (m)	
E2 : Locaux industriels $q_h = 300 \text{ N/m}$	1,0	42,4x2	48,3x2	60,3x2	1,0
	1,1	42,4x2	48,3x2	60,3x2	1,1
	1,2	42,4x2,5	48,3x2	60,3x2	1,2
	1,3	42,4x2,5	48,3x2	60,3x2	1,3
	1,4	42,4x2,5	48,3x2	60,3x2	1,4
	1,5	42,4x3	48,3x2	60,3x2	1,5
	1,6	42,4x3	48,3x2,5	60,3x2	1,6

Il est rappelé que la charge horizontale de 300 N/m prise en compte dans les Tableaux ci-dessus est la charge minimale définie par la norme NF E 85-015. Le maître d'ouvrage est susceptible de définir une charge supérieure en fonction des conditions d'utilisation.

► 4.1.2. Dimensionnement des mains courantes

Le dimensionnement des mains courantes est présenté en détail au chapitre 3.3 de la partie I de ce guide (p. 31). Ce dimensionnement est relatif aux garde-corps filants non liaisonnés par des barreaudages.

Dans le cas d'un garde-corps avec barreaudage entre main courante et lisse basse, l'inertie importante conférée à la main courante permet de valider toute section choisie sans vérification.

Le dimensionnement des mains courantes doit se faire à la fois vis-à-vis des charges horizontales et vis-à-vis des charges verticales d'exploitation prises en compte.

► Charges d'exploitation

Les charges d'exploitation horizontales q_h et verticales Q_v retenues sont tirées des Tableaux 7 et 8 (p. 24 et p. 25) et présentées au Tableau 43. Les charges d'exploitation horizontales sont celles tirées de la norme NF P 06-111-2/A1 (qui renvoie vers la norme NF E 85-015 pour les garde-corps relevant de son domaine d'application).

TABLEAU 43 – CHARGES D'EXPLOITATION RETENUES POUR LE DIMENSIONNEMENT DES MAINS COURANTES

CATÉGORIE DE BÂTIMENT	EXEMPLE	CHARGES D'EXPLOITATION	
		Horizontale q_h	Verticale Q_v
Catégorie E : Locaux industriels	E2 : Usage industriel	300 N/m ²⁴	600 N

Le principe de chargement des charges verticales est présenté au chapitre 3.3.2 de la partie I (p. 32).

► Critère de résistance mécanique

Le dimensionnement des mains courantes est caractérisé par les valeurs des modules d'inertie W_y et W_z du profilé calculées à partir des relations suivantes (voir chapitres 3.3.1 et 3.3.2 de la partie I, p. 31 et p. 32) :

$$W_{y,\text{profilé}}(\text{cm}^3) \geq \frac{3 \times q_h (\text{N/m}) \times (L(\text{m}))^2}{16 \times f_y (\text{MPa})} \quad [24]$$

$$W_{z,\text{profilé}}(\text{cm}^3) \geq \frac{3 \times Q_v (\text{N}) \times (L(\text{m}) - 0,30)}{8 \times f_y (\text{MPa})} \quad [25]$$

Avec :

q_h (N/m)	charge d'exploitation horizontale tirée du Tableau 43
Q_v (N)	charge d'exploitation verticale tirée du Tableau 43
L (m)	distance entre deux montants
f_y (MPa)	limite d'élasticité de l'acier

²⁴ 300 N/m est la charge minimale définie par la norme NF E 85-015. Le maître d'ouvrage est susceptible de définir une charge supérieure.

En utilisant les formules [24] et [25], il est possible de calculer les modules d'inertie selon les axes yy et zz, correspondant au projet :

$$W_{y\text{projet}}(\text{cm}^3) = \frac{3 \times q_h (\text{N/m}) \times (L(\text{m}))^2}{16 \times f_y (\text{MPa})} \quad \text{et} \quad W_{z\text{projet}}(\text{cm}^3) = \frac{3 \times Q_v (\text{N}) \times (L(\text{m}) - 0,30)}{8 \times f_y (\text{MPa})}$$

Les catalogues des fournisseurs donnent les caractéristiques géométriques des profilés en acier proposés. Parmi celles-ci, il est possible de retrouver les modules d'inertie W_y et W_z propres à une section de profilé.

Il suffit ensuite de rechercher dans les catalogues des fournisseurs, le profilé dont les modules d'inertie selon les axes yy et zz sont au moins supérieurs aux modules d'inertie calculés propres au projet :

$$\begin{cases} W_{y\text{profilé}} \geq W_{y\text{projet}} \\ \text{et} \\ W_{z\text{profilé}} \geq W_{z\text{projet}} \end{cases}$$

Le Tableau 44 ci-dessous présente les modules d'inertie W_y et W_z pour les configurations suivantes :

- sept distances entre montants L : de 1,0 m à 1,6 m avec un pas de 0,10 m,
- un acier de nuance S235 : $f_y = 235$ MPa pour une épaisseur inférieure à 40 mm et $f_y = 215$ MPa pour une épaisseur comprise entre 40 mm et 80 mm (profilés pleins) et entre 40 mm et 65 mm (profilés creux). Les valeurs de f_y sont tirées de l'Eurocode 3 (voir Tableau 3, p. 17).

Il convient alors de vérifier que le profilé choisi vérifie la double condition suivante :

$$\begin{cases} W_{y\text{profilé}} \geq W_{y\text{tableau}} \\ \text{et} \\ W_{z\text{profilé}} \geq W_{z\text{tableau}} \end{cases}$$

TABLEAU 44 – MODULES D'INERTIE W_y ET W_z PRÉCALCULÉS

MODULES D'INERTIE W_y ET W_z DE LA MAIN COURANTE (cm³) ACIER S235, $f_y = 235$ MPa			W	DISTANCE ENTRE MONTANTS L (m)						
Catégorie	Charges			1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6
E2 : Locaux industriels	q_h (N/m)	300	W_y	0,24	0,29	0,34	0,40	0,47	0,54	0,61
	Q_v (N)	600	W_z	0,67	0,77	0,86	0,96	1,05	1,15	1,24

MODULES D'INERTIE W_y ET W_z DE LA MAIN COURANTE (cm³) ACIER S235, $f_y = 215$ MPa			W	DISTANCE ENTRE MONTANTS L (m)						
Catégorie	Charges			1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6
E2 : Locaux industriels	q_h (N/m)	300	W_y	0,26	0,32	0,38	0,44	0,51	0,59	0,67
	Q_v (N)	600	W_z	0,73	0,84	0,94	1,05	1,15	1,26	1,36

► Critère de limitation de flèche

La norme NF E 85-015 limite la flèche sous charge horizontale à 30 mm.

Pour des conditions satisfaisantes d'utilisation et de confort, l'Union des Métalliers choisit de proposer 1/300 comme critère de flèche verticale.

Sur ces bases, il s'avère que c'est le critère de flèche verticale qui est dimensionnant pour le choix du profilé.

Le calcul de la flèche verticale est détaillé au chapitre 3.3.2 de la partie I du guide (p. 32).

La flèche verticale maximale ω_v correspondant à la section de main courante choisie, est donnée par la formule suivante :

$$\omega_v (\text{cm}) = \frac{Q_v (\text{N}) \times a (\text{m}) \times (3L^2 - 4a^2)}{24 \times E (\text{MPa}) \times I_z (\text{cm}^4)} \cdot 10^4 \quad [26]$$

Avec :

$Q_v (\text{N})$	charge verticale tirée du Tableau 43 (p. 108)
$L (\text{m})$	distance entre montants
$E (\text{MPa})$	module d'élasticité de l'acier ($E = 210\,000 \text{ MPa}$)
$I_z (\text{cm}^4)$	moment d'inertie du profilé par rapport à son axe horizontal
$a (\text{m}) = \frac{L (\text{m}) - C (\text{m})}{2}$ où $C = 0,30 \text{ m}$	

Si le projet impose une condition de flèche verticale maximale ω_{max} pour la main courante, il convient de choisir un profilé dont l'inertie autour de l'axe horizontal I_z vérifie la condition suivante :

$$I_z (\text{cm}^4) \geq \frac{Q_v (\text{N}) \times a (\text{m}) \times (3L^2 - 4a^2)}{24 \times E (\text{MPa}) \times \omega_{\text{max}} (\text{cm})} \cdot 10^4 \quad [27]$$

Le Tableau 45 présente les moments d'inertie minimaux pour les configurations suivantes :

- sept distances entre montants L : de 1,0 m à 1,6 m avec un pas de 0,10 m,
- un critère de limitation de flèche : $X < 1/300$.

Il convient alors de vérifier que le profilé choisi vérifie la condition : $I_{z \text{ profilé}} \geq I_{z \text{ tableau}}$

TABLEAU 45 – MOMENTS D'INERTIE I_z PRÉCALCULÉS

MOMENTS D'INERTIE I_z DES MONTANTS (cm^3) ACIER, $E = 210\,000 \text{ MPa}$		DISTANCE ENTRE MONTANTS $L (\text{m})$						
Critère de limitation de la flèche ω	Catégorie	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6
$X = \frac{\omega}{L} < \frac{1}{300}$	E2 : Locaux industriels $Q_v = 600 \text{ N}$	3,14	3,88	4,70	5,59	6,55	7,59	8,69

► Dimensionnement par l'utilisation des tableaux de sections précalculés

Les Tableaux précalculés 46 à 49 présentent les sections de profilés admissibles vérifiant à la fois les critères de résistance mécanique et de flèche verticale au 1/300, pour les configurations suivantes :

- des profilés de section ronde, carrée et rectangulaire,
- sept longueurs entre montants (de 1 m à 1,6 m avec un pas de 0,1 m),
- un acier S235.

TABLEAU 46 – CALCUL DES MAINS COURANTES – SECTIONS PLEINES RECTANGULAIRES ADMISSIBLES

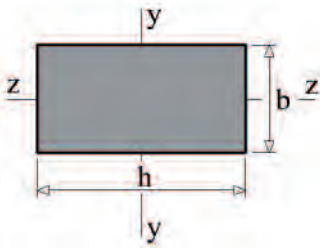
	NORMES DE RÉFÉRENCE		CONDITIONS À VÉRIFIER					
	Dimensions : NF EN 10058 Nuance : NF EN 10025-2		$\frac{bh^2}{6}(\text{cm}^3) \geq \frac{3 \times q_h(\text{N/m}) \times (L(\text{m}))^2}{16 \times f_y(\text{MPa})}$ et $\frac{hb^2}{6}(\text{cm}^3) \geq \frac{3 \times Q_v(\text{N}) \times (L(\text{m}) - 0,30)}{16 \times f_y(\text{MPa})}$ et $\omega_{\max} \leq L/300$					
	HYPOTHÈSES FIXÉES							
	$f_y = 235 \text{ MPa}$ ($e \leq 40 \text{ mm}$)							
CATÉGORIE	L (m)	SECTIONS h x b ADMISSIBLES (mm)						L (m)
E2 : Locaux industriels $q_h = 300 \text{ N/m}$ $Q_v = 600 \text{ N}$	1,0	40x25	45x25	50x20	60x20	70x20	80x20	1,0
	1,1	40x25	45x25	50x25	60x20	70x20	80x20	1,1
	1,2	40x25	45x25	50x25	60x25	70x25	80x20	1,2
	1,3	40x30	45x25	50x25	60x25	70x25	80x25	1,3
	1,4	40x30	45x30	50x30	60x25	70x25	80x25	1,4
	1,5	40x30	45x30	50x30	60x25	70x25	80x25	1,5
	1,6	40x30	45x30	50x30	60x30	70x25	80x25	1,6

TABLEAU 47 – CALCUL DES MAINS COURANTES – SECTIONS CREUSES RECTANGULAIRES LAMINÉES À FROID ADMISSIBLES

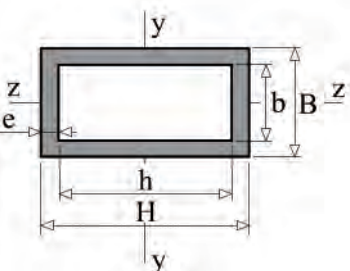
	NORMES DE RÉFÉRENCE		CONDITIONS À VÉRIFIER			
	Dimensions : NF EN 10219-2 Nuance : NF EN 10219-1		$\frac{BH^3 - bh^3}{6H} (\text{cm}^3) \geq \frac{3 \times q_h (\text{N/m}) \times (L(\text{m}))^2}{16 \times f_y (\text{MPa})}$ et $\frac{HB^3 - hb^3}{6B} (\text{cm}^3) \geq \frac{3 \times Q_v (\text{N}) \times (L(\text{m}) - 0,30)}{16 \times f_y (\text{MPa})}$ et $\omega_{\max} \leq L/300$			
	HYPOTHÈSES FIXÉES					
	$f_y = 235 \text{ MPa}$ ($e \leq 40 \text{ mm}$)					
CATÉGORIE	L (m)	SECTIONS H x B x e ADMISSIBLES (mm)				L (m)
E2 : Locaux industriels $q_h = 300 \text{ N/m}$ $Q_v = 600 \text{ N}$	1,0	50x30x2	60x40x2	70x50x2	80x40x2	1,0
	1,1	50x30x2	60x40x2	70x50x2	80x40x2	1,1
	1,2	50x30x2,5	60x40x2	70x50x2	80x40x2	1,2
	1,3	50x30x3	60x40x2	70x50x2	80x40x2	1,3
	1,4	50x30x4	60x40x2	70x50x2	80x40x2	1,4
	1,5		60x40x2	70x50x2	80x40x2	1,5
	1,6		60x40x2	70x50x2	80x40x2	1,6

TABLEAU 48 – CALCUL DES MAINS COURANTES – SECTIONS CREUSES CARRÉES LAMINÉES À FROID ADMISSIBLES

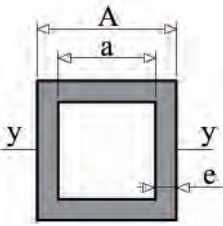
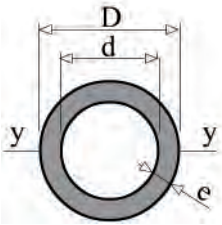
NORMES DE RÉFÉRENCE		CONDITIONS À VÉRIFIER				
 Dimensions : NF EN 10219-2 Nuance : NF EN 10219-1		$\frac{A^4 - a^4}{6A} (\text{cm}^3) \geq \frac{3 \times q_h (\text{N/m}) \times (L(\text{m}))^2}{16 \times f_y (\text{MPa})}$ et $\frac{A^4 - a^4}{6A} (\text{cm}^3) \geq \frac{3 \times Q_v (\text{N}) \times (L(\text{m}) - 0,30)}{16 \times f_y (\text{MPa})}$ et $\omega_{\max} \leq L/300$				
		HYPOTHÈSES FIXÉES				
		$f_y = 235 \text{ MPa}$ ($e \leq 40 \text{ mm}$)				
CATÉGORIE	L (m)	SECTIONS A x e ADMISSIBLES (mm)				L (m)
E2 : Locaux industriels $q_h = 300 \text{ N/m}$ $Q_v = 600 \text{ N}$	1,0	30x3	40x2	50x2	60x2	1,0
	1,1		40x2	50x2	60x2	1,1
	1,2		40x2	50x2	60x2	1,2
	1,3		40x2	50x2	60x2	1,3
	1,4		40x2	50x2	60x2	1,4
	1,5		40x2,5	50x2	60x2	1,5
	1,6		40x3	50x2	60x2	1,6

TABLEAU 49 – CALCUL DES MAINS COURANTES – SECTIONS CREUSES RONDES LAMINÉES À FROID ADMISSIBLES

NORMES DE RÉFÉRENCE		CONDITIONS À VÉRIFIER				
 Dimensions : NF EN 10219-2 Nuance : NF EN 10219-1		$\frac{\pi(D^4 - d^4)}{32D} (\text{cm}^3) \geq \frac{3 \times q_h (\text{N/m}) \times (L(\text{m}))^2}{16 \times f_y (\text{MPa})}$ et $\frac{\pi(D^4 - d^4)}{32D} (\text{cm}^3) \geq \frac{3 \times Q_v (\text{N}) \times (L(\text{m}) - 0,30)}{16 \times f_y (\text{MPa})}$ et $\omega_{\max} \leq L/300$				
		HYPOTHÈSES FIXÉES				
		$f_y = 235 \text{ MPa}$ ($e \leq 40 \text{ mm}$)				
CATÉGORIE	L (m)	SECTIONS D x e ADMISSIBLES (mm)				L (m)
E2 : Locaux industriels $q_h = 300 \text{ N/m}$ $Q_v = 600 \text{ N}$	1,0	33,7x3	42,4x2	48,3x2	60,3x2	1,0
	1,1		42,4x2	48,3x2	60,3x2	1,1
	1,2		42,4x2	48,3x2	60,3x2	1,2
	1,3		42,4x2,5	48,3x2	60,3x2	1,3
	1,4		42,4x3	48,3x2	60,3x2	1,4
	1,5		42,4x4	48,3x2	60,3x2	1,5
	1,6		42,4x4	48,3x2,5	60,3x2	1,6

Il est rappelé que la charge horizontale de 300 N/m prise en compte dans les Tableaux ci-dessus est la charge minimale définie par la norme NF E 85-015. Le maître d'ouvrage est susceptible de définir une charge supérieure en fonction des conditions d'utilisation.

► 4.1.3. Dimensionnement des fixations

Avec la mise en place de règles européennes, la détermination des chevilles à utiliser en fonction des efforts qui leur sont appliqués est devenue très complexe. Les nouvelles méthodes d'évaluation font en effet appel à un très grand nombre de critères, très difficiles à prendre en compte pour un calcul « à la main ».

Il est donc recommandé d'utiliser les outils informatiques développés par les fabricants de chevilles. Ces outils permettent de choisir simplement les chevilles qui conviennent en fonction des caractéristiques géométriques du garde-corps et des efforts appliqués.

Ces outils calculent les efforts d'arrachement appliqués aux chevilles. Une méthode simple permettant de calculer ces efforts est également présentée au chapitre 3.4 de la partie I de ce guide (p. 34). Il convient donc de s'y référer si besoin.

Les formules de détermination de l'effort d'arrachement Q (N) appliqué aux fixations sont également détaillées pour les trois types de platines prises en compte dans ce guide (voir chapitre 3.4 de la partie I, p. 34). Elles sont rappelées au Tableau 50 ci-dessous.

TABLEAU 50 – EFFORTS D'ARRACHEMENT Q

Type I : une cheville arrière	Type II : deux chevilles arrières	Type III : deux chevilles centrées
$Q = \frac{8}{7} \times \frac{q_h \times L \times H_c}{h}$	$Q = \frac{8}{14} \times \frac{q_h \times L \times H_c}{h}$	$Q = \frac{8}{7} \times \frac{q_h \times L \times H_c}{a}$

Avec :

q_h (N/m)	charge d'exploitation horizontale (voir Tableau 43, p. 108)
L (m)	distance entre montants
H_c (m)	hauteur d'application de la charge
h (m)	distance entre le bord de la platine et l'axe des fixations tendues

Il est rappelé que les éléments primordiaux qui entrent en compte pour le choix des fixations sont la distance par rapport au bord de dalle, l'entraxe entre chevilles, la profondeur d'ancrage ainsi que la qualité du support.

Pour éviter l'éclatement du béton en bord de dalle, il est également recommandé de laisser une distance d'au moins 2 cm entre le bord de la dalle et celui de la platine (voir Figure 65).

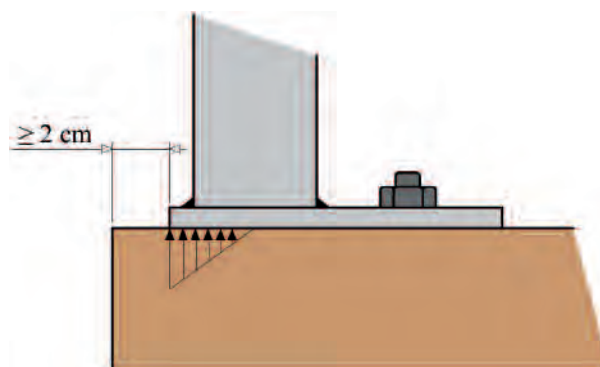


FIGURE 65 – DISTANCE MINIMALE ENTRE LE BORD DE DALLE ET LE BORD DE LA PLATINE

Il est également recommandé de consulter le guide de l'Union des Métalliers « les fixations en métallerie » publié en 2004 pour avoir plus d'informations sur le sujet (voir chapitre 3.4 de la partie I, p. 34).

► 4.1.4. Épaisseur des platines

Le calcul de l'épaisseur des platines est présenté en détail au chapitre 3.5 de la partie I de ce guide (p. 37).

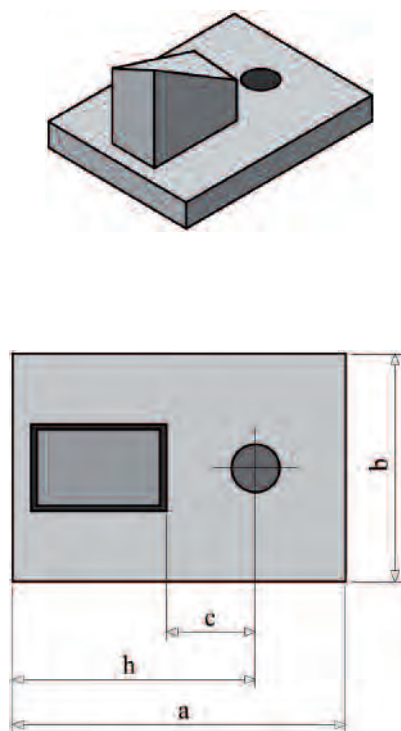
▷ Formule de dimensionnement

Les formules de calcul de l'épaisseur des platines sont présentées ci-contre pour les trois platines types prises en compte dans ce guide.

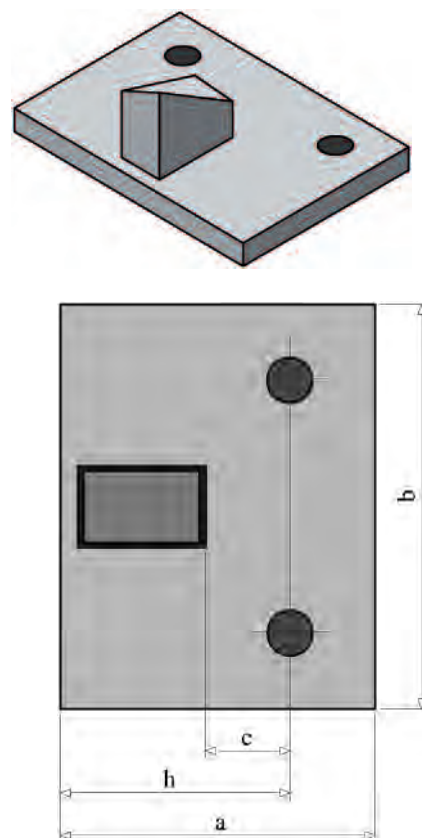
En intégrant les caractéristiques géométriques de la platine du projet ainsi que les données propres au garde-corps (valeur de la charge horizontale, hauteur d'application de la charge, ...), il est possible de calculer directement l'épaisseur minimale à respecter.

Platine de type I et II : une cheville et deux chevilles arrières

TYPE I
UNE CHEVILLE ARRIÈRE



TYPE II
DEUX CHEVILLES ARRIÈRES



Pour ces deux types de platine, l'épaisseur minimale à respecter est donnée par la relation suivante (voir chapitre 3.5 de la partie I, p. 37) :

$$e(\text{mm}) \geq \sqrt{\frac{72 q_h(\text{N/m}) \times L(\text{m}) \times H_c(\text{m}) \times c(\text{mm})}{7 f_y(\text{MPa}) \times b(\text{mm}) \times h(\text{m})}} \quad [28]$$

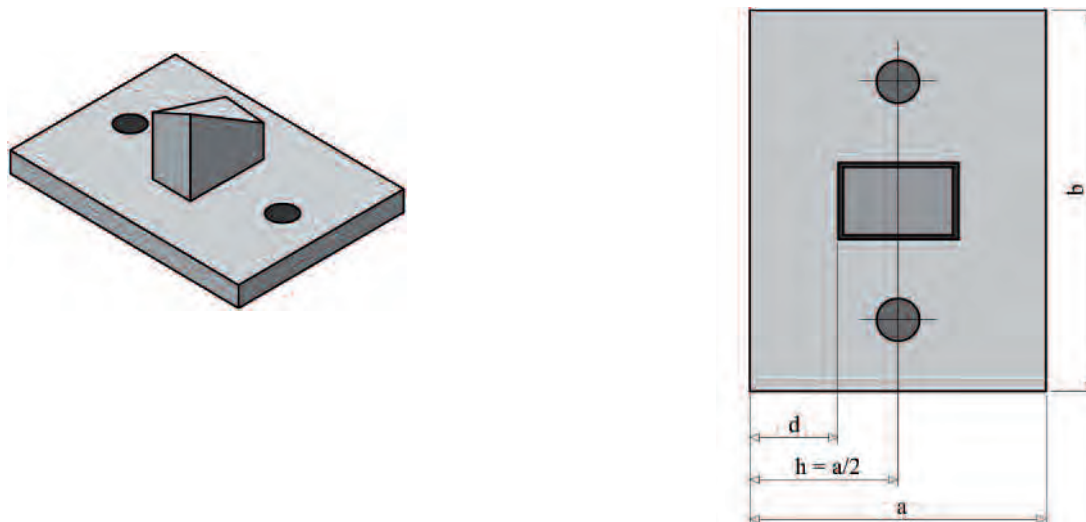
Avec :

q_h (N/m)	charge d'exploitation horizontale (voir Tableau 43)
L (m)	distance entre montants
H_c (m)	hauteur d'application de la charge
c (mm)	distance entre le droit de la soudure et l'axe des fixations tendues
f_y (MPa)	limite d'élasticité de l'acier
b (mm)	largeur de la platine
h (m)	distance entre le bord de la platine et l'axe des fixations tendues

Il est rappelé que la formule [28] est établie dans l'hypothèse où les fixations tendues sont disposées sur le même axe (même bras de levier par rapport à C).

Platine de type III : deux chevilles centrées

TYPE III DEUX CHEVILLES CENTRÉES



Pour ce type de platine, l'épaisseur minimale à respecter est donnée par la relation suivante (voir chapitre 3.5 de la partie I, p. 37) :

$$e(\text{mm}) \geq \sqrt{\frac{72}{7} \frac{q_h(\text{N/m}) \times L(\text{m}) \times H_c(\text{m}) \times d(\text{mm})}{f_y(\text{MPa}) \times b(\text{mm}) \times h(\text{m})}} \quad [29]$$

Avec :

q_h (N/m)	charge d'exploitation horizontale (voir Tableau 43)
L (m)	distance entre montants
H_c (m)	hauteur d'application de la charge
d (mm)	distance entre le droit de la soudure et le bord de la platine
f_y (MPa)	limite d'élasticité de l'acier
b (mm)	largeur de la platine
h (m)	distance entre le bord de la platine et l'axe des fixations tendues

► Utilisation d'épaisseurs de platine précalculées

En prenant en compte les caractéristiques géométriques des platines couramment utilisées par les métalliers, il est possible de précalculer les épaisseurs minimales de platine à respecter.

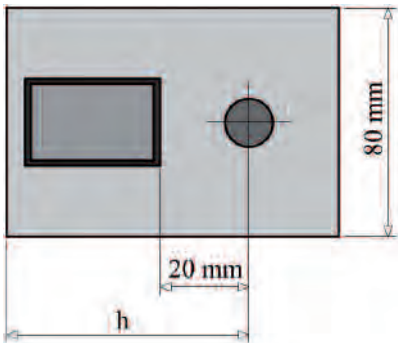
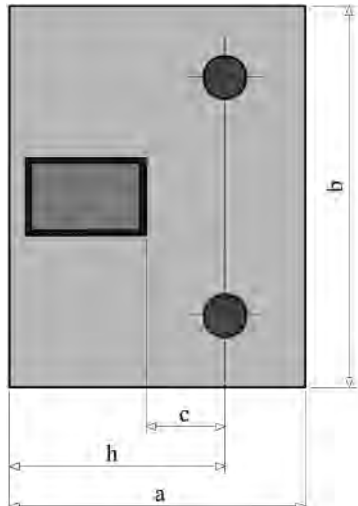
Les Tableaux 52 à 53 présentent donc les épaisseurs répondant aux formules [28] et [29] pour :

- les dimensions de platines présentées au Tableau 51,
- différentes valeurs de la distance h ,
- sept longueurs entre montants (de 1 m à 1,6 m avec un pas de 0,1 m),
- une hauteur d'application de la charge H_c de 1,10 m,
- un acier S235.

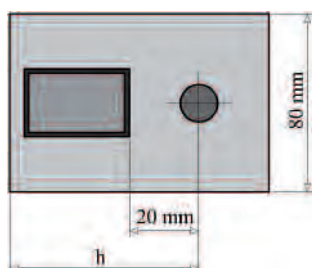
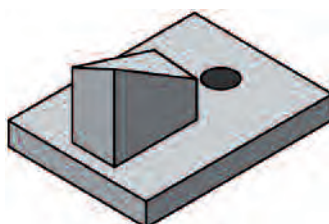
Les tableaux pour les platines de type III (deux chevilles centrées) n'ont pas été calculés, ces platines étant peu utilisées dans ce type d'application.

TABEAU 51 – CARACTÉRISTIQUES GÉOMÉTRIQUES DES PLATINES RETENUES POUR LES ÉPAISSEURS PRÉCALCULÉES

TYPE I UNE CHEVILLE ARRIÈRE	TYPE II DEUX CHEVILLES ARRIÈRES
--------------------------------	------------------------------------

TABEAU 52 – ÉPAISSEUR DES PLATINES DE TYPE I



CONDITION À VÉRIFIER

$$e(\text{mm}) \geq \sqrt{\frac{72}{7} \frac{q_h (\text{N/m}) \times L(\text{m}) \times H_c (\text{m}) \times c(\text{mm})}{f_y (\text{MPa}) \times b(\text{mm}) \times h(\text{m})}}$$

HYPOTHÈSES FIXÉES

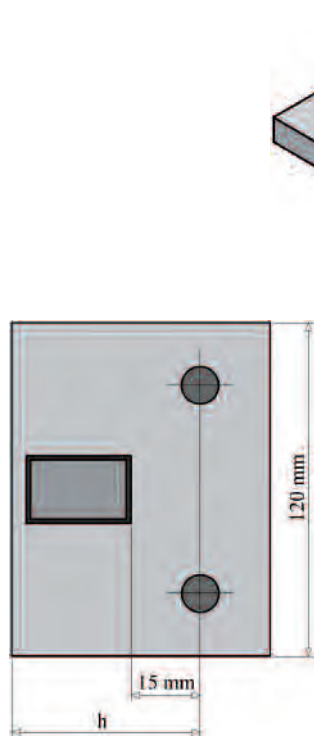
$H_c = 1,10 \text{ m}$; $c = 20 \text{ mm}$; $b = 80 \text{ mm}$; $f_y = 235 \text{ MPa}$

CATÉGORIE	h (mm)	L (m)						
		1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6
E2 : Locaux industriels $q_h = 300 \text{ N/m}$	60				9		10	
	70							
	80	7		8				9
	90						8	
	100				7			
	110	6						
	120			6				7
	130							

Il est rappelé que l'utilisation des valeurs calculées présentées ci-dessus est conditionnée par le respect des hypothèses fixées (caractéristiques géométriques de la platine, hauteur d'application de la charge, ...).

Il est rappelé que la charge horizontale de 300 N/m prise en compte dans le Tableau ci-dessus est la charge minimale définie par la norme NF E 85-015. Le maître d'ouvrage est susceptible de définir une charge supérieure en fonction des conditions d'utilisation.

TABLEAU 53 – ÉPAISSEUR DES PLATINES DE TYPE II



CONDITION À VÉRIFIER

$$e(\text{mm}) \geq \sqrt{\frac{72}{7} \frac{q_h (\text{N/m}) \times L(\text{m}) \times H_c (\text{m}) \times c(\text{mm})}{f_y (\text{MPa}) \times b(\text{mm}) \times h(\text{m})}}$$

HYPOTHÈSES FIXÉES

$H_c = 1,10 \text{ m}$; $c = 15 \text{ mm}$; $b = 120 \text{ mm}$; $f_y = 235 \text{ MPa}$

CATÉGORIE	h (mm)	L (m)						
		1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6
E2 : Locaux industriels $q_h = 300 \text{ N/m}$	50			7			8	
	60	6						
	70				6			7
	80							
	90		5					6
	100							
	110					5		
	120	4						

Il est rappelé que l'utilisation des valeurs calculées présentées ci-dessus est conditionnée par le respect des hypothèses fixées (caractéristiques géométriques de la platine, hauteur d'application de la charge, ...).

Il est rappelé que la charge horizontale de 300 N/m prise en compte dans le Tableau ci-dessus est la charge minimale définie par la norme NF E 85-015. Le maître d'ouvrage est susceptible de définir une charge supérieure en fonction des conditions d'utilisation.

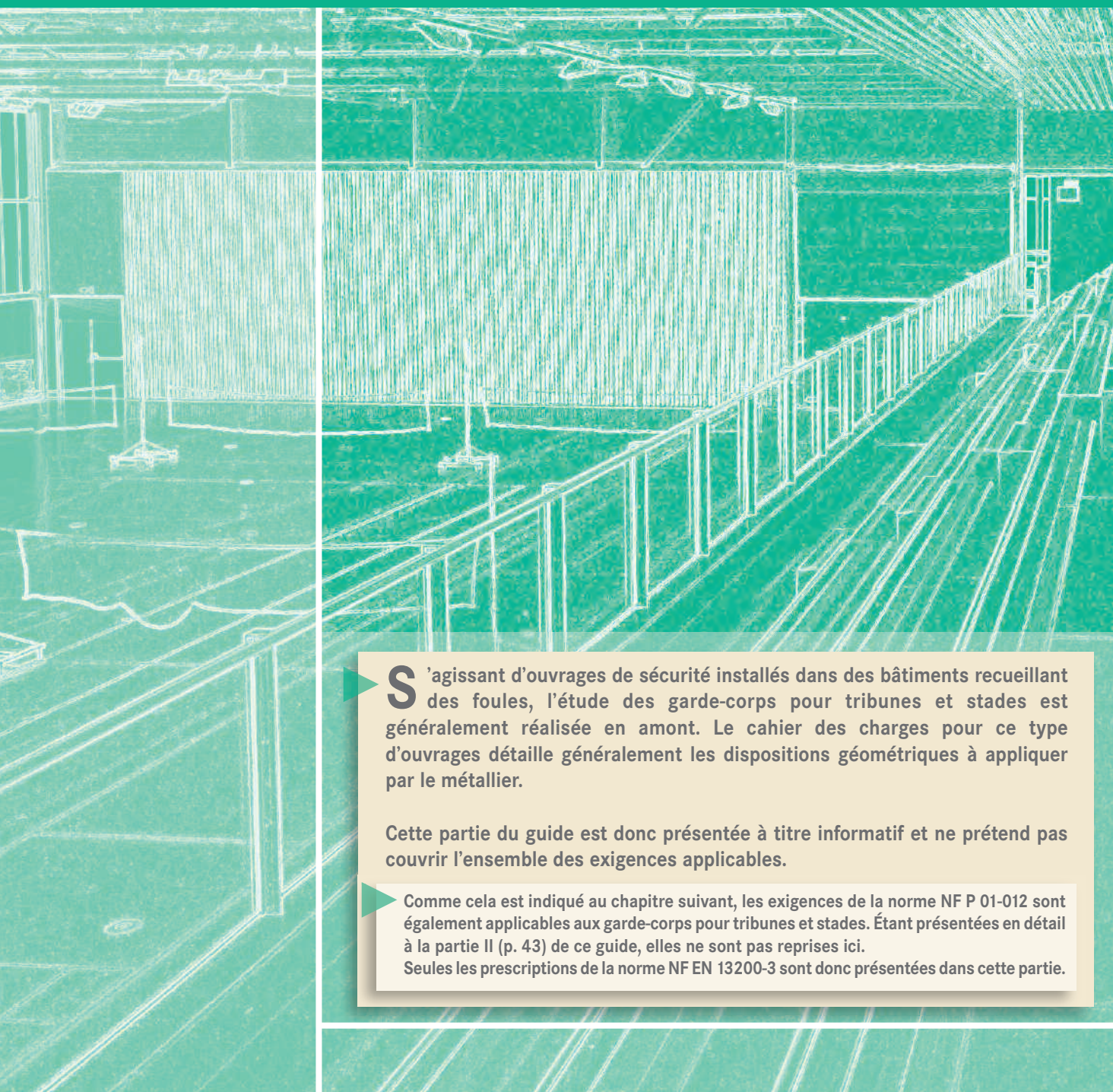
4.2. VÉRIFICATION DYNAMIQUE

La norme NF E 85-015 indique que les essais dynamiques doivent être réalisés pour certains matériaux dont le comportement n'est pas connu (matériaux non métalliques, non ductiles, ...) et pour les garde-corps autoportants.

L'essai dynamique n'est donc pas requis pour les garde-corps industriels en acier fixés à l'installation qui font l'objet de ce guide.

PARTIE IV

LES GARDE-CORPS POUR TRIBUNES ET STADES



▶ **S'**agissant d'ouvrages de sécurité installés dans des bâtiments recueillant des foules, l'étude des garde-corps pour tribunes et stades est généralement réalisée en amont. Le cahier des charges pour ce type d'ouvrages détaille généralement les dispositions géométriques à appliquer par le métallier.

Cette partie du guide est donc présentée à titre informatif et ne prétend pas couvrir l'ensemble des exigences applicables.

▶ Comme cela est indiqué au chapitre suivant, les exigences de la norme NF P 01-012 sont également applicables aux garde-corps pour tribunes et stades. Étant présentées en détail à la partie II (p. 43) de ce guide, elles ne sont pas reprises ici. Seules les prescriptions de la norme NF EN 13200-3 sont donc présentées dans cette partie.

GÉNÉRALITÉS

1.1. LES TEXTES DE RÉFÉRENCE

Les exigences applicables aux garde-corps installés dans les tribunes et stades sont principalement induites par les normes suivantes :

NF P 01-012 (juillet 1988)	Dimensions des garde-corps – Règles de sécurité relatives aux dimensions des garde-corps et rampes d'escalier
NF EN 13200-3 (février 2006)	Installations pour spectateurs – Partie 3 : éléments de séparation – Exigences

La norme NF P 01-012 définit les dispositions géométriques que les garde-corps doivent respecter tandis que la norme NF EN 13200-3 définit principalement les charges d'exploitation à prendre en compte en fonction de l'emplacement du garde-corps.

Cependant, la norme NF EN 13200-3 présente également des dispositions géométriques (hauteurs minimales par exemple) parfois en contradiction avec celles de la norme NF P 01-012. Dans un souci de sécurité, il convient dans ce cas de considérer l'exigence la plus contraignante.

Le domaine d'application de la norme NF P 01-012 indique que celle-ci ne s'applique pas aux tribunes de stades, si le maître d'ouvrage le notifie (en précisant toutefois qu'une « *telle notification doit être faite en toute connaissance des spécifications de la norme et des risques qu'elle a pour but de prévenir* »).

Cependant, l'article AM17 du règlement de sécurité incendie dans les établissements recevant du public (ERP) indique quant à lui que « *les dispositions des normes NF P 01-012 et NF P 90-500 concernant les garde-corps s'appliquent à ces constructions [planchers légers en superstructures pouvant recevoir des personnes, tels que tribunes, tours, stands, podiums, estrades, gradins] et à leurs escaliers d'accès, afin d'éviter les chutes et pour résister aux poussées de la foule* ». Étant requise par la réglementation française, la norme NF P 01-012 est donc incontournable dans ce type d'application. Il faut noter enfin que la norme NF P 90-500 dont il est question dans l'article AM17 a été remplacée par la norme NF EN 13200-6²⁵.

Pour les charges d'exploitation à prendre en compte, le renvoi vers la norme NF EN 13200-3 est clairement indiqué dans l'amendement de la norme NF P 06-111-2 publié en mars 2009. Il faut néanmoins noter que certaines de ces charges sont en contradiction avec l'article CO57 du règlement de sécurité en ERP (voir chapitre 4, p. 125).

²⁵ NF EN 13200-6 (octobre 2006) : Installations pour spectateurs – Partie 6 : tribunes (temporaires) démontables

1.2. LE DOMAINE D'APPLICATION

La norme NF EN 13200-3 s'applique aux éléments de séparation dans les installations pour spectateurs en des lieux de divertissement permanents ou temporaires, y compris les stades sportifs, les salles de sport, les installations intérieures et extérieures.

Cette norme ne s'applique pas aux autres installations permanentes comme les théâtres, les salles de cinéma, les opéras, les amphithéâtres et autres salles similaires. Il convient alors de se reporter au chapitre sur les garde-corps accessibles au public.

La norme NF EN 13200-1²⁶ définit une installation pour spectateur de la manière suivante : « installation se composant d'un espace d'activité, d'un espace d'observation et d'un espace de service, qui regroupe tous les espaces où le public s'assemble, à l'intérieur comme à l'extérieur, de façon permanente ou temporaire, pour assister à des événements sportifs, de divertissement ou autres ». Cette définition est illustrée à la Figure 66 ci-dessous.

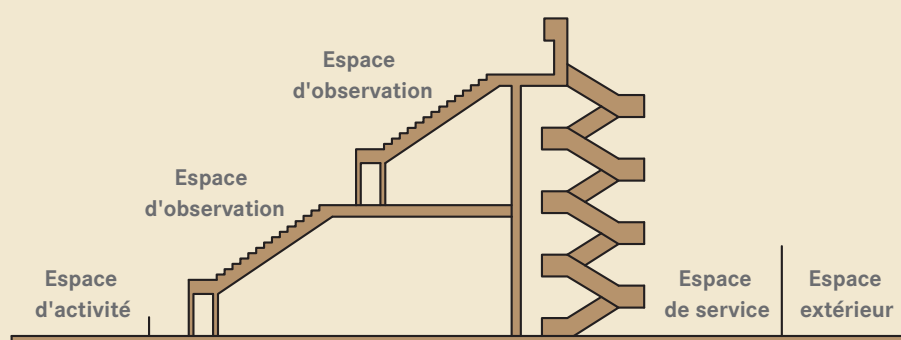


FIGURE 66 - ILLUSTRATION DES INSTALLATIONS POUR SPECTATEURS

1.3. DÉFINITION D'UN GARDE-CORPS

La norme NF EN 13200-3 n'utilise pas le terme « garde-corps » mais plutôt celui de « barrière ». Dans le langage courant, le terme « barrière » désigne un élément de séparation entre deux espaces. Une « barrière » n'a pas pour rôle d'empêcher la chute dans le vide contrairement aux « garde-corps ».

La définition que donne la norme NF EN 13200-3 du terme « barrière » est la suivante : « barrière de protection constituée d'un élément de bâtiment ou d'une structure, permanent(e) ou temporaire, servant à empêcher les chutes ou à retenir, arrêter ou guider le public ».

Selon la norme NF EN 13200-3, une barrière a donc aussi un rôle de garde-corps. Elle couvre donc bien ces ouvrages. Néanmoins, pour plus de clarté, le terme « garde-corps » sera utilisé dans cette partie du guide pour désigner les « barrières » selon la norme NF EN 13200-3.

La norme NF EN 13200-3 couvre d'autres types de « barrières » que les garde-corps. Par exemple, les tourniquets, les portails de sortie, les barrières temporaires font partie du domaine d'application de la norme.

²⁶ NF EN 13200-1 (juillet 2004) : Installations pour spectateurs – Partie 1 : Critères de disposition des espaces d'observation pour spectateurs – Spécifications

OBLIGATION D'INSTALLATION D'UN GARDE-CORPS

La norme NF EN 13200-3 indique qu'un garde-corps doit être installé dans le cas d'un dénivelé supérieur à 500 mm.

Elle précise qu'un garde-corps peut être nécessaire même si le dénivelé est inférieur à 500 mm. Le rôle principal est alors de limiter ou contrôler les déplacements des spectateurs.

La norme précise que pour évaluer la nécessité d'un garde-corps et décider du type de garde-corps à installer, le concepteur et le gestionnaire de l'installation doivent tenir compte de l'usage du bâtiment et des risques encourus par les utilisateurs dudit bâtiment.

Si un bâtiment a plusieurs usages, soit la conception du garde-corps doit être choisie de manière à satisfaire aux conditions les plus défavorables, soit plusieurs types de garde-corps doivent être prévus, en fonction du lieu d'installation.

LES RÈGLES DE SÉCURITÉ

3.1. HAUTEUR DE PROTECTION

Les garde-corps utilisés pour les places debout, les places assises et pour les escaliers et rampes, doivent être d'une hauteur d'au moins 1,1 m par rapport au plan de niveau.

Le plan de niveau est le niveau du sol fini, du toit, de la plaque d'assise, des balcons, rampes, paliers ou de la ligne de pente d'escalier.

Ce point est en contradiction avec la norme NF P 01-012 (hauteur de protection de 1 m) pourtant également applicable (voir chapitre 1.1, p. 120).

3.2. CAS PARTICULIERS

La norme prend en compte les deux cas particuliers suivants :

- les garde-corps situés à moins de 530 mm à l'avant d'un siège fixe.

Le garde-corps doit alors être d'une hauteur d'au moins 800 mm par rapport au plan de niveau. Dans ce cas, l'épaisseur du garde-corps doit être correctement déterminée pour prévenir les risques de chute.

La norme recommande une épaisseur de 200 mm pour un garde-corps d'une hauteur de 800 mm. Elle recommande également que la surface supérieure de ce type de garde-corps soit conçue de manière à ce qu'il ne soit pas possible d'y poser des objets susceptibles de tomber et de représenter un danger pour les spectateurs.

- les garde-corps situés à l'arrière d'une rangée de siège.

Ces garde-corps doivent alors être d'une hauteur d'au moins 1,1 m par rapport au plan de niveau, correspondant dans ce cas au niveau de l'assise du siège.

La norme recommande que la hauteur des garde-corps situés derrière des sièges soit portée à 2 m au-dessus du niveau de l'assise des sièges, s'il est possible que les spectateurs s'assoient sur le garde-corps.

Ces deux cas sont illustrés à la Figure 67 ci-dessous.

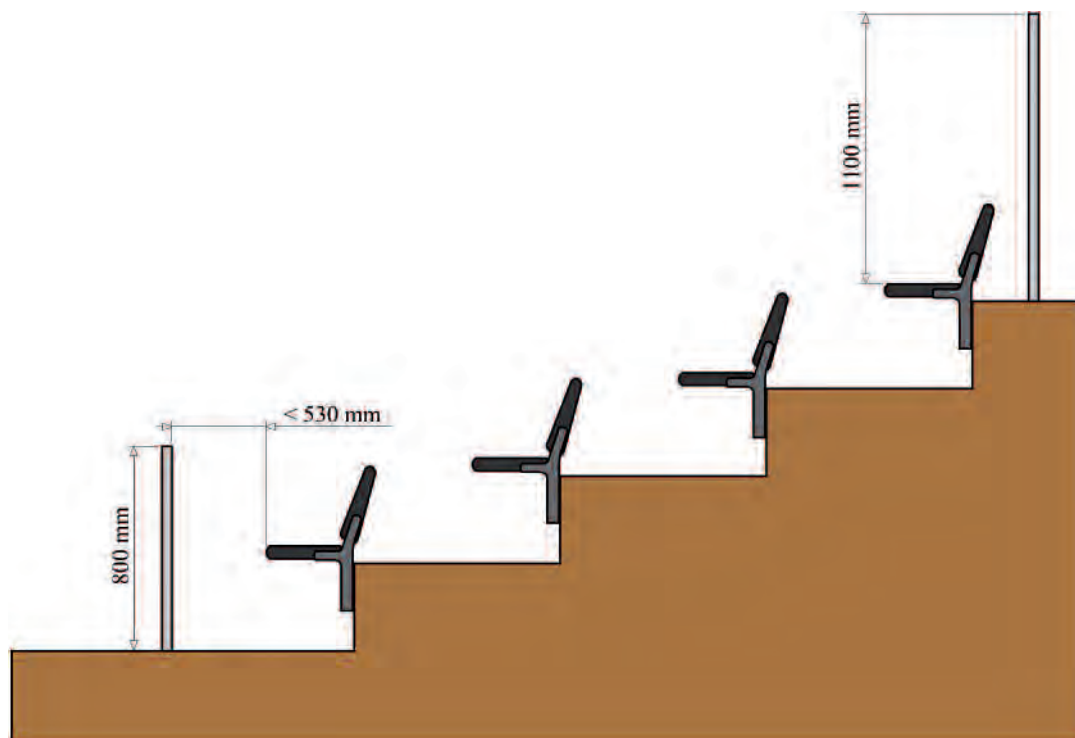


FIGURE 67 - ILLUSTRATION DES CAS PARTICULIERS

3.3. AUTRES SPÉCIFICATIONS DIMENSIONNELLES

A l'exception des zones non destinées aux enfants, les garde-corps doivent être conçus de sorte que l'intervalle le plus important ne permette pas le passage d'une sphère de diamètre 120 mm (maximum), compte tenu de la flèche se produisant sous charge. Le diamètre recommandé de la sphère est de 100 mm.

Le garde-corps fini ne doit présenter ni arêtes vives ni saillies susceptibles de blesser des personnes ou d'endommager des vêtements ou autres objets.

Les panneaux de remplissage destinés à assurer le maintien et la protection de l'utilisateur doivent être conçus pour retenir les personnes sans provoquer de blessures dues à des arêtes vives, des sections minces, des détails saillants, etc.

La norme NF EN 13200-3 ne définit pas d'autres exigences géométriques de conception. Néanmoins, il est rappelé que la norme NF P 01-012 est également applicable (voir chapitre 1.1, p. 120). Celle-ci définit d'autres exigences à considérer. Comme cela est indiqué au chapitre 1.1 (p. 120), lorsque les exigences de la norme NF P 01-012 diffèrent de celles de la norme NF EN 13200-3, il convient de prendre en compte les prescriptions les plus contraignantes.

CHARGES D'EXPLOITATION

Comme cela est indiqué au chapitre 1 (p. 120), le dimensionnement des garde-corps pour tribunes et stades est généralement réalisé en amont. Cette charge ne revient donc pas aux métalliers.

Ce chapitre ne présente donc pas en détail le dimensionnement des différentes parties structurales des garde-corps. Seules les charges d'exploitation à prendre en compte sont indiquées à titre informatif.

La norme NF EN 13200-3 indique que les garde-corps doivent être conçus pour résister aux charges d'exploitation minimales présentées au Tableau 54 et illustrées à la Figure 68. Ces charges d'exploitation varient en fonction du lieu d'installation du garde-corps.

Il faut cependant prendre en compte l'article CO57 du règlement de sécurité pour les établissements recevant du public qui indique une charge minimale de 1,7 kN/m pour les garde-corps pour tribunes et stades. Il est donc obligatoire d'augmenter les charges définies par la norme NF EN 13200-3 reprises au Tableau 54 lorsqu'elles sont inférieures à 1,7 kN/m.

TABLEAU 54 - CHARGES D'EXPLOITATION EN FONCTION DU TYPE DE GARDE-CORPS SELON LA NF EN 13200-3

TYPE (SELON NF EN 13200-3)	DESCRIPTION DU GARDE-CORPS	VALEURS DES CHARGES D'EXPLOITATION
A	Garde-corps pour voies de dégagement des places assises, parallèles au sens de déplacement des spectateurs	1,5 à 2,0 kN/m ²⁷
B	Garde-corps pour voies de dégagement des places assises, alignées perpendiculairement au sens de déplacement des spectateurs	2,0 à 3,0 kN/m
C	Garde-corps installés à moins de 530 mm à l'avant des sièges	1,5 kN/m ²⁷
D	Garde-corps pour places assises, adjacents aux sièges d'extrémité et destinés à empêcher les spectateurs de tomber sur le côté	1,0 kN/m ²⁷
E	Garde-corps pour places assises, placés derrière une rangée arrière de sièges afin d'empêcher les spectateurs de tomber en arrière	1,0 kN/m ²⁷
F	Garde-corps pour escaliers, paliers et rampes, alignés dans le sens de déplacement des spectateurs	1,5 à 2,0 kN/m ²⁷
G	Garde-corps pour escaliers, paliers et rampes, alignés perpendiculairement au sens de déplacement des spectateurs	2,0 à 3,0 kN/m
H	Garde-corps pour voies de dégagement dans les espaces pour places debout, alignés perpendiculairement au sens de déplacement des spectateurs	2,0 à 5,0 kN/m

²⁷ 1,7 kN/m minimum en France en raison de l'article CO57.

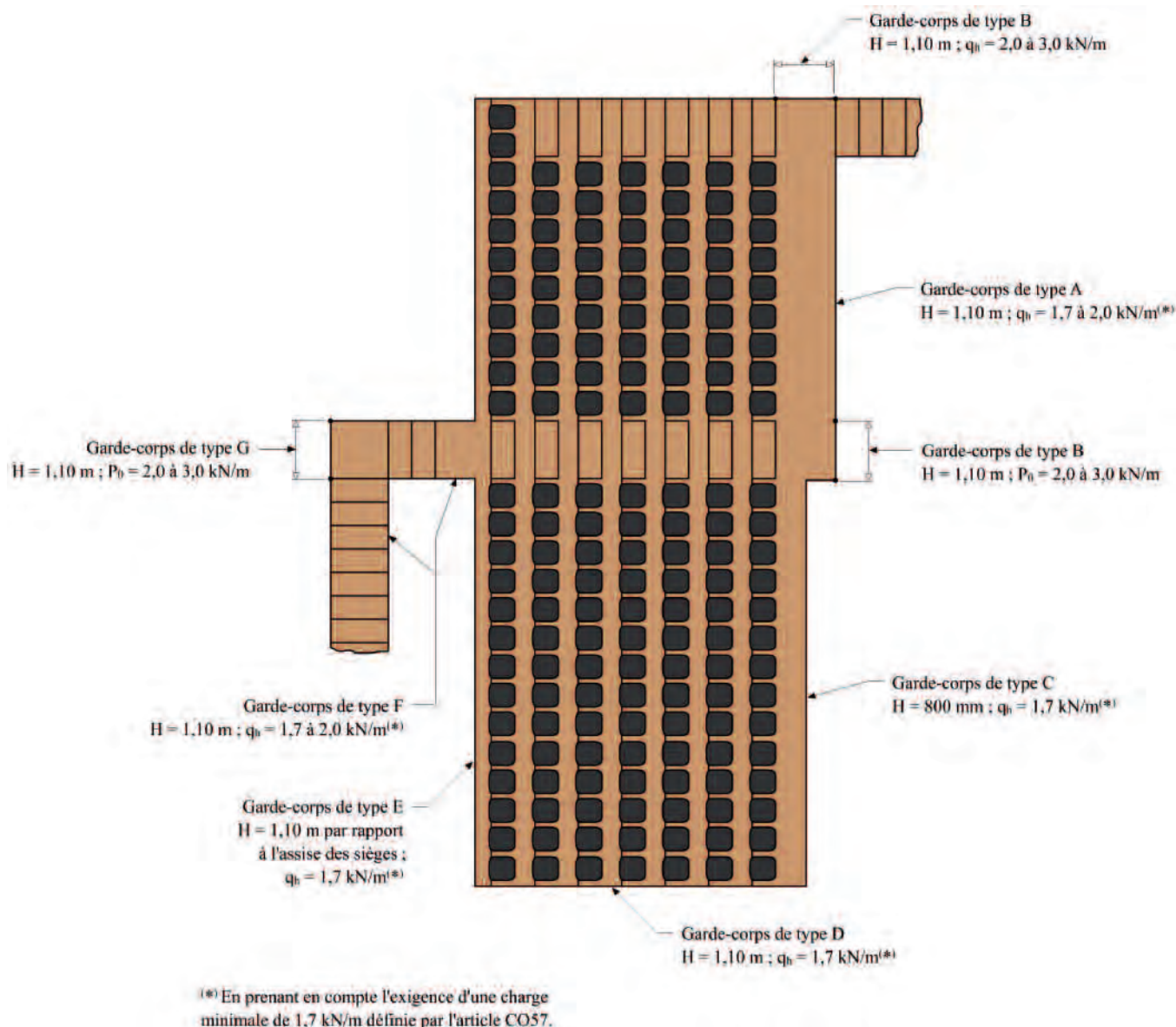


FIGURE 68 - ILLUSTRATION DES TYPES DE GARDE-CORPS EN FONCTION DU LIEU D'INSTALLATION

Quelle que soit la hauteur du garde-corps, la charge d'exploitation horizontale doit être considérée comme s'exerçant à une hauteur de 1,1 m au-dessus du plan de niveau.

Extrait de l'article C057 « Tribunes et gradins non démontables »

§ 4

Des garde-corps, des rampes d'escalier ou des barres d'appui doivent être installés :

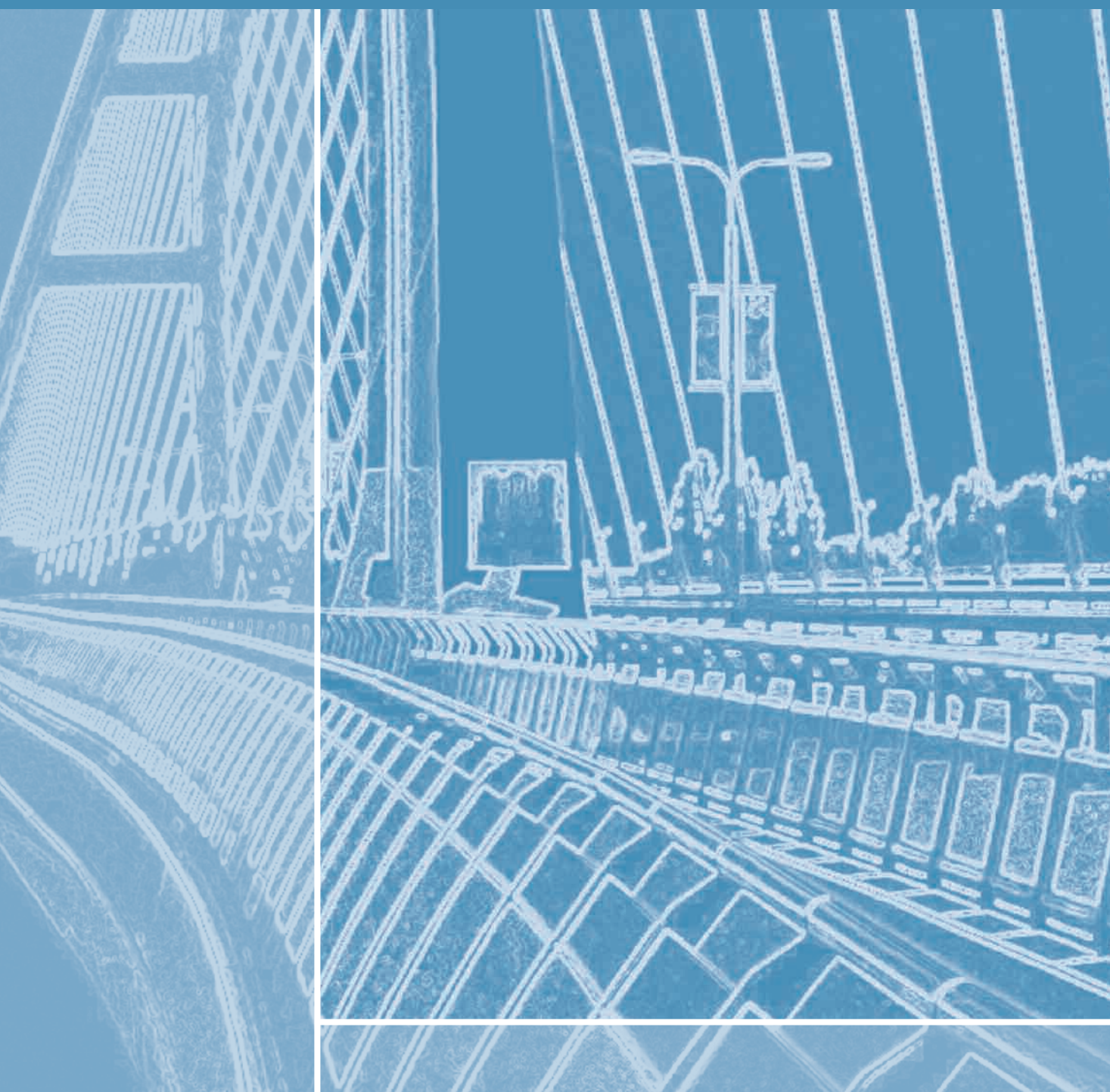
- dans les parties de tribune dont le dénivelé entre deux gradins successifs, ou entre un gradin et le sol, est supérieur ou égal à 1 mètre ;
- dans les parties de tribune où le public est debout en permanence, à raison d'une ligne de barres d'appui tous les cinq gradins, disposées, dans la mesure du possible, en quinconce.

En outre, ces dispositifs doivent pouvoir résister à un effort horizontal de $170 \text{ daN/mètre linéaire}$ et être installés de façon à empêcher toute chute de personne dans le vide.

ANNEXE A

LES GARDE-CORPS POUR PONTS ET OUVRAGES D'ART

ANNEXES



GÉNÉRALITÉS

1.1. LES TEXTES DE RÉFÉRENCE

Les garde-corps pour ponts et ouvrages d'art sont couverts par la norme expérimentale XP P 98-405 « *Barrières de sécurité routières – Garde-corps pour ponts et ouvrages de génie civil – Conception, fabrication, mise en œuvre* » d'avril 1998.

► Bien que cette norme soit expérimentale, elle est toujours applicable. Néanmoins, des travaux européens sont en cours sur ce sujet à l'heure où ce guide est rédigé. A terme, la norme française sera donc remplacée par la norme européenne EN 1317-6 « *Dispositifs de retenue routiers – Dispositifs de retenue pour piétons – Garde-corps* ».

S'agissant d'ouvrages non courants pour les entreprises de métallerie, seules les principales prescriptions de la norme sont présentées ici à titre indicatif. Il convient de se référer au texte original pour connaître l'ensemble des exigences applicables.

1.2. LE DOMAINE D'APPLICATION

La norme XP P 98-405 définit la conception, les conditions de fabrication et la mise en œuvre des garde-corps pour ponts, routes, passerelles, murs de soutènement et ouvrages similaires.

Elle s'applique aux garde-corps distincts des éléments constituant la structure proprement dite des ouvrages.

Cette norme ne s'applique ni aux parapets en maçonnerie, ni aux garde-corps en béton armé coulé en place, ni aux poutres latérales formant garde-corps.

1.3. DÉFINITION D'UN GARDE-CORPS

Les garde-corps traités dans la norme XP P 98-405 sont de deux types :

- les garde-corps pour piétons : ce sont les garde-corps utilisés le long des voiries sur lesquelles aucune restriction n'est apportée à la circulation des piétons.
- les garde-corps de service : ce sont les garde-corps utilisés dans les autres cas, c'est-à-dire essentiellement le long des autoroutes et autres voies rapides.

DISPOSITIONS GÉOMÉTRIQUES DE SÉCURITÉ

2.1. HAUTEUR DE PROTECTION

► 2.1.1. Garde-corps pour piétons

La hauteur des garde-corps pour piétons au-dessus des trottoirs ou accotements adjacents doit être comprise entre les limites résultant de l'expression suivante, avec un maximum de 1,20 m :

$$H = 0,95 + 0,005 h_t \pm 0,05$$

Avec H (m) : hauteur du garde-corps

h_t (m) : hauteur maximale du trottoir au-dessus du sol, de la brèche ou du plan d'eau franchi par l'ouvrage

Pour les ouvrages où la hauteur du garde-corps est susceptible de varier, cette hauteur doit être en chaque point au moins égale à la valeur minimale donnée par l'expression ci-dessus.

La hauteur des garde-corps pour piétons peut varier sur un pont biais ou courbe, de rayon constant ou variable, de manière à corriger les déhanchements qui peuvent se présenter, ou à aménager en élévation ou en perspective des lignes de l'ouvrage dans un but esthétique.

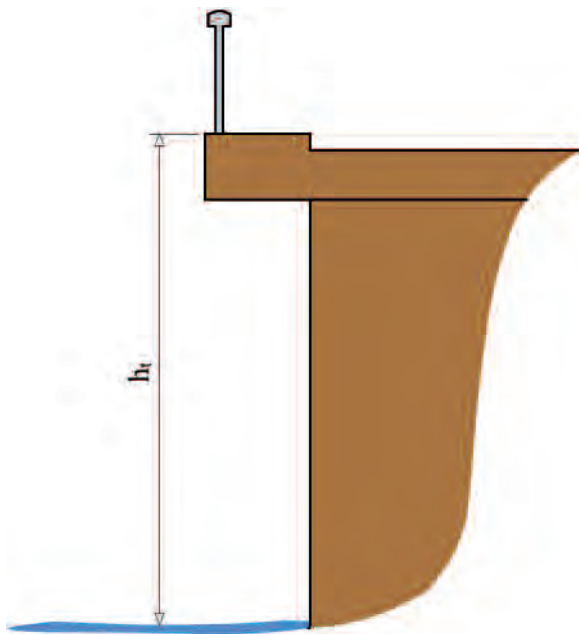


FIGURE 69 – ILLUSTRATION DE LA HAUTEUR h_t

► 2.1.2. Garde-corps de service

La hauteur des garde-corps de service au-dessus des trottoirs ou accotements adjacents doit être supérieure à 0,90 m.

2.2. REMPLISSAGE

Pour les garde-corps installés le long des voiries où la circulation des piétons n'est pas soumise à restriction, les vides entre trottoirs ou accotements et garde-corps, et entre éléments du garde-corps, jusqu'à 0,60 m au-dessus du trottoir ou accotement doivent présenter des dimensions suffisamment réduites pour qu'il ne soit pas possible d'y faire pénétrer un cylindre de révolution de plus de 0,15 m de diamètre.

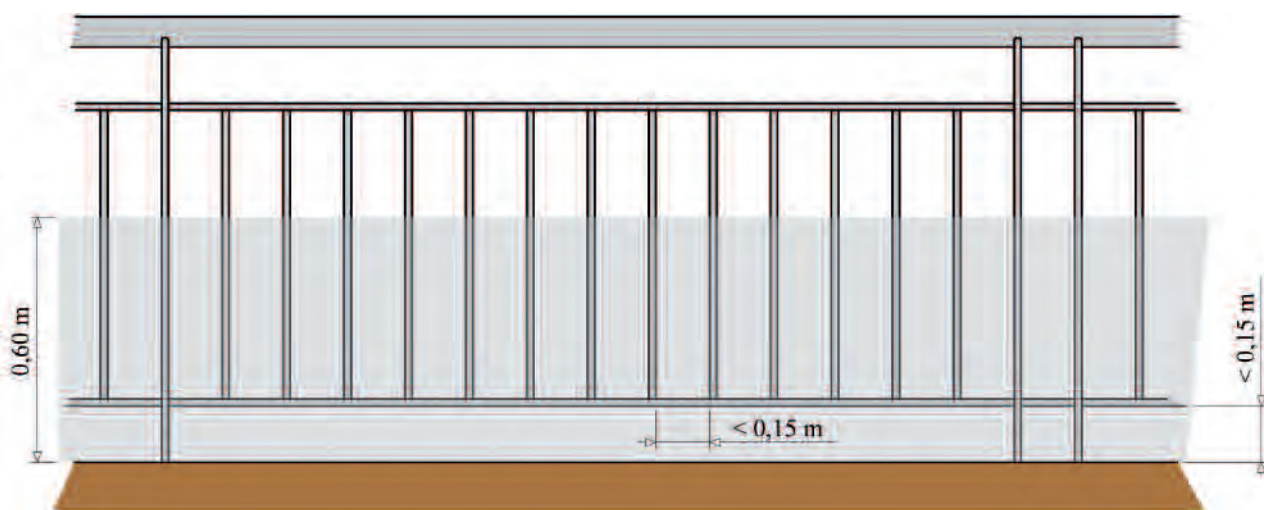


FIGURE 70 - ILLUSTRATION DES EXIGENCES D'ESPACEMENT

Si des plaques transparentes, notamment en produit verrier, sont utilisées comme remplissage, elles doivent présenter des caractéristiques permettant de distinguer nettement si une plaque est en place ou non. Pour ce faire, ces plaques peuvent, par exemple, comporter des signes ou des motifs intégrés à la plaque, être constituées de verre teinté dans la masse, etc.

Les garde-corps de service doivent comporter au moins une lisse intermédiaire entre le niveau du trottoir ou de l'accotement et la main courante. Dans le cas où il n'y a qu'une lisse intermédiaire, celle-ci doit être positionnée à mi-hauteur environ. Les dispositions constructives de ces garde-corps doivent permettre la mise en place, si nécessaire, d'une plinthe de 0,15 m de hauteur.

DIMENSIONNEMENT DES GARDE-CORPS

3.1. VÉRIFICATION STATIQUE

► Charges d'exploitation

Les charges horizontales et verticales minimales à prendre en compte pour les deux types de garde-corps sont présentées au Tableau 55 ci-dessous.

TABLEAU 55 - CHARGES D'EXPLOITATION APPLICABLES AUX GARDE-CORPS POUR PONTS ET OUVRAGES D'ART

	GARDE-CORPS POUR PIÉTONS	GARDE-CORPS DE SERVICE
Charge horizontale uniforme	$Q_1 \text{ (kN/m)} = 500 (1 + b)$ Avec un maximum de $Q_1 = 2,5 \text{ kN/m}$	$Q_1 = 1,0 \text{ kN/m}$
Charge verticale uniforme ^{a)}	$Q_2 = 1,0 \text{ kN/m}$	
Charge verticale concentrée ^{b)}	$Q_3 = 1,0 \text{ kN}$	

Avec b (m) : largeur du trottoir à l'exclusion d'une piste cyclable éventuelle accolée

^{a)} appliquée à la main courante

^{b)} appliquée en tout point sur tout élément non vertical d'un garde-corps

► Charges de calcul

Les combinaisons d'actions à considérer à l'état limite ultime de résistance sont :

$$1,32 G_0 + 1,60 Q$$

Avec : G_0 les charges permanentes (masse du garde-corps),
 Q (Q_1 , Q_2 et Q_3) les charges définies au Tableau 55.

► Limitation de la flèche sous charge

La flèche horizontale de la main courante des garde-corps sous l'effet de la charge Q_1 doit être limitée à $H/200$.

3.2. VÉRIFICATION DYNAMIQUE

Le remplissage du garde-corps doit satisfaire aux prescriptions relatives à l'essai dynamique de la norme NF P 01-013 (voir chapitre 4.2 de la partie II, p. 90). Pour l'interprétation des résultats, le gabarit à utiliser est un cylindre de révolution de 0,15 m de diamètre.

PROTECTION CONTRE LA CORROSION

Sauf prescriptions contraires du client, la protection contre la corrosion des parties en acier des garde-corps doit être assurée par galvanisation au trempé.

▶ En ce qui concerne les bonnes pratiques à respecter pour la galvanisation d'ouvrages en acier, il convient de se reporter au guide « Protection de l'acier par le zinc » de l'Union des Métalliers.

ANNEXE B

LES BARRIÈRES DE PROTECTION POUR PISCINES ENTERRÉES



GÉNÉRALITÉS

1.1. LES TEXTES DE RÉFÉRENCE

Les barrières pour piscines sont couvertes par la norme NF P 90-306 d'octobre 2007 : « *Éléments de protection pour piscines enterrées non closes privatives à usage individuel ou collectif – Barrières de protection et moyens d'accès au bassin – Exigences de sécurité et méthodes d'essai* ».

Ces ouvrages sont également encadrés par plusieurs textes réglementaires français spécifiques. On peut citer notamment la loi N°2003-9 du 3 janvier 2003 relative à la sécurité des piscines et le décret N°2005-499 du 7 juin 2004 modifiant le décret N°2003-1389 du 31 décembre 2003.

Ce dernier texte modifie l'article R.128-2 du Code de la Construction et de l'Habitation de la manière suivante :
« *Les maîtres d'ouvrage des piscines construites ou installées à partir du 1^{er} janvier 2004 doivent les avoir pourvues d'un dispositif de sécurité destiné à prévenir les noyades, au plus tard à la mise en eau, ou, si les travaux de mise en place des dispositifs nécessitent une mise en eau préalable, au plus tard à l'achèvement des travaux de la piscine.*

Ce dispositif est constitué par une barrière de protection, une couverture, un abri ou une alarme répondant aux exigences de sécurité suivantes :

- les barrières de protection doivent être réalisées, construites ou installées de manière à empêcher le passage d'enfants de moins de cinq ans sans l'aide d'un adulte, à résister aux actions d'un enfant de moins de cinq ans, notamment en ce qui concerne le système de verrouillage de l'accès, et à ne pas provoquer de blessure ; [...]* »

Les barrières ne sont pas à proprement dit des garde-corps (elles n'ont pas pour rôle d'empêcher la chute fortuite). Ces ouvrages n'entrent donc pas directement dans le champ de ce guide. Les éléments présentés dans cette annexe sont donc limités aux principales dispositions. Il convient de se reporter à la norme originale pour connaître l'ensemble des exigences applicables.

1.2. LE DOMAINE D'APPLICATION

La norme NF P 90-306 définit les exigences de sécurité minimales et les méthodes d'essai ainsi que les informations pour les consommateurs, pour les barrières de protection et leurs moyens d'accès.

Ce document traite des barrières de protection et de leurs moyens d'accès au bassin (partiellement ou totalement enterré ou encastré) destinés à limiter l'accès des piscines enterrées non closes privatives à usage individuel ou collectif à des enfants de moins de cinq ans sans l'aide d'un adulte.

DISPOSITIONS GÉOMÉTRIQUES DE SÉCURITÉ

La barrière de protection doit être construite de façon à limiter le passage d'enfants de moins de cinq ans par enjambement/escalade ou par ouverture non intentionnelle des moyens d'accès.

Pour permettre son franchissement sans risques par les utilisateurs plus âgés, la barrière de protection doit comporter un moyen d'accès à l'épreuve des enfants de moins de cinq ans et être sans danger pour tous les utilisateurs, qu'ils soient adultes ou enfants.

2.1. HAUTEUR DE PROTECTION

La hauteur minimale entre deux points d'appui, ou entre le point d'appui le plus haut et la partie la plus basse du niveau supérieur de la barrière ou du moyen d'accès doit toujours être supérieure ou égale à 1,10 m (voir Figures 71 et 72).

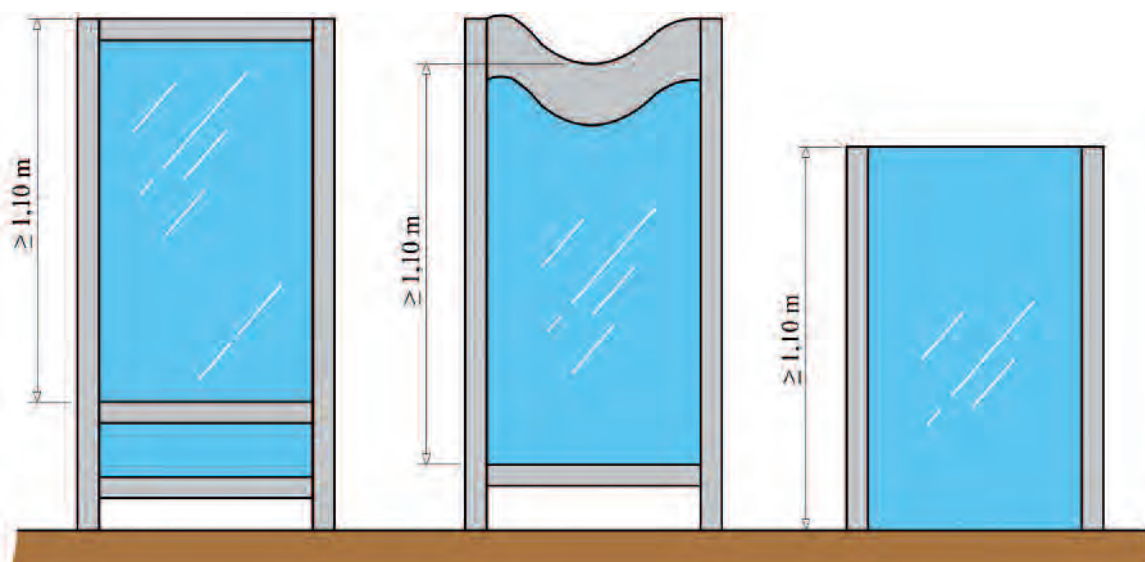


FIGURE 71 - EXEMPLES DE DÉTERMINATION DE LA HAUTEUR MINIMALE

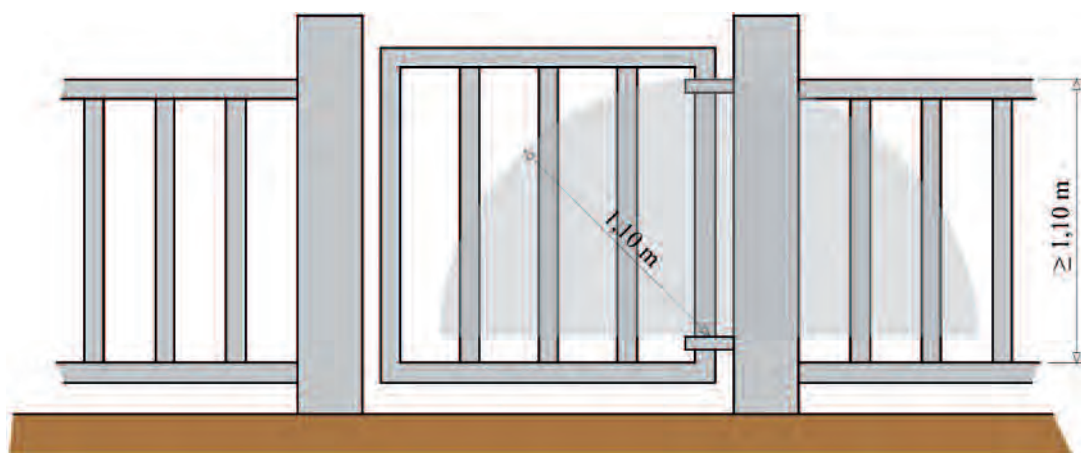


FIGURE 72 - EXEMPLES DE DÉTERMINATION DE LA HAUTEUR MINIMALE

La hauteur de la barrière est mesurée en appliquant une charge de 17,5 kg tous les mètres sur le point d'appui le plus haut. Les charges doivent être maintenues pendant 30 s.

La norme présente les dispositions géométriques à prendre en compte pour déterminer les points d'appui en creux et en bosse (voir clause 6.3 de la norme NF P 90-306).

2.2. COINCEMENT

La barrière de protection et son moyen d'accès ne doivent pas blesser les enfants qui cherchent à les franchir : les risques de coincement doivent être évités.

La protection contre le coincement est évaluée par l'impossibilité de faire pénétrer un gabarit entre les éléments de la barrière ou entre la barrière et les éléments extérieurs sous une force de 100 N.

La garde au sol de la barrière de protection doit être inférieure à 25 mm ou comprise entre 45 mm et 102 mm (voir Figure 73), sans pour autant laisser passer le gabarit de coincement. Ces valeurs doivent être conservées lorsque la barrière de protection est soumise à une pression verticale en son sommet (mesure de la hauteur).

En cas d'utilisation d'un filet ou d'un grillage, la maille et son système de fixation ne doivent pas être supérieurs à une section de 5 mm × 5 mm.

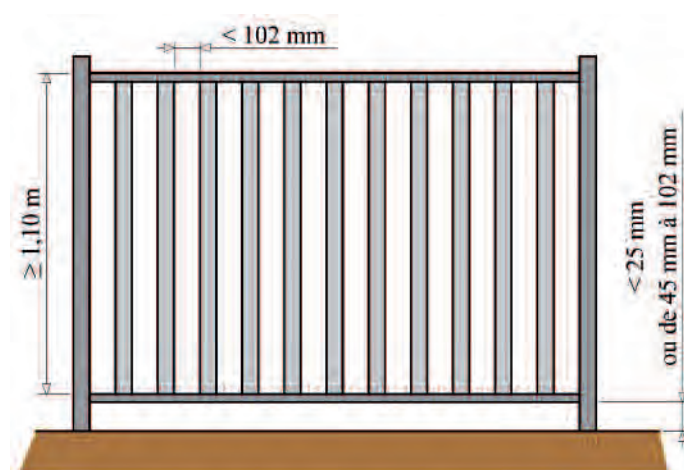


FIGURE 73 - EXIGENCES DIMENSIONNELLES DES BARRIÈRES DE PROTECTION

2.3. AUTRES EXIGENCES

La norme NF P 90-306 définit de nombreuses autres exigences relatives notamment aux :

- bords, arêtes, éléments saillants et angles,
- éléments détachables ou amovibles,
- moyens d'accès au bassin et systèmes de déverrouillage,
- mécanismes coulissants et charnières,
- ...

DIMENSIONNEMENT DES BARRIÈRES

La résistance des barrières de protection scellées, fixées ou enfoncées au sol est principalement évaluée par un essai de chocs de corps mou (essai dynamique de 150 J). A l'issue de cet essai, les exigences relatives au coincement doivent être conservées. La fonctionnalité de la barrière doit être conservée, notamment la hauteur par rapport au sol.

Les petits éléments doivent également subir un essai de torsion et un essai de traction.

L'ensemble de la barrière doit résister à un essai d'arrachement (effort vertical de 120 N).

Pour plus de détails sur l'évaluation de la résistance de ces produits, il convient de se reporter à la clause 7 de la norme NF P 90-306.

INSTRUCTIONS POUR LE CONSOMMATEUR

La barrière de protection doit être accompagnée d'une notice de montage et d'utilisation contenant également les conseils de sécurité et d'entretien.

Le fabricant/fournisseur doit fournir une information à l'achat, une notice d'installation s'il y a lieu, une notice d'utilisation, les conseils de sécurité propres à chacun des équipements et un guide d'entretien (voir clause 9 de la norme NF P 90-306).