

GUIDE

CONCEPTION ET MISE EN ŒUVRE DES GARDE-CORPS

SEPTEMBRE 2020

● NEUF ● RÉNOVATION



PROGRAMME D'ACTION POUR LA QUALITÉ DE LA CONSTRUCTION ET DE LA TRANSITION ÉNERGÉTIQUE

AVANT-PROPOS

Programme PACTE

Le Programme d'Action pour la qualité de la Construction et la Transition Énergétique a pour objectif d'accompagner la montée en compétences des professionnels du bâtiment dans le champ de l'efficacité énergétique dans le but d'améliorer la qualité dans la construction et les travaux de rénovation.

Financé par les Pouvoirs publics, le programme PACTE s'attache depuis 2015 à favoriser le développement de la connaissance, la mise à disposition de référentiels techniques et d'outils pratiques modernes adaptés aux pratiques des professionnels et, à soutenir les territoires dans toutes leurs initiatives dans ce champ.

Les actions menées s'inscrivent dans la continuité des travaux de modernisation des Règles de l'art initiés dans le cadre du programme RAGE.

Les Guides PACTE

Les Guides PACTE sont des documents techniques sur une solution technique innovante améliorant les performances énergétiques des bâtiments. Leur objectif est de donner aux professionnels de la filière les règles à suivre pour assurer une bonne conception, ainsi qu'une bonne mise en œuvre et réaliser une maintenance de la solution technique considérée. Ils présentent les conditions techniques minimales à respecter. Ils n'ont pas vocation à se substituer aux textes de références en vigueur (NF, DTU, ATec ou DTA, etc.).

Retrouvez gratuitement la collection sur www.programmepacte.fr

UNE COLLECTION
UNIQUE



SOMMAIRE

01 • Introduction	4
02 • Objet du guide	5
03 • Références	6
04 • Terminologie, définitions	10
05 • Règles générales de conception et de mise en œuvre	11
06 • Garde-corps en métal	37
07 • Garde-corps en bois	55
08 • Garde-corps et balustrades en béton	85
09 • Annexes	109
10 • Bibliographie	112
• Table des matières	113
• Table des tableaux	115
• Table des figures	116



VERSION	DATE DE LA PUBLICATION	MODIFICATIONS
INITIALE	Septembre 2020	



Le garde-corps est un ouvrage ne participant pas au clos et couvert ni à la structure, surmonté d'un vide, ayant la fonction de protection des personnes vis-à-vis des risques de chute dans le vide. De ce fait, il doit répondre à des exigences dimensionnelles précises. Celles-ci sont données dans la norme NF P01-012.

Pour les professionnels du bâtiment, il est essentiel de connaître les règles de construction applicables, les principes de base de calcul, de dimensionnement et de caractérisation des éléments du garde-corps (montants, mains courantes, platines, remplissages) ainsi que les règles de mise en œuvre.

Les justifications apportées sont en général :

- Adéquation du garde-corps et de son implantation en fonction de son environnement et du type de bâtiment (hauteur de protection, vides, tenue mécanique, etc.) ;
- Tenue des fixations et ancrage dans le support.

Les garde-corps de balcons, de terrasses, de galeries, de loggias et les rampes d'escaliers se déclinent selon différents matériaux et plusieurs modes constructifs. Ils sont fixés sur des supports horizontaux, verticaux ou inclinés.

Dans le cadre du programme PACTE, il s'est avéré nécessaire d'élaborer un référentiel technique pour la conception et la mise en œuvre de garde-corps, considérés comme traditionnels, pour différents matériaux/systèmes constructifs (acier, aluminium, bois, garde-corps préfabriqués ou coulés en place en béton).



2.1 Contenu

Le présent document a pour objet de définir les prescriptions minimales de conception et de mise en œuvre des garde-corps de bâtiments neufs ou existants à usage d'habitation, de bureaux et d'ERP (Etablissements Recevant du Public), en France métropolitaine.

Après une présentation des règles générales pour la conception d'un garde-corps, le guide donne les informations nécessaires pour le dimensionnement, la mise en œuvre et l'entretien de ce type d'ouvrage en fonction des matériaux qui le constituent (métal, bois et béton).

2.2 Domaine d'application

Le guide s'applique à des ouvrages de garde-corps intérieurs et extérieurs, conformes à la NF P01-012.

Les garde-corps visés par le présent guide sont de type :

- structure métallique avec remplissage ;
- structure bois avec remplissage ;
- préfabriqués et coulés en place en béton.

Par structure du garde-corps, on désigne ici les montants, les platines et la main courante (le cas échéant) du garde-corps.

! Les garde-corps visés par le présent document sont destinés à être utilisés dans le cadre d'ouvrage de construction, afin de prévenir les chutes des usagers. Ils ne sont pas soumis aux charges verticales de la structure de la construction, et sont donc considérés comme des éléments non structuraux.

! La révision du Code de la Construction et de l'Habitation (CCH), en cours, entraînera une modification du domaine d'application de la NF P 01-012, et par conséquent du domaine d'application du présent guide.



Les documents de référence suivants sont indispensables pour l'application du présent document. Pour les références datées, seule l'édition citée s'applique. Pour les références non datées, la dernière édition du document de référence s'applique, y compris les éventuels amendements.

3.1 Normes, NF DTU et référentiels techniques courants

3.1.1 Référentiels communs

- NF P 01-012 : Dimensions des garde-corps – Règles de sécurité relatives aux dimensions des garde-corps et rampes d'escalier
- NF P 01-013 : Essais des garde-corps – Méthodes et critères
- NF EN 1990 : Eurocodes structuraux – Bases de calcul des structures
- NF EN 1991 : Eurocode 1 – Actions sur les structures (Annexes nationales incluses)
- NF EN 1998 : Eurocode 8 – Calcul des structures pour leur résistance aux séismes (Annexes nationales incluses)
- Arrêté du 20 avril 2017 relatif à l'accessibilité aux personnes handicapées des établissements recevant du public lors de leur construction et des installations ouvertes au public lors de leur aménagement
- Arrêté du 24 décembre 2015 relatif à l'accessibilité aux personnes handicapées des bâtiments d'habitation collectifs et des maisons individuelles lors de leur construction
- Décret n° 2010-1255 du 22 octobre 2010 portant délimitation des zones de sismicité du territoire français
- Arrêté du 22 octobre 2010 relatif à la classification et aux règles de construction parasismique applicables aux bâtiments de la classe dite « à risque normal »

3.1.2 Référentiels pour les supports et les garde-corps métalliques

■ DTU et normes d'exécution

- NF DTU 32.1 : Travaux de bâtiment – Charpente en acier
- NF DTU 32.3 : Travaux de bâtiment – Construction d'ossatures en acier pour maisons et bâtiments résidentiels
- NF EN 1090 : Exécution des structures en acier et des structures en aluminium (Compléments nationaux inclus)
- FD DTU 39 P5 : Travaux de bâtiment – Choix des vitrages en fonction de l'exposition aux risques de blessures – Partie 5 : mémento pour les maîtres d'œuvre

■ Codes de calcul

- NF EN 1993 : Eurocode 3 – Calcul des structures en acier (Annexes nationales incluses)
- NF EN 1999 : Eurocode 9 – Calcul des structures en aluminium (Annexes nationales incluses)

■ Normes produits, matériaux et revêtements

- NF P24-351 : Menuiserie métallique – Fenêtres, façades rideaux, semi-rideaux, panneaux à ossature métallique – Protection contre la corrosion et préservation des états de surface
- NF EN 10025 : Produits laminés à chaud en aciers de construction
- NF EN 10088 : Aciers inoxydables
- NF EN 15048 : Boulonnerie de construction métallique non précontrainte
- NF EN 356 : Verre dans la construction – Vitrage de sécurité – Mise à essai et classification de la résistance à l'attaque manuelle
- NF EN 485 : Aluminium et alliages d'aluminium – Tôles, bandes et tôles épaisses
- NF EN 573 : Aluminium et alliages d'aluminium – Composition chimique et forme des produits corroyés
- NF EN 755 : Aluminium et alliages d'aluminium – Barres, tubes et profilés filés
- NF EN 1396 : Aluminium et alliages d'aluminium – Tôles et bandes revêtues en bobine pour applications générales – Spécifications
- NF EN 12020 : Aluminium et alliages d'aluminium – Profilés de précision filés en alliages EN AW-6060 et EN AW-6063
- NF EN 12600 : Verre dans la construction – Essai au pendule – Méthode d'essai d'impact et classification du verre plat
- NF EN ISO 1461 : Revêtements par galvanisation à chaud sur produits finis en fonte et en acier – Spécifications et méthodes d'essai
- NF EN ISO 2063 : Projection thermique – Zinc, aluminium et alliages de ces métaux
- NF EN ISO 3506 : Caractéristiques mécaniques des éléments de fixation en acier inoxydable résistant à la corrosion
- NF EN ISO 4042 : Fixations – Systèmes de revêtements électrolytiques
- NF EN ISO 6892 : Matériaux métalliques – Essai de traction
- NF EN ISO 9223 : Corrosion des métaux et alliages – Corrosivité des atmosphères – Classification, détermination et estimation
- NF EN ISO 10683 : Fixations – Systèmes de revêtements non électrolytiques de zinc lamellaire
- NF EN ISO 10684 : Éléments de fixation – Revêtements de galvanisation à chaud
- NF EN ISO 12670 : Projection thermique – Éléments traités par projection thermique – Conditions techniques de livraison
- NF EN ISO 12679 : Projection thermique – Recommandations pour la projection thermique
- NF EN ISO 12944 : Peintures et vernis – Anticorrosion des structures en acier par systèmes de peinture
- NF EN ISO 14713 : Revêtements de zinc – Lignes directrices et recommandations pour la protection contre la corrosion du fer et de l'acier dans les constructions
- P08-302 : Murs extérieurs des bâtiments – Résistance aux chocs – Méthodes d'essais et critères

3.1.3 Référentiels pour les supports et les garde-corps en bois

■ DTU et normes d'exécution

- NF DTU 31.1 : Travaux de bâtiment – Charpente en bois
- NF DTU 31.2 : Travaux de bâtiment – Construction de maisons et bâtiments à ossature en bois
- NF DTU 36.3 : Travaux de bâtiment – Escaliers en bois et garde-corps associés
- NF DTU 59.1 : Travaux de bâtiment – Revêtements de peinture en feuille mince, semi-épais, ou épais

■ Codes de calcul

- NF EN 1995 : Eurocode 5 – Conception et calcul des structures en bois (Annexes nationales incluses)

■ Normes produits, matériaux et revêtements

- NF B50-105 : Durabilité du bois et des matériaux dérivés du bois – Bois et matériaux à base de bois traités avec un produit de préservation préventif
- NF P23-305 : Menuiseries en bois – Spécifications techniques des fenêtres, portes-fenêtres, portes extérieures et ensembles menuisés en bois
- NF EN 300 : Panneaux de lamelles minces, longues et orientées (OSB) – Définitions, classification et exigences
- NF EN 312 : Panneaux de particules – Exigences
- NF EN 313 : Contreplaqué – Classification et terminologie
- NF EN 335 : Durabilité du bois et des matériaux à base de bois – Classes d'emploi : définitions, application au bois massif et aux matériaux à base de bois
- NF EN 338 : Bois de structure – Classes de résistance
- NF EN 350 : Durabilité du bois et des matériaux dérivés du bois – Méthodes d'essai et de classification de la durabilité vis-à-vis des agents biologiques du bois et des matériaux dérivés du bois
- NF EN 438 : Stratifiés décoratifs haute pression (HPL) – Plaques à base de résines thermodurcissables (communément appelées stratifiés)
- NF EN 622 : Panneaux de fibres – Exigences
- NF EN 636 : Contreplaqué – Exigences
- NF EN 927 : Peintures et vernis – Produits de peinture et systèmes de peinture pour le bois en extérieur
- NF EN 975 : Bois sciés – Classement d'aspect des bois feuillus
- NF EN 1611 : Bois sciés – Classement d'aspect des bois résineux
- NF EN 10088 : Aciers inoxydables
- NF EN 10346 : Produits plats en acier revêtus en continu par immersion à chaud pour formage à froid – Conditions techniques de livraison
- NF EN 12369 : Panneaux à base de bois – Valeurs caractéristiques pour la conception des structures
- NF EN 13183 : Teneur en humidité d'une pièce de bois scié
- NF EN 13986 : Panneaux à base de bois destinés à la construction – Caractéristiques, évaluation de conformité et marquage
- NF EN 14080 : Structures en bois – Bois lamellé collé et bois massif reconstitué – Exigences
- NF EN 14081 : Structures en bois – Bois de structure à section rectangulaire classé pour sa résistance
- NF EN 14279 : Lamibois (LVL) – Définitions, classification et spécifications
- NF EN 14374 : Structures en bois – LVL (Lamibois) – Exigences
- NF EN 14592 : Structures en bois – Éléments de fixation de type tige – Exigences

- NF EN 14545 : Structures en bois – Connecteurs – Exigences
- NF EN 15497 : Bois massif de structure à entures multiples – Exigences de performances et exigences minimales de fabrication
- NF EN 16351 : Structures en bois – Bois lamellé croisé – Exigences
- NF EN ISO 1461 : Revêtements par galvanisation à chaud sur produits finis en fonte et en acier
- NF EN ISO 2081 : Revêtements métalliques et autres revêtements inorganiques – Dépôts électrolytiques de zinc avec traitements supplémentaires sur fer ou acier
- NF EN ISO 3506 : Caractéristiques mécaniques des éléments de fixation en acier inoxydable résistant à la corrosion
- FD P20-651 : Durabilité des éléments et ouvrages en bois

3.1.4 Référentiels pour les supports et les garde-corps en béton

■ DTU et normes d'exécution

- NF DTU 21 : Travaux de bâtiment – Exécution des ouvrages en béton
- NF P18-451 : Bétons – Exécution des structures en béton – Règles spécifiques pour les BFUP
- NF EN 13670 : Exécution des structures en béton (Compléments nationaux inclus)

■ Codes de calcul

- NF EN 1992 : Eurocode 2 – calcul des structures en béton (Annexes nationales incluses)
- NF P18-710 : Complément national à l'Eurocode 2 – Calcul des structures en béton : règles spécifiques pour les bétons fibrés à ultra-hautes performances (BFUP)

■ Normes produits, matériaux et revêtements

- NF A35-014 : Aciers pour béton armé – Aciers inoxydables soudables – Barres et couronnes
- NF A35-015 : Aciers pour béton armé – Aciers soudables lisses – Barres et couronnes
- NF A35-025 : Aciers pour béton armé – Barres et couronnes galvanisées à chaud
- NF A35-027 : Produits en acier pour béton armé – Armatures
- NF EN 206 : Béton – Spécification, performances, production et conformité (Compléments nationaux inclus)
- NF P18-470 : Bétons – Bétons fibrés à ultra haut performances – Spécification, performance, production et conformité
- NF EN 10080 : Aciers pour l'armature du béton – Aciers soudables pour béton armé – Généralités
- NF EN 10348 : Aciers pour béton armé – Aciers pour béton armé galvanisés
- FD CEN/TR 15739 : Produits préfabriqués en béton – Surface et parements de béton – Éléments d'identification

3.2 Autres documents

- Guide ENS « Dimensionnement parasismique des éléments non structuraux du cadre bâti – Justifications parasismiques pour le bâtiment « à risque normal » – MEDDTL / DGALN / DHUP, 2014 »
- Recommandations pour la réalisation d'essais de chevilles sur site (ou sur chantier). CISMA, 2013
- Recommandations professionnelles sur le chevillage. CISMA, 2014

04

TERMINOLOGIE, DÉFINITIONS



Les définitions de la NF P01-012 s'appliquent.

05

RÈGLES GÉNÉRALES DE CONCEPTION ET DE MISE EN ŒUVRE



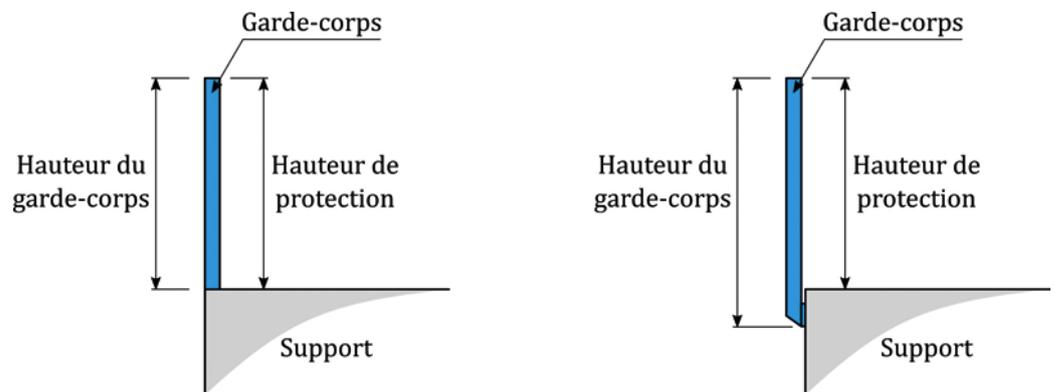
5.1 Dimensions du garde-corps

5.1.1 Hauteur de protection

La hauteur de protection devant être offerte par les garde-corps, est déterminée par la NF P01-012.

En règle générale, la hauteur de protection est mesurée verticalement depuis le niveau fini du sol jusqu'à la face d'appui du garde-corps. La norme NF P01-012 définit des conditions, pour lesquelles il convient d'augmenter la hauteur du garde-corps, afin de conserver une hauteur de protection suffisante, notamment en présence d'éléments permettant de poser le pied au-dessus du niveau du sol fini. La hauteur du garde-corps doit être compatible avec la hauteur de protection (voir la Figure 1).

Figure 1 – Hauteur de protection d'un garde-corps



Il est recommandé de concevoir les garde-corps avec une hauteur majorée, de sorte que la hauteur de protection h soit respectée tout en tenant compte des tolérances de fabrication, de mise en œuvre, etc.

NOTE

Selon l'Arrêté du 24 décembre 2015 relatif à l'accessibilité aux personnes handicapées des bâtiments d'habitation collectifs et des maisons individuelles lors de leur construction, lorsqu'un garde-corps tient lieu de main courante, celle-ci doit être située à la hauteur minimale requise pour le garde-corps.

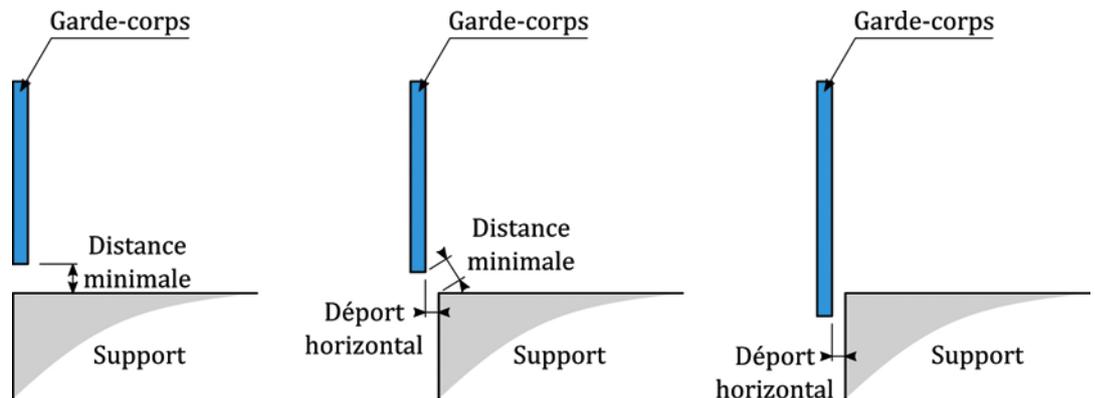
L'Arrêté du 20 avril 2017 relatif à l'accessibilité aux personnes handicapées des établissements recevant du public lors de leur construction et des installations ouvertes au public lors de leur aménagement ajoute que lorsque le garde-corps a une hauteur supérieure à 1 m, il est muni d'une main courante située à une hauteur comprise entre 0,80 m et 1,00 m.

5.1.2 Spécifications dimensionnelles pour les vides

Les garde-corps ajourés doivent respecter les exigences de la NF P01-012 concernant la dimension maximale des vides entre éléments composant le remplissage. Par ailleurs, il convient de limiter le vide de conception entre le support et la partie inférieure du remplissage du garde-corps (distance minimale et déport horizontal) (voir la Figure 2).

Il est recommandé de concevoir les garde-corps en minorant le vide entre le garde-corps et le support (distance minimale et déport horizontal), de sorte que les exigences de la NF P01-012 soient respectées tout en tenant compte des tolérances de fabrication, de mise en œuvre, etc.

Figure 2 – Vide entre le support et le garde-corps

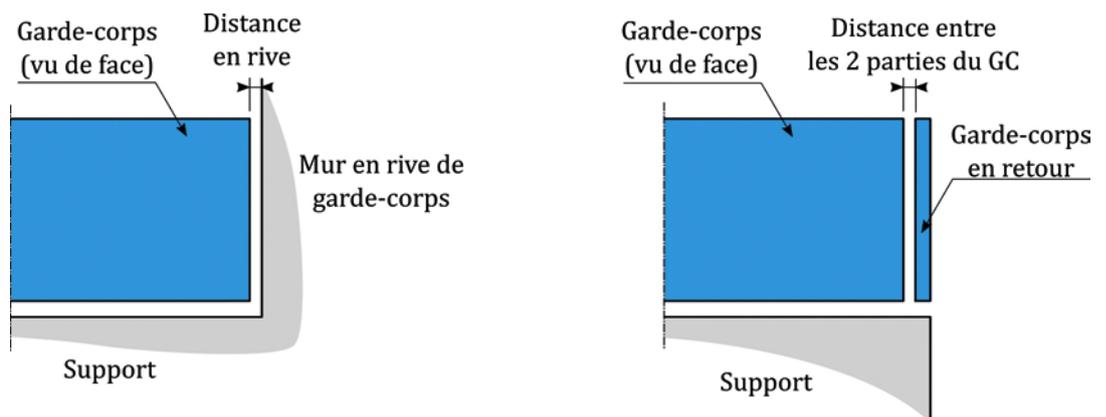


5.1.3 Rives et angles des garde-corps

Les rives et les angles des garde-corps doivent être conçus de manière à respecter les exigences de la NF P01-012 concernant la dimension maximale des vides entre éléments composant le remplissage.

La distance verticale au mur ne doit pas dépasser les dimensions prescrites dans la NF P01-012 (voir Figure 3). Les tolérances de fabrication, de mise en œuvre, etc. doivent être prises en compte.

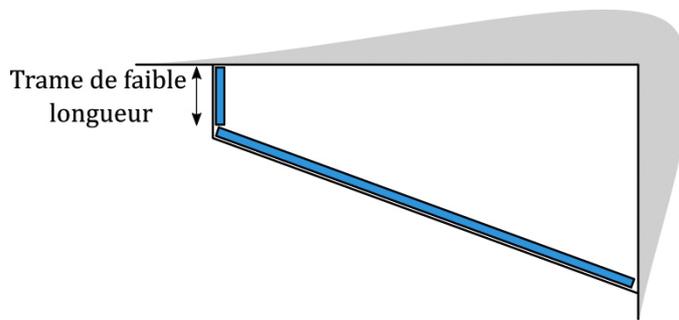
Figure 3 – Rive et angle des garde-corps



De même, la distance verticale entre deux parties de garde-corps doit être soit nulle (garde-corps fixé au mur par exemple), soit telle qu'elle ne dépasse pas les dimensions prescrites dans la NF P01-012 (voir Figure 3).

Il est recommandé de ne pas concevoir de garde-corps présentant des trames de longueur inférieure à 60 cm (voir Figure 4), à moins que ces trames ne fassent l'objet d'une validation spécifique (voir en particulier le paragraphe 5.3).

Figure 4 – Trames de garde-corps de faible longueur



La conception doit éviter les risques, pour les usagers, de se coincer les doigts entre deux parties du garde-corps ou entre le garde-corps et le mur en rive.

La distance libre entre la paroi et la main courante du garde-corps, sauf spécifications particulières figurant dans les DPM ou sur les plans d'exécution, est :

- d'au moins 3 cm pour les logements individuels ;
- d'au moins 5 cm dans les autres cas.

5.2 Actions à considérer pour le dimensionnement du garde-corps

5.2.1 Charge permanente

Pour la vérification de l'ancrage du garde-corps, la charge permanente correspondant au poids propre du garde-corps doit être prise en compte lorsque celle-ci a une influence. Cela correspond, par exemple, à un garde-corps avec un remplissage lourd (verre, béton, etc.) fixé à l'anglaise (en nez de dalle) pour lequel les fixations au support sont fortement sollicitées par la charge permanente.

Cette charge est à pondérer par un coefficient $\gamma_g = 1,35$ selon la norme NF EN 1990 pour la vérification de la résistance du garde-corps.

5.2.2 Charge d'exploitation horizontale de l'intérieur vers l'extérieur

La charge d'exploitation horizontale, appliquée de l'intérieur vers l'extérieur, est définie par la norme NF P 06-111-2/A1 (Amendement A1 à l'Annexe nationale Française à l'EN 1991-1-1), en fonction de la catégorie d'usage où est implanté le garde-corps. Le Tableau 1 donne la valeur de cette charge horizontale répartie.

Tableau 1 – Valeur de la charge horizontale répartie de l'intérieur vers l'extérieur

Usage	Charge d'exploitation horizontale q_k	Charge d'exploitation horizontale q_k pondérée par $\gamma_q = 1,5$
Catégorie A : Locaux à usage d'habitation, chambres d'hôtel et d'hôpitaux, etc.	0,6 kN/m	0,9 kN/m
Catégorie B : Bureaux		
Catégories C1 à C4 : Lieux de réunion tels que restaurants, salles de conférence ou de réunion, salles de gymnastique, etc. à l'exception de la catégorie C5.	1 kN/m	1,5 kN/m
Catégories D : Espaces commerciaux		
Catégorie C5 : Espaces susceptibles d'accueillir des foules importantes : salles de concert, quais de gare, etc. à l'exception des installations pour spectateurs (tribunes, gradins, etc.) relevant de la norme NF EN 13200-3.	3 kN/m	4,5 kN/m
Catégorie C5 : Installations pour spectateurs (tribunes, gradins, etc.) relevant de la norme NF EN 13200-3.	Voir la NF EN 13200-3 et le règlement de sécurité contre les risques d'incendie et de panique dans les ERP	

Indépendamment de la hauteur du garde-corps, la charge d'exploitation horizontale est appliquée à 1,0 m au-dessus du sol fini pour les garde-corps.

La charge à appliquer sur la main courante est celle qui provoque le même moment de flexion au niveau de l'ancrage dans le support que la charge du Tableau 1 appliquée à la hauteur précisée ci-dessus.

Cette charge est à pondérer par un coefficient $\gamma_q = 1,5$ pour la vérification de la résistance du garde-corps (voir les valeurs pondérées dans le Tableau 1).

La NF P01-013 définit un essai statique sous charge horizontale de l'extérieur vers l'intérieur, à mi-portée de chaque travée, pour les garde-corps à montants (potelets).

L'essai statique peut être remplacé par une vérification par calcul. Dans ce cas, une charge horizontale de l'extérieur vers l'intérieur valant 0,4 kN est appliquée à 1,0 m au-dessus du sol fini. Cette charge est à pondérer par un coefficient (soit 0,6 kN pondéré) pour la vérification de la résistance du garde-corps.

5.2.3 Charge verticale

La NF P01-013 définit un essai statique sous charge verticale appliquée sur les mains courantes des garde-corps, en deux points d'application distants de 300 mm disposés à égale distance des points d'ancrage ou des potelets.

L'essai statique peut être remplacé par une vérification par calcul. Dans ce cas, une charge verticale valant 0,67 kN est appliquée à l'endroit le plus défavorable de la main-courante. Cette charge est à pondérer par un coefficient (soit 1,0 kN pondéré) pour la vérification de la résistance du garde-corps.

5.2.4 Autres actions appliquées à un garde-corps

■ Effet du séisme sur les garde-corps

Les garde-corps sont considérés comme des Eléments Non Structuraux (ENS) dans la norme d'application volontaire Eurocode 8 (NF EN 1998-1), norme citée dans sa version de septembre 2005 pour le respect des exigences dans la réglementation.

Le guide réglementaire « Dimensionnement parasismique des éléments non structuraux du cadre bâti – Justifications parasismiques pour le bâtiment » à risque normal » complète en précisant que « Seuls les garde-corps maçonnés sont considérés comme des éléments non structuraux du cadre bâti ».

En conséquence, les exigences réglementaires parasismiques pour les garde-corps ne portent que sur les garde-corps maçonnés (y compris en béton) quel que soit la zone sismique et la catégorie d'importance du bâtiment « à risque normal ». Les garde-corps maçonnés doivent être vérifiés suivant les référentiels réglementaires EC 8 ou guide ENS.

■ NOTE

Dans le cas où le maître d'ouvrage souhaiterait sur son projet étendre la sécurité parasismique aux garde-corps autres que maçonnés, cette exigence devra être explicitement mentionnée dans son cahier des charges communiqué lors de la consultation et reprise dans le dossier marché.

L'approche développée ci-après, déduite du guide réglementaire ENS de 2014, permet de déterminer, pour le garde-corps, lorsque l'action sismique est plus dimensionnante que l'action de la charge d'exploitation.

Dans le cadre de l'approche enveloppe proposée dans le guide ENS, l'effort sismique horizontal agissant au centre de gravité du garde-corps peut être déterminé par la formule :

$$F_a = k_a W_a$$

Il est à noter que les effets de cette action sismique sur le moment à l'ancrage ne peuvent pas dépasser ceux de la charge horizontale pondérée appliquée sur la main courante lorsque les relations suivantes sont respectées :

- pour une charge ponctuelle Q_d appliqué à mi-travée de la main courante :

$$W_a \leq \frac{2,2 Q_d}{k_a l}$$

- pour une charge uniformément répartie q_d :

$$W_a \leq \frac{2 q_d}{k_a}$$

Avec :

- W_a : poids du garde-corps par mètre de longueur, en kN/m (\approx masse du garde-corps par mètre de longueur, en kg/m, divisée par 100) ;
- k_a : coefficient adimensionnel représentant l'influence de l'accélération sismique sur l'effort appliqué au garde-corps (voir le guide ENS) ;
- Q_d : charge horizontale ponctuelle pondérée appliquée à hauteur de la main courante du garde-corps (en kN) ;
- q_d : charge horizontale uniformément répartie pondérée appliquée à hauteur de la main courante du garde-corps (en kN) ;
- l : portée de la main-courante entre potelet (en mètre).

Le Tableau 2 donne le poids par mètre de longueur du garde-corps en dessous duquel l'effort sismique appliqué à ce dernier ne peut dépasser l'effet d'une charge horizontale ponctuelle pondérée appliquée à la main courante Q_d égale à 0,6 kN. Cette valeur de 0,6 kN correspond à la charge horizontale vers l'intérieur pondérée (voir le paragraphe 5.2.2), et appliquée sur un garde-corps d'un mètre de longueur.

Tableau 2 — Poids par mètre, en kN/m, en dessous duquel l'effet de l'effort sismique sur le garde-corps ne peut pas dépasser celui de la charge d'exploitation vers l'intérieur de 0,6 kN à mi-travée

Zones de sismicité	Catégories d'importance			
	I	II	III	IV
1				
2			1,54	1,32
3		1,18	0,98	0,84
4		0,81	0,67	0,58
5		0,56	0,46	0,40

Note : les cellules grisées indiquent que le bâtiment est concerné par la réglementation parasismique

Le Tableau 3 donne le poids par mètre de longueur du garde-corps en dessous duquel l'effort sismique appliqué à ce dernier ne peut dépasser l'effet d'une charge horizontale répartie pondérée appliquée à la main courante q_d égale à 0,9 kN/m. Cette valeur de 0,9 kN/m correspond à la charge horizontale vers l'extérieur pondérée en catégorie A et B (voir le paragraphe 5.2.2), et appliquée sur un garde-corps d'un mètre de longueur.

Tableau 3 — Poids par mètre, en kN/m, en dessous duquel l'effet de l'effort sismique sur le garde-corps ne peut pas dépasser celui correspondant à une charge appliquée sur la main courante de 0,9 kN/m

Zones de sismicité	Catégories d'importance			
	I	II	III	IV
1				
2			2,12	1,82
3		1,62	1,35	1,16
4		1,12	0,93	0,80
5		0,77	0,64	0,55

Note : les cellules grisées indiquent que le bâtiment est concerné par la réglementation parasismique

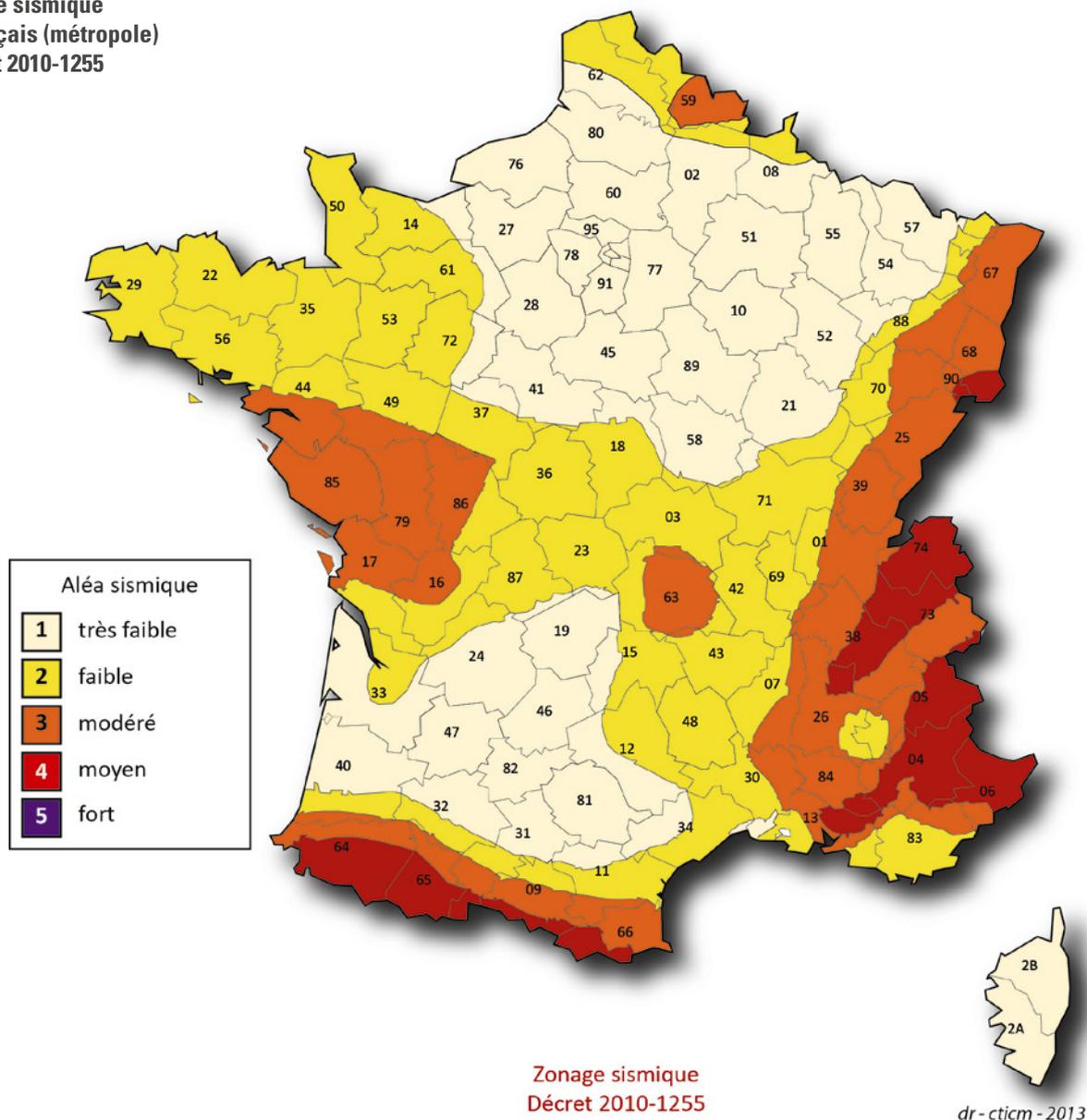
La définition de la catégorie d'importance du bâtiment est donnée dans le Tableau 4.

Tableau 4 – Définition des catégories d'importance des bâtiments d'après l'Arrêté du 22 octobre 2010

Catégorie d'importance	Bâtiments
I	Bâtiments dont est exclue toute activité humaine nécessitant un séjour de longue durée et non visés par les autres catégories
II	Maisons individuelles ; bâtiments d'habitation collective, de bureaux et de commerce non visés par la catégorie III ; bâtiments industriels non visés par la catégorie III ; parcs de stationnement ouverts au public ; ERP des 4 ^{ème} et 5 ^{ème} catégories.
III	Bâtiments d'habitation collective ou de bureaux dont la hauteur dépasse 28 m ; ERP des 1 ^{ère} , 2 ^{ème} et 3 ^{ème} catégories ; bâtiments pouvant accueillir simultanément plus de 300 personnes (notamment commerces, bureaux, bâtiments industriels) ; établissements scolaires ; bâtiments des centres de production collective de l'énergie.
IV	Bâtiments abritant les moyens opérationnels de secours ou de la défense (homme ou matériel) ; bâtiments assurant le maintien des communications (tours hertziennes, centres vitaux des réseaux de télécommunication...) ; bâtiments assurant le contrôle de la circulation aérienne ; établissements de santé (en particulier les hôpitaux) ; bâtiments de distribution ou de stockage de l'eau potable ; bâtiments des centres de distribution publique de l'énergie ; bâtiments des centres météorologiques.

La définition de la zone de sismicité est donnée sur la Figure 5 pour la France métropolitaine.

Figure 5 – Zonage sismique du territoire français (métropole) d'après le Décret 2010-1255



5.3 Évaluation des performances du garde-corps

5.3.1 Justification par calculs

Les justifications de résistance des garde-corps concernent :

- la structure ;
- le remplissage ;
- les fixations.

Les justifications par calculs permettant de se passer d'essais statiques, tels que décrits au paragraphe 5.3.2, peuvent être conduites par référence au corpus Eurocodes. Les paragraphes 6 à 8 du présent document précisent les exigences pour les différentes conceptions de garde-corps visées dans le présent document.

■ Vérification de la résistance

Les actions à prendre en compte pour la vérification de la résistance des garde-corps se basent sur les charges décrites au paragraphe 5.2 pondérées par les coefficients partiels définis pour les différents états limites ultimes (ELU).

Dans le cadre d'une justification par calcul sous l'effet des actions statiques, le critère de vérification est le non dépassement de la limite d'élasticité du matériau composant la structure du garde-corps, selon la NF P01-012 :

- Garde-corps en acier (au carbone ou inoxydable) : f_y / γ_{M0} ;
- Garde-corps en alliage d'aluminium : f_o / γ_{M1} ;
- Garde-corps en bois : $k_{mod} f_{m,k} / \gamma_M$;
- Garde-corps en béton : f_{ck} / γ_C .

Les coefficients partiels applicables aux matériaux sont définis dans les Eurocodes et leurs annexes nationales applicables aux matériaux considérés.

Les justifications par calculs doivent intégrer les conditions de mise en œuvre lorsque celles-ci ont une influence sur la résistance des garde-corps. Cela concerne par exemple d'éventuels calages et percements oblongs nécessaires à la reprise des tolérances de réalisation et de positionnement des garde-corps et de leurs supports.

5.3.2 Essais statiques

Les essais statiques sont réalisés pour les types de garde-corps qui ne sont pas ou que l'on ne sait pas justifier par le calcul, tels que décrits au paragraphe 5.3.1 du présent document.

■ Essai statique horizontal vers l'extérieur

Cet essai permet la vérification des garde-corps sous la charge d'exploitation de l'intérieur vers l'extérieur (voir le paragraphe 5.2.2). Il est conduit en appliquant un effort horizontal au niveau de la main courante dirigé vers l'extérieur.

L'effort F correspondant à la charge d'exploitation est déterminé comme suit :

$$F_a = q_{test} \times L_{test}$$

$$q_{test} = q_k \times \frac{h_{theo}}{h_{test}}$$

où :

- L_{test} : Longueur du garde-corps soumis à l'essai, en général égale au double de l'espacement entre montants ;
- q_k : Charge d'exploitation vers l'extérieur (voir le Tableau 1 au paragraphe 5.2.2) ;
- h_{test} : Hauteur d'application de la charge au-dessus du niveau de l'ancrage dans le support ;
- h_{theo} : Hauteur théorique d'application de la charge au-dessus du sol fini.

La procédure détaillée de l'essai, ainsi que les critères d'acceptation, sont donnés dans la NF P 01-013.

■ Essai statique horizontal vers l'intérieur

Cet essai permet la vérification des garde-corps sous la charge de l'extérieur vers l'intérieur (voir le paragraphe 5.2.3).

L'effort F correspondant à la charge vers l'intérieur est déterminé comme suit :

$$F = Q_{int} \times \frac{h_{theo}}{h_{test}}$$

Avec les mêmes définitions que précédemment, et Q_{int} la charge horizontale vers l'intérieur définie par la NF P 01-013.

La procédure détaillée de l'essai, ainsi que les critères d'acceptation, sont donnés dans la NF P 01-013.

■ Essai statique vertical

Cet essai permet la vérification du garde-corps sous la charge d'exploitation verticale (voir le paragraphe 5.2.4).

La procédure détaillée de l'essai, ainsi que les critères d'acceptation, sont donnés dans la NF P 01-013.

5.3.3 Essais dynamiques

Les essais dynamiques permettent la justification du remplissage du garde-corps et de son assemblage sur son ossature. Ils doivent être réalisés pour tous les garde-corps pour lesquels le remplissage n'a pas été éprouvé par des essais ou des références antérieures.

■ Essai dynamique par choc de grand corps mou (M50/600J)

Tous les types de remplissage doivent satisfaire à l'essai dynamique par choc de grand corps mou.

La procédure détaillée de l'essai, ainsi que les critères d'acceptation, sont donnés dans la NF P 01-013. La définition du corps de choc est donnée dans la NF P 08-301.

■ Essai dynamique par choc de petit corps dur (D0,5/3,75J)

Les remplissages par plaques doivent satisfaire à l'essai dynamique par choc de petit corps dur.

La procédure détaillée de l'essai, ainsi que les critères d'acceptation, sont donnés dans la NF P 01-013. La définition du corps de choc est donnée dans la NF P 08-301.

5.4 Support

5.4.1 Acceptation du support

Tout support doit être accepté ou refusé par l'entrepreneur.



Le début de la mise en œuvre du garde-corps vaut acceptation du support.

5.4.2 Mise en œuvre sur support existant

La conception du garde-corps et de son système d'ancrage doit tenir compte de la capacité du support existant à reprendre les sollicitations nouvelles. La

capacité du support peut être évaluée à l'issue du diagnostic de l'existant réalisé, selon les cas, sur la base des points listés ci-dessous.

- D'une analyse documentaire :

Lorsqu'ils sont disponibles, les plans, les bordereaux de livraison, le cahier des charges, etc. de la construction originale permettent d'obtenir des informations utiles sur le support. Un relevé in situ permettra de confirmer les informations fournies par l'analyse documentaire. A défaut de documents disponibles, il est nécessaire de procéder à un relevé in situ détaillé visant à en créer de nouveaux.

- Et/ou d'un relevé des désordres éventuels* :

La présence de signes de pathologies sur le support (fissures, corrosion, etc.) ne permet pas l'ancrage d'un garde-corps sans précautions particulières. Ces désordres doivent être signalés par l'entrepreneur. Bien souvent, un traitement curatif et/ou un renforcement de la zone affectée s'avère nécessaire.

- Et/ou d'analyses non destructives in situ* :

Pour certains supports, des méthodes d'analyses non destructives in situ permettent d'obtenir des paramètres utiles à la conception. Ces analyses présentent l'avantage de ne pas modifier le support. Par exemple, pour les supports en acier, un essai par ressuage permet de détecter des fissures débouchantes mais trop fines pour être visibles à l'œil nu.

- Et/ou d'analyse destructives in situ* :

Pour certains supports, des méthodes d'analyses destructives in situ permettent d'obtenir des paramètres utiles à la conception. Il est nécessaire de prévoir une réfection locale du support après réalisation de l'essai. Par exemple, pour les supports en béton, les essais d'arrachement des chevilles selon les recommandations pour la réalisation d'essais de chevilles sur site (ou sur chantier) du CISMA permettent de caractériser la performance du support avec la cheville envisagée.

- Et/ou des prélèvement d'échantillons suivis d'analyses en laboratoire* :

Il est enfin possible de prélever des échantillons du support afin de réaliser des analyses en laboratoire, visant à connaître la composition chimique et/ou les caractéristiques mécaniques du matériaux le composant. Il est nécessaire de prévoir une réfection locale du support après prélèvement de l'échantillon.

5.4.3 Ouvrages complémentaires d'interface localisée (OCIL)

Dans certains cas, il peut s'avérer nécessaire de prévoir un ouvrage complémentaire entre le garde-corps et son support, afin d'atteindre les performances prévues de l'ouvrage global. Par nature, l'ouvrage complémentaire d'interface localisé (OCIL) concerne des dispositions locales ou localisées. Il s'intègre dans la conception initiale de l'ouvrage ou de la partie d'ouvrage, et n'entre pas dans une approche de réparation de l'ouvrage.

L'ouvrage complémentaire d'interface localisé complète les recommandations des NF DTU, s'ils existent, relatifs aux ouvrages supports et aux ouvrages supportés. Au jour de la parution du présent document, une norme expérimentale (XP P18-202) qui précise les règles à respecter, ainsi que les exigences minimales applicables par défaut pour réaliser les OCIL est en cours de rédaction.

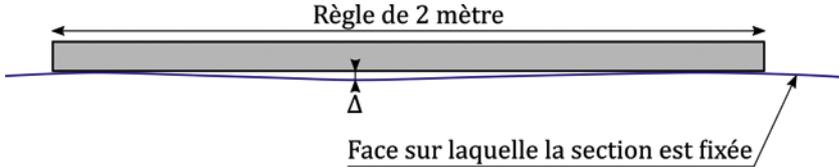
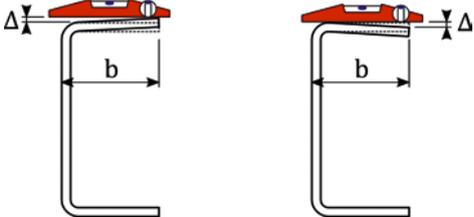
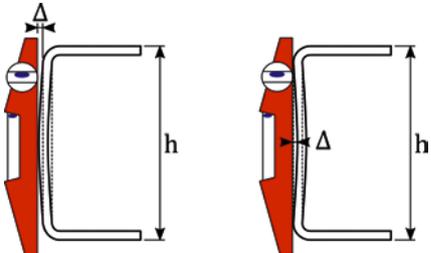
5.4.4 Support en acier

De façon générale, un support neuf en acier respecte le NF DTU 32.1 ou le NF DTU 32.3. Il est nécessaire de s'assurer que le support est bien apte à recevoir un garde-corps : géométrie conforme aux plans considérant les tolérances admissibles, état de surface propre, etc.

Le Tableau 5 décrit des vérifications recommandées pour la réception d'un support métallique. Ces vérifications permettent de juger rapidement de la bonne adéquation du support pour recevoir un garde-corps, tout en étant proches des exigences de la NF EN 1090-2.

* Ces analyses seront demandées par l'entrepreneur en cas de doute, ou fournies directement par le maître d'ouvrage et dépendront des désordres constatés. Des éléments spécifiques pour des supports existants en acier, bois ou béton sont détaillés dans les paragraphes 5.4.4, 5.4.5 et 5.4.6 respectivement.

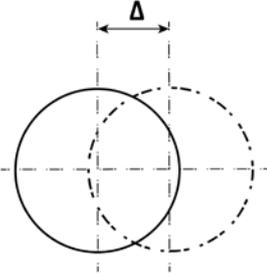
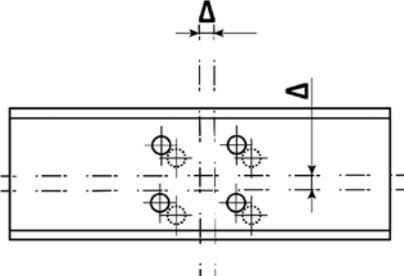
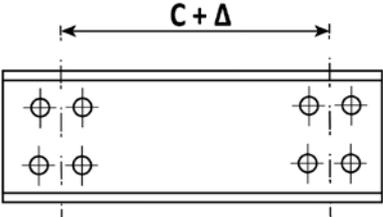
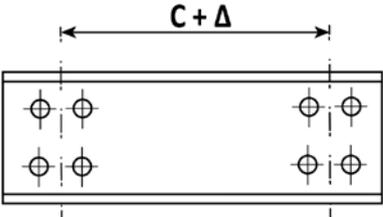
Tableau 5 – Vérifications d'un support en acier

Vérifications	Ecart maximal autorisé
<p>Vérification globale à la règle de 2 mètres de la face sur laquelle le G.C. est fixé :</p>  <p>Règle de 2 mètre</p> <p>Face sur laquelle la section est fixée</p>	$\Delta \leq 10 \text{ mm}$
<p>Planéité locale de la semelle sur laquelle le G.C. est fixé (« pose à la française ») :</p> 	$\Delta \leq b / 20$
<p>Planéité locale de l'âme sur laquelle le G.C. est fixé (« pose à l'anglaise ») :</p> 	$\Delta \leq h / 50$

Les tolérances de planéités locales ne dispensent pas de la mise en œuvre éventuelle de cales visant à obtenir la verticalité (ou l'inclinaison demandée) du garde-corps.

En cas de support en acier pré-percé pour recevoir les fixations du garde-corps, le Tableau 6 précise les tolérances associées de la norme NF EN 1090-2 (pour la classe de tolérance 1).

Tableau 6 – Exemple de tolérances pour les trous de fixations dans l'EN 1090-2

Critère	Ecart maximal autorisé
Position d'un trou de fixation au sein d'un groupe : 	$\Delta = \pm 2 \text{ mm}$
Position d'un groupe de trous de fixation : 	$\Delta = \pm 2 \text{ mm}$
Espacement de deux groupes de trous de fixation dans le cas général : 	$\Delta = \pm 5 \text{ mm}$
Espacement de deux groupes de trous de fixation permettant le raccordement d'une pièce unique : 	$\Delta = \pm 2 \text{ mm}$

L'usage d'un gabarit ou d'un montant témoin permet de vérifier le bon positionnement des trous au sein d'un même groupe. L'espacement de deux groupes de fixations peut être vérifié par mesurage.

Le perçage du support par l'entreprise titulaire du lot garde-corps devra également suivre les tolérances données au Tableau 6. La protection contre la corrosion des pièces en acier doit être rétablie partout où elle a pu être dégradée lors des opérations de mise en œuvre du garde-corps.

■ Cas d'un support en acier existant

Une investigation sur site doit permettre de déceler toute trace de désordre sur le support existant, telle que des plastifications, fissures ou zones corrodées. Les déformations excessives témoignent que le support a subi (ou subit encore) une sollicitation d'une intensité importante et s'est déformé au-delà de ce qui a été prévu lors de la conception. Il s'agit donc d'étudier la nécessité de renforcement avant la mise en œuvre du nouveau garde-corps.

La présence de fissures peut être le signe d'une surcharge, d'un choc, ou même de fatigue dans certaines situations. Il convient d'en rechercher les

origines, lorsque c'est possible. Seules les fissures les plus grandes peuvent être détectées par contrôle visuel, une détection des fissures débouchantes de faibles dimensions peut être réalisée par ressuage. La résistance d'un support métallique fissuré peut être nettement réduite ; il convient donc d'envisager un renforcement.

Enfin, la présence de corrosion peut témoigner d'une inadéquation, du vieillissement ou de la dégradation de la protection du support. Si la corrosion est surfacique (perte de matière limitée), la rouille doit être éliminée (par brossage, sablage, etc.) avant la mise en œuvre d'une nouvelle protection. En cas de perte de matière importante, un renforcement doit être envisagé.

En fonction de la documentation disponible sur la construction originale, les caractéristiques chimiques et mécaniques peuvent être connues ou non. Si nécessaire, un prélèvement de l'acier du support existant peut être effectué afin de le caractériser. Les caractéristiques mécaniques principales (limite d'élasticité, résistance ultime, allongement à rupture) peuvent être obtenues par un essai de traction suivant la NF EN ISO 6892-1.

La vérification de la bonne soudabilité du support est nécessaire si un soudage du garde-corps ou de renfort est envisagé.

5.4.5 Support en bois

5.4.5.1 NATURE DES SUPPORTS

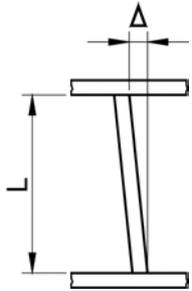
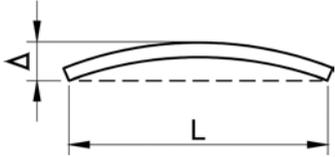
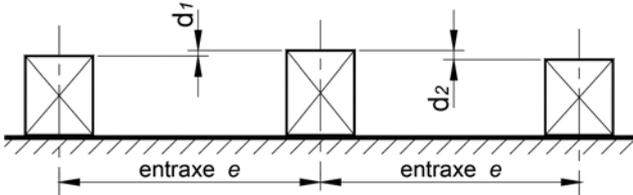
Les supports en bois visés sont :

- les structures bois de type poteau-poutre et les solivages de plancher conformes au NF DTU 31.1, situés en intérieur ou en extérieur ;
- les murs de façade et refends et les planchers intérieurs, constitués d'éléments d'ossature en bois espacés au maximum de 600 mm et de panneaux à base de bois, conformes au NF DTU 31.2 ;
- les façades ossature bois non porteuses, visées par les Recommandations Professionnelles RAGE (2013) ;
- les murs de façade et refends et les planchers intérieurs constitués de panneaux bois massifs contrecollés sous Avis Technique, situés en intérieur.

5.4.5.2 TOLÉRANCES, ACCEPTATION DU SUPPORT

Les principales tolérances d'exécution de ces ouvrages prescrites dans ces référentiels techniques, ainsi que celles données au § 10 de la NF EN 1995-1-1 (EC5), sont reprises ci-dessous.

Tableau 7 – Principales tolérances des supports bois

	Ecart admissible	Référentiel
Cotes d'implantation et grande dimension des ouvrages	$\Delta \leq \min(0,1 \% \text{ Dim} ; 30 \text{ mm})$	NF DTU 31.1 P1-1 § 7.7.2
Cotes d'altimétrie au niveau des appuis	$\Delta \leq 10 \text{ mm}$	
Aplomb 	$\Delta \leq \min(2,5 \text{ mm/m} ; 25 \text{ mm})$	
Rectitude d'une poutre ou d'un poteau 	$\Delta \leq L/300$ pour bois massif $\Delta \leq L/500$ pour BLC et LVL	NF EN 1955-1-1 § 10.2
Ecart de niveau entre solives (Mesuré sur trois solives consécutives) 	$\max(d_1, d_2) \leq \min(1/50e; 5 \text{ mm})$	NF DTU 31.1 P1-1 § 7.7.2

5.4.5.3 CAS D'UN SUPPORT EN BOIS EXISTANT

Le diagnostic technique décrit au § 5.4.2 doit notamment permettre de définir les conditions de faisabilité de l'ancrage des garde-corps sur un support bois existant, en présentant notamment :

- les dimensions effectives des pièces porteuses (section efficace, longueur, entraxe) et leur mode d'assemblage ;
- l'identification de l'essence et l'évaluation de la qualité mécanique du bois ;
- la vérification du dimensionnement des éléments porteurs et de leurs assemblages ;
- le contrôle de l'adéquation entre les conditions effectives d'humidification et la durabilité du bois ;
- dans le cas où des pathologies d'origine biologique sont constatées, des solutions pour la suppression des causes et des prescriptions de traitement curatif ;
- des préconisations de remplacement ou renforcement localisé d'élément porteur défectueux (dégradé et/ou sous-dimensionné).

5.4.6 Support en béton

Un support neuf en béton doit respecter les exigences du DTU 21 « Exécution des structures en béton » et de l'Eurocode 2 (NF EN 1992-1-1 et son annexe nationale). Un guide sur les tolérances géométriques est fourni par l'Annexe G de la NF EN 13670/CN. Les écarts géométriques admissibles liés aux performances en service et compatible avec la mise en œuvre y sont inclus.

Tableau 8 – Principales tolérances des supports en béton

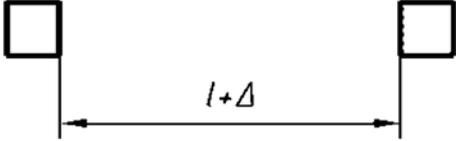
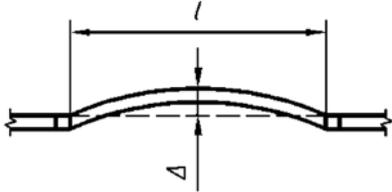
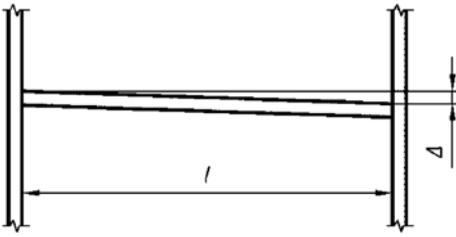
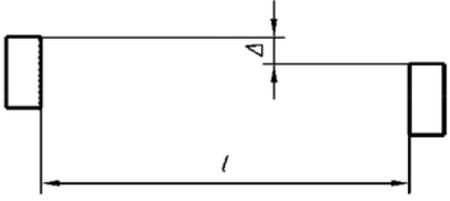
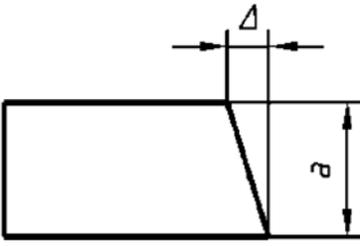
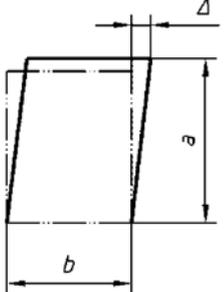
Type d'écart	Description	Ecart admissible Δ , Classe de tolérance 1
	Espace libre entre poteaux ou murs adjacents	La plus grande des deux valeurs ± 20 mm ou $\pm l/600$ Avec une limite supérieure égale à 60 mm
	Rectitude horizontale des poutres	La plus grande des deux valeurs ± 20 mm ou $l/600$
	Ecart de niveau entre les abouts d'une poutre ou d'une dalle	$\pm(10+l/500)$ mm
	Dénivellation entre poutres voisines mesurée en des points homologues	$\pm(10+l/500)$ mm
	Orthogonalité d'une section transversale rectangulaire. a = Longueur d'une des dimensions de la section	La plus grande des deux valeurs : $\pm 0.04a$ Ou ± 10 mm Limité à ± 20 mm
	Orthogonalité d'une section transversale rectangulaire	La plus grande des deux valeurs : $\pm a/25$ ou $\pm b/25$ limité à ± 30 mm

Tableau 8 – Principales tolérances des supports en béton (suite)

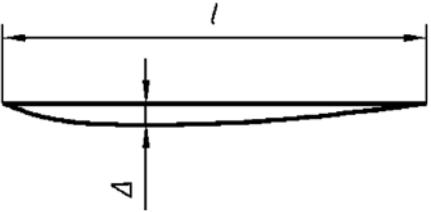
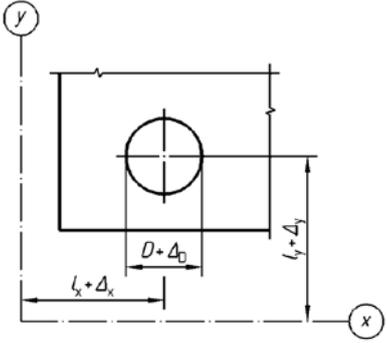
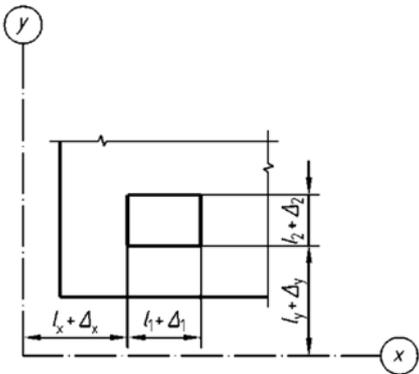
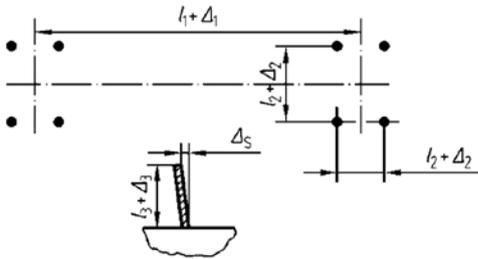
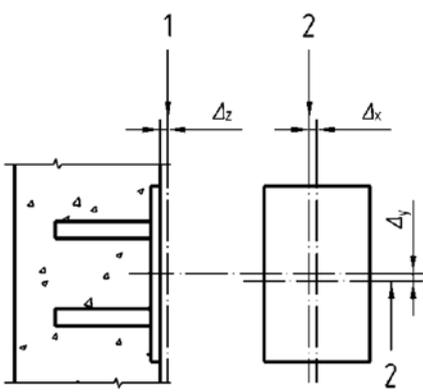
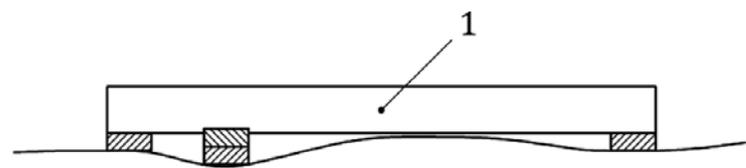
Type d'écart	Description	Ecart admissible Δ , Classe de tolérance 1
	Rectitude d'arrête Pour longueurs : $l \leq 1 \text{ m}$ $l > 1 \text{ m}$	$\pm 8 \text{ mm}$ $\pm 8 \text{ mm/m}$, limité à $\pm 20 \text{ mm}$
 <p>Légende Δ_x et Δ_y = écarts par rapport aux axes x et y Δ_D = écart sur le diamètre</p>	Réservations et inserts cylindriques : Δ_x et Δ_y Δ_D	$\pm 25 \text{ mm}$ $\pm 10 \text{ mm}$ sauf préconisations différentes dans les spécifications d'exécution
 <p>Légende Δ_x et Δ_y = écarts par rapport aux axes x et y Δ_1 et Δ_2 = écarts sur les dimensions de la réservation En variante, la mesure peut être faite par rapport à l'axe</p>	Réservations $\Delta_x \Delta_y \Delta_1 \Delta_2$	$\pm 25 \text{ mm}$ Sauf préconisations différentes dans les spécifications d'exécution
 <p>Légende l_1 = distance en groupes de tiges l_2 = distance entre tiges dans un groupe l_3 = longueur libre de la tige</p>	Tiges d'ancrage pré-scellées et inserts similaires. Implantation de tiges et d'un groupe de tiges. Entraxe entre les tiges d'un groupe. Ecart sur la longueur libre. Inclinaison	$\Delta_1 = \pm 10 \text{ mm}$ $\Delta_2 = \pm 3 \text{ mm}$ Δ_3 compris entre -5 mm et $+25 \text{ mm}$ $\Delta_s = \max(5 \text{ mm} ; l_3/200)$ sauf préconisations différentes dans les spécifications d'exécution

Tableau 8 – Principales tolérances des supports en béton (suite)

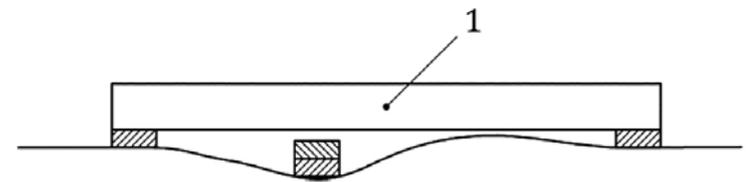
Type d'écart	Description	Ecart admissible Δ , Classe de tolérance 1
 <p>Légende 1 Position nominale en profondeur 2 Positions nominales en plan</p>	Plaques d'ancrage ou inserts similaires. Ecart en plan Ecart en profondeur	$\Delta_x, \Delta_y = \pm 20 \text{ mm}$ $\Delta_z = \pm 10 \text{ mm}$ sauf préconisations différentes dans les spécifications d'exécution

La vérification de l'état de surface s'effectue selon la Figure 6, à l'aide d'une règle de 2 m ou de 0,20 m posée sur des cales d'épaisseur égale à la tolérance.

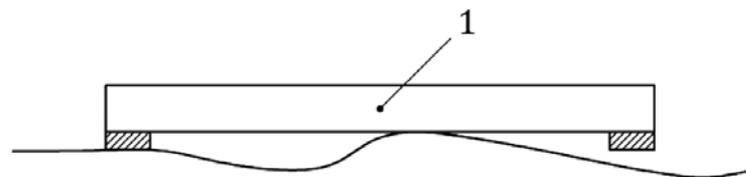
Figure 6 – Contrôle de planéité



a) Ouvrage conforme, pas de point de contact et les cales ne passent pas sous la règle



b) Ouvrage non conforme, flèche supérieure à la tolérance



c) Ouvrage non conforme, bosse supérieure à la tolérance

Légende

1 Règle de 2 m ou de 0,20 m posée sur cales d'épaisseur égale à la tolérance

Pour les surfaces coffrées, on distingue quatre qualités de parements de béton (voir Tableau 9). En l'absence de toute indication des DPM, les parements ordinaires sont retenus. Cependant, les surfaces exposées à la pluie doivent, lorsqu'elles sont destinées à rester brutes ou à être revêtues d'une peinture, correspondre à un parement soigné.

Tableau 9 – Planéité et texture des parements

Parements	Planéité d'ensemble rapportée à la règle de 2 m	Planéité locale – hors joints – rapportée à un réglet de 0,20 m (creux maximal sous ce réglet)	Texture (selon le FD P 18-503)
Elémentaire	Pas de spécification particulière	Pas de spécification particulière	P(0) E(0,0,0)
Ordinaire	15 mm	6 mm	P(1) E(1,1,0)
Courant	8 mm (7 mm*)	3 mm (2 mm*)	P(2) E(1,1,1)
Soigné	5 mm	2 mm	P(3) E(2,2,2)

(*) en cas de revêtements, selon le NF DTU 21 P1-1

Les spécifications concernant l'état de surface des dalles et planchers sont données par la NF DTU 21 P1-1. Elles sont définies comme suit.

Tableau 10 – Etat de surface des dalles et planchers selon le NF DTU 21 P1-1

Etat de surface	Planéité d'ensemble rapportée à la règle de 2 m	Planéité locale – hors joint – rapportée à un réglet de 0,2 m (creux maximal sous ce réglet)
Brut de règle	15 mm	Pas de spécification particulière
Surfacé	10 mm	3 mm
Lissé	7 mm	2 mm

En l'absence de toute indication des DPM, l'état de surface est considéré comme « surfacé ».

■ Cas d'un support en béton existant

Une investigation sur site doit permettre de déceler toute trace de désordre sur le support existant telle que des fissures excessives, un enrobage insuffisant ou des zones corrodées afin d'autoriser ou pas l'ancrage d'un garde-corps.

En cas d'utilisation de chevilles pour ancrage dans un support en béton existant, il est recommandé de réaliser des essais sur chantier lorsque les caractéristiques du support, en particulier la classe de résistance du béton, ne sont pas connues dans le but d'évaluer les performances des chevilles dans ce support. Il s'agit d'essais concernant les chevilles à mettre en œuvre dont les résultats sont utiles à la conception des ancrages. Ces essais sont à réaliser en suivant les recommandations professionnelles sur le chevillage – recommandations pour la réalisation d'essais de chevilles sur site (ou sur chantier) du CISMA. Les résultats d'essais doivent être interprétés par le fabricant de chevilles. Ils ne concernent pas les essais de chevilles déjà posées ni les essais de réception.

NOTE

Il est indispensable de vérifier la capacité d'un support existant en béton à reprendre les charges d'un garde-corps en béton, d'autant plus s'il s'agit de le positionner en extrémité de balcon.

5.5 Fixations et ancrage

5.5.1 Fixations et ancrage dans un support métallique

Les produits constitutifs doivent être choisis parmi les produits conformes aux spécifications suivantes et en accord avec les prescriptions du fabricant de fixation. Des boulons de construction métallique peuvent être utilisés pour ancrer le garde-corps dans un support métallique.

Les boulons non précontraints de construction métallique de diamètre supérieur à 12 mm doivent être conformes à la NF EN 15048. La NF EN 1090-2/CN donne des exigences complémentaires pour l'usage des boulons M8 et M10. De façon générale, les fixations doivent présenter une résistance à la corrosion au moins équivalente à celle des éléments de la structure du garde-corps. Le Tableau 11 donne des recommandations de fixation en fonction de la corrosivité de l'environnement (suivant la NF EN ISO 9223).

Tableau 11 – Fixation recommandée suivant la classe de corrosivité

Type de fixation	Classe de corrosivité suivant NF EN ISO 9223 ^a					
	C1	C2	C3	C4	C5	CX
Fixation revêtue par peinture suivant NF EN ISO 12944	Selon complexe de peinture (voir Tableau 25)					
Fixation électro-zinguée suivant NF EN ISO 4042 et fixation non revêtue	●	○	–	–	–	–
Fixation revêtue par zinc lamellaire suivant NF EN ISO 10683	●	●	○	–	–	–
Fixation galvanisée suivant NF EN ISO 10684	●	●	●	○	–	–
Fixation en acier inoxydable A2 suivant NF EN ISO 3506	●	●	●	○	–	–
Fixation en acier inoxydable A4 suivant NF EN ISO 3506	●	●	●	●	●	○

● Conception adaptée
 ○ Etude spécifique
 – Conception non adaptée
^a Les classes de corrosivité sont décrites en Annexe B du présent guide

L'emploi de fixations dans un matériau métallique différent de celui des éléments composant le garde-corps (ou le support métallique) doit faire l'objet de précautions particulières visant à éliminer le risque de corrosion galvanique. Le Tableau 12 donne des recommandations d'association entre fixation et élément du garde-corps.

Tableau 12 – Association recommandée entre fixation et éléments du garde-corps

Matériau de l'élément du garde-corps en contact avec la fixation	Matériau de la fixation		
	Non revêtue (ou peinte par la suite)	Revêtement Zinc	Acier inoxydable
Acier au carbone non protégé	● ^a	–	● ^a
Acier au carbone avec revêtement zinc	● ^a	●	●
Acier au carbone avec revêtement par peinture^b	○	●	●
Acier inoxydable	–	–	●
Aluminium, ou acier au carbone avec revêtement aluminium	–	○	●

● Conception adaptée
 ○ Etude spécifique
 – Conception non adaptée
^a Association acceptable dans la mesure où l'environnement est compatible avec l'usage d'un élément non protégé ou d'une fixation non protégée.
^b Le revêtement par peinture permet le découplage galvanique entre élément et fixation. Cependant, des précautions doivent être prises lors de la mise en œuvre pour éviter de dégrader la peinture en zone d'assemblage.

Pour les associations non recommandées, il est possible d'isoler les deux métaux, par exemple par l'interposition d'un élément isolant (nylon, PTFE, etc.).

5.5.2 Fixation et ancrage dans un support Bois

L'ancrage du garde-corps dans un support bois s'effectue à l'aide :

- d'organes de fixation (vis, tirefonds ou boulons) pour structures en bois ;
- de connecteurs métalliques (pied de poteau, équerres, platines...).

Les prescriptions sur les différents éléments d'assemblage pouvant être utilisés sont détaillées au § 7.1.5.

La justification de la résistance des assemblages est à établir conformément à l'Eurocode 5.

Celui-ci définit notamment les distances minimales aux bords et entre organes de fixation à respecter en fonction du type et du diamètre des organes et de l'orientation de l'effort par rapport au fil du bois.

Il convient de s'assurer de la capacité des organes de fixation, utilisés pour ancrer le garde-corps dans le support bois, à résister aux efforts axiaux (traction / compression) et aux efforts latéraux (cisaillement) transmis par l'assemblage.

Ceux-ci dépendent de la disposition des organes et des possibilités de rotation de l'assemblage :

- Les efforts dans les organes de fixation de l'ancrage, permettant de s'opposer à la rotation de l'assemblage sous la charge horizontale sur la main courante, sont fonction de leur distance respective au centre de rotation de l'assemblage ;
- La position du centre de rotation de l'assemblage est liée à la possibilité de reprise d'effort par contact entre l'élément assemblé et le support.

Lorsque la platine d'ancrage ou le montant sont directement plaqués sur le support bois, une partie de l'effort est repris par la butée pour s'opposer à la rotation.

En l'absence de butée, comme dans le cas où des rondelles de désolidarisation sont interposées entre la platine ou le montant et le support bois, le centre de rotation est le centre géométrique des organes de fixation.

Pour l'exécution des assemblages, les prescriptions du § 10.4 « Assemblages réalisés par organes mécaniques » de la NF EN 1995-1-1 doivent être respectées. Notamment :

- Pour les fixations par boulons, le diamètre des trous dans le bois ne doit pas excéder celui du boulon de plus d'1 mm et le diamètre des percements dans les plaques métalliques ne doit pas excéder celui du boulon de plus de 2 mm ou 0,1 d (en considérant la valeur maximale) ;
- Les boulons doivent être montés avec des rondelles de diamètre au minimum égal à 3 d et d'épaisseur au minimum égale à 0,3 d ;
- Pour les fixations par vis ou tire-fonds avec avant-trou, le diamètre du trou de guidage pour la partie fileté doit être approximativement égal à 70 % du diamètre de la partie lisse ;
- Les organes de fixation doivent être ajustés de telle sorte que les éléments s'assemblent précisément, et il convient qu'ils soient resserrés si nécessaire lorsque le bois a atteint son humidité d'équilibre afin de s'assurer que la capacité résistante et la rigidité de l'assemblage soient maintenues.

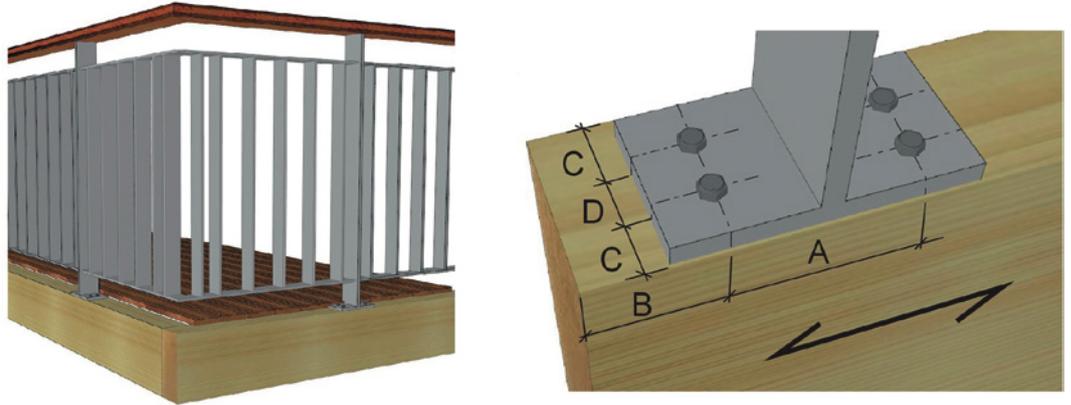
5.5.2.1 ANCRAGE DANS LES PORTEURS HORIZONTAUX

Les porteurs horizontaux peuvent être des solives de plancher, des poutres ou des dalles en panneaux bois massif lamellé-croisé.

■ Ancrage sur le plancher ou « pose à la française » :

L'ancrage est fixé en surface de l'élément structural de plancher par l'intermédiaire de connecteurs métalliques (platines, équerres, pieds de poteau) et organes de fixation.

Figure 7 – Ancrage en face supérieure du porteur horizontal (« pose à la française »)



Sous la charge horizontale agissant sur la main courante, les organes de fixation de l'ancrage en pied de poteau sont sollicités en traction/compression et en cisaillement de direction perpendiculaire au fil du bois ($\alpha = 90^\circ$) de la poutre support.

Les valeurs minimales d'espacements entre organes de fixations et de distances aux bords du support bois à respecter, telles qu'illustrées sur la figure ci-dessus, sont données dans le tableau suivant, pour les vis, tire-fonds et boulons.

Tableau 13 – Valeurs minimales d'espacements entre organes de fixation et de distances aux bords du support bois

	Vis, tire-fonds (diamètre ≤ 6 mm)			Boulons, Vis et tire-fonds (diamètre > 6 mm)
	sans avant-trou		avec avant-trou	
	Masse volumique bois ρ_k			
	$\rho_k \leq 420$ kg/m ³	$420 < \rho_k \leq 500$ kg/m ³		
A Entraxe suivant fil	7 d, si $d < 5$ mm 8,4 d, si $d \geq 5$ mm	10,5 d	3,5 d	4 d
B Distance extrémité non chargée	10 d	15 d	7 d	7 d
C Distance rive chargée	7 d, si $d < 5$ mm 10 d, si $d \geq 5$ mm	9 d, si $d < 5$ mm 12 d, si $d \geq 5$ mm	5 d, si $d < 5$ mm 7 d, si $d \geq 5$ mm	4 d
D Entraxe \perp fil	3,5 d	4,9 d	2,8 d	4 d

Le respect de ces distances minimales conduit à une largeur minimale du support bois, donnée dans le tableau suivant pour quelques exemples, en fonction du type et du diamètre de l'organe de fixation.

Tableau 14 – Largeur minimale du support en fonction du type et diamètre de l'organe

Nombre file d'organes	Largeur minimale support	Vis, tire-fonds		Boulons		
		sans avant trou $\rho_k \leq 420 \text{ kg/m}^3$	avec avant trou			
		d = 4,5 mm	d = 5 mm	M10	M12	M14
1	2 C	63 mm	70 mm	80 mm	96 mm	112 mm
2	2C + D	79 mm	84 mm	120 mm	144 mm	168 mm

Compte tenu de la résistance de calcul (ELU) à la traction d'un assemblage bois/métal par boulon, des solutions pré-calculées d'assemblage donnant la largeur minimale du support sont présentées ci-dessous en fonction de la charge horizontale d'exploitation sur la main courante du garde-corps liée à la catégorie :

- Sans contact platine/support

Tableau 15 – Largeur minimale du support bois en fonction de la catégorie d'exploitation – ancrage sans contact platine/support

Fixations dans support bois C24		Largeur minimale du support bois (sans reprise d'effort par butée)					
		2 appuis			≥ 3 appuis		
Boulon	Nombre (files x fixations/ file=)	Cat. A et B	Cat. C et D (sauf C5)	Catégories C5	Cat. A et B	Cat. C et D (sauf C5)	Catégories C5
		0,6	1	3	0,6	1	3
M10	2 x 1 = 2	155	212				
M12		144	182		231		
M14		168	170		206	278	
M10	2 x 2 = 4	120	141	283	177	248	
M12		144	144	231	158	207	
M14		168	168	206	168	188	
M10	2 x 3 = 6	120	120	212	141	188	
M12		144	144	182	144	166	
M14		168	168	170	168	168	278

- Avec contact platine/support

Tableau 16 – Largeur minimale du support bois en fonction de la catégorie d'exploitation – ancrage avec contact platine/support

Fixations dans support bois C24		Largeur minimale du support bois (avec reprise d'effort par butée)					
		2 appuis			≥ 3 appuis		
Boulon	Nombre (files x fixations/ file=)	Cat. A et B	Cat. C et D (sauf C5)	Catégories C5	Cat. A et B	Cat. C et D (sauf C5)	Catégories C5
		0,6	1	3	0,6	1	3
M10	1 x 1 = 1	152	228				
M12		122	178		245		
M14		112	147		198	298	
M10	1 x 2 = 2	93	134		185	284	
M12		96	109	250	144	215	
M14		112	112	201	122	175	
M10	1 x 3 = 3	80	100	237	135	203	
M12		96	96	181	110	157	
M14		112	112	149	112	131	305

La « pose à la française » sur support bois n'est pas recommandée pour les ouvrages extérieurs car l'interface horizontale favorise le piégeage d'eau.

Des exemples de solutions de garde-corps bois ancrés en surface d'un plancher bois sont présentés au paragraphe 7.2.1.

5.5.2.1.1 Ancrage en nez de plancher ou « pose à l'anglaise » :

Le dispositif d'ancrage est fixé en applique sur la face latérale de l'élément porteur en nez de plancher.

Figure 8 – Ancrage en face latérale du porteur horizontal (« pose à l'anglaise »)



Les organes d'assemblage sont sollicités, en traction/compression sous la charge horizontale agissant sur la main courante, ou à un effort de cisaillement de direction perpendiculaire au fil du bois ($\alpha = 90^\circ$) de la poutre support sous la charge verticale.

Les espacements et distances minimales à respecter, tels qu'illustrés sur la figure ci-dessus, sont donnés dans le tableau suivant.

Tableau 17 – Valeurs minimales d'espacements entre organes de fixations et de distances aux bords du support bois

	Vis, tire-fonds (diamètre ≤ 6 mm)			Boulons, Vis et tire-fonds (diamètre > 6 mm)
	sans avant-trou		avec avant-trou	
	$\rho_k \leq 420 \text{ kg/m}^3$	$420 < \rho_k \leq 500 \text{ kg/m}^3$		
A Entraxe suivant fil	10 d*, si $d < 5$ mm 12 d*, si $d \geq 5$ mm	15 d*	5 d*	4 d
B Distance extrémité non chargée	10 d	15 d	7 d	7 d
C Distance rive chargée	7 d, si $d < 5$ mm 10 d, si $d \geq 5$ mm	9 d, si $d < 5$ mm 12 d, si $d \geq 5$ mm	5 d, si $d < 5$ mm 7 d, si $d \geq 5$ mm	4 d
D Entraxe \perp fil	5 d*	7 d*	4 d*	4 d**
E Distance rive non chargée	5 d	7 d	3 d	3 d

* dans le cas d'un assemblage bois/métal, ces valeurs minimales d'entraxe entre pointes, vis ou tire-fonds peuvent être multipliés par 0,7.
** 5d dans le cas d'un assemblage bois/bois

A titre d'exemple, pour un assemblage bois/métal, le respect de ces distances minimales conduit à une hauteur minimale du support bois donnée dans le tableau suivant en fonction du type et du diamètre de l'organe de fixation.

Tableau 18 – Hauteur minimale du support en fonction du type et du diamètre de l'organe

Nombre file d'organes	Hauteur minimale support	Vis, tire-fonds		Boulons		
		sans avant trou $\rho_k \leq 420 \text{ kg/m}^3$	avec avant trou			
		d = 4,5 mm	d = 5 mm	M10	M12	M14
1	C+E	54 mm	50 mm	70 mm	84 mm	98 mm
2	C+D+E	70 mm	64 mm	110 mm	132 mm	154 mm
3	C+2D+E	86 mm	78 mm	150 mm	180 mm	210 mm

Compte tenu de la résistance de calcul (ELU) à la traction d'un assemblage bois/métal par boulon, des solutions pré-calculées d'assemblage donnant la hauteur minimale du support sont présentées ci-dessous en fonction de la charge horizontale d'exploitation sur la main courante du garde-corps liée à la catégorie d'usage du bâtiment :

- Sans contact platine/support

Tableau 19 – Hauteur minimale du support bois en fonction de la catégorie d'exploitation – ancrage sans contact platine/support

Fixations dans support bois C24		Hauteur minimale du support bois (sans reprise d'effort par butée)					
Boulon	Nombre (files x fixations/ file=)	2 appuis			≥ 3 appuis		
		Cat. A et B	Cat. C et D (sauf C5)	Catégories C5	Cat. A et B	Cat. C et D (sauf C5)	Catégories C5
		0,6	1	3	0,6	1	3
M10	2 x 1 = 2	162	227				
M12		147	190		248		
M14		168	176		217	304	
M10	2 x 2 = 4	120	146		186	271	
M12		144	144	249	163	219	
M14		168	168	217	168	196	
M10	2 x 3 = 6	120	120	227	146	200	
M12		144	144	191	144	172	
M14		168	168	176	168	168	304

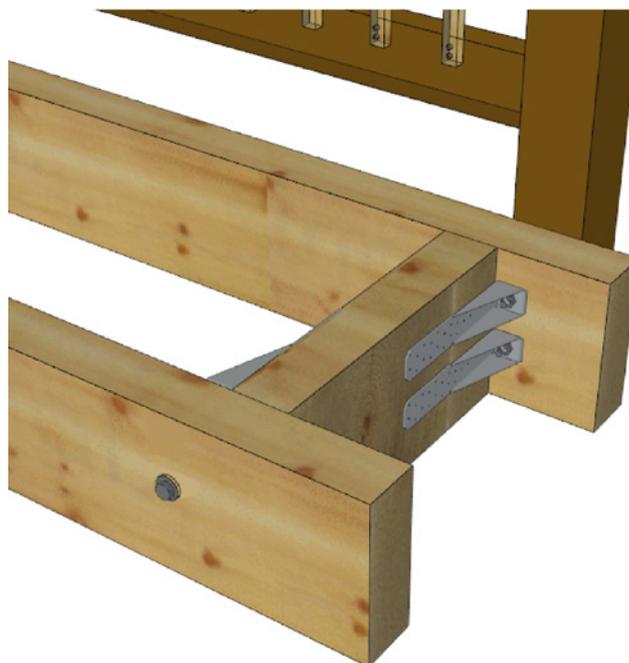
- Avec contact ferrure/support

Tableau 20 – Hauteur minimale du support bois en fonction de la catégorie d'exploitation – ancrage avec contact platine/support

Fixations dans support bois C24		Hauteur minimale du support bois (avec reprise d'effort par butée)					
Boulon	Nombre (files x fixations/ file=)	2 appuis			≥ 3 appuis		
		Cat. A et B	Cat. C et D (sauf C5)	Catégories C5	Cat. A et B	Cat. C et D (sauf C5)	Catégories C5
		0,6	1	3	0,6	1	3
M10	1 x 1 = 1	157	240				
M12		125	184		257		
M14		108	152		206	315	
M10	1 x 2 = 2	95	138		190	297	
M12		84	111	260	149	223	
M14		98	98	208	125	181	
M10	1 x 3 = 3	74	102	245	138	209	
M12		84	87	187	112	162	
M14		98	98	154	98	135	320

Il convient également de s'assurer que l'élément porteur présente une section transversale suffisamment importante pour constituer un support rigide. Dans le cas contraire, il est nécessaire de prévoir des dispositifs de renfort permettant de répartir ou transférer les efforts sur des éléments apportant une plus grande rigidité (entretoises, blocs de calage et connecteurs).

Figure 9 – Exemple de renfort du support par entretoise et connecteur métallique



La « pose à l'anglaise » est à retenir pour les ouvrages extérieurs sur support bois car l'interface verticale favorise l'écoulement de l'eau.

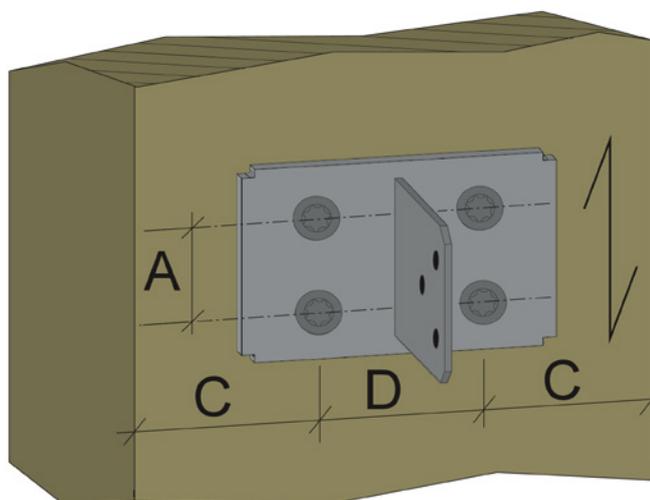
Des dispositions adaptées doivent toutefois être prises pour assurer au maximum la salubrité du bois en limitant les piègeages d'eau. Des exemples de solutions sont présentés au § 7.2.2 « Maitrise de la durabilité des garde-corps extérieurs ».

5.5.2.2 ANCRAGE DANS LES PORTEURS VERTICAUX

Les porteurs verticaux peuvent être des poteaux, des montants de murs ou de façades ossature bois ou des murs en panneaux bois massif lamellé-croisé.

L'ancrage est fixé par l'intermédiaire de connecteurs métalliques (équerres, étriers) et organes de fixation.

Figure 10 – Ancrage en face latérale du porteur vertical



Dans le porteur vertical, les organes de fixation de l'ancrage sont sollicités en cisaillement de direction perpendiculaire au fil du bois ($\alpha = 90^\circ$) sous la charge horizontale, et de direction parallèle au fil du bois ($\alpha = 0^\circ$) sous la charge verticale.

Les espacements et distances minimales à respecter, tels qu'illustrés sur la figure ci-dessus, sont donnés dans le tableau suivant.

Tableau 21 – Valeurs minimales d'espacements entre organes de fixations et de distances aux bords du support bois

	Vis, tire-fonds (diamètre ≤ 6 mm)			Boulons, Vis et tire-fonds (diamètre > 6 mm)
	sans avant-trou		avec avant-trou	
	$\rho_k \leq 420$ kg/m ³	$420 < \rho_k \leq 500$ kg/m ³		
A Entraxe suivant fil	7 d, si $d < 5$ mm 8,4 d, si $d \geq 5$ mm	10,5 d	3,5 d	4 d
C Distance rive chargée	7 d, si $d < 5$ mm 10 d, si $d \geq 5$ mm	9 d, si $d < 5$ mm 12 d, si $d \geq 5$ mm	5 d, si $d < 5$ mm 7 d, si $d \geq 5$ mm	4 d
D Entraxe \perp fil	5 d	7 d	4 d	4 d

A titre d'exemples, le respect de ces distances minimales conduit à une largeur minimale du support bois donnée dans le tableau suivant en fonction du type et du diamètre de l'organe de fixation.

Tableau 22 – Largeur minimale du support en fonction du type et du diamètre de l'organe

Nombre file d'organes	Hauteur minimale support	Vis, tire-fonds					
		sans avant trou				avec avant trou	
		$\rho_k \leq 420$ kg/m ³		$420 < \rho_k \leq 500$ kg/m ³			
		d = 3,5 mm	d = 5 mm	d = 3,5 mm	d = 5 mm	d = 3,5 mm	d = 5 mm
1	2C	49 mm	100 mm	63 mm	120 mm	35 mm	70 mm
2	2C+D	66,5 mm	125 mm	87,5 mm	155 mm	49 mm	90 mm

5.5.3 Ancrage et fixations dans un support béton

■ Chevilles métalliques pour l'ancrage dans un support béton

Des chevilles métalliques peuvent être utilisées pour l'ancrage des garde-corps métalliques dans un support en béton. Cela correspond à une application non structurale et de sécurité, selon les recommandations professionnelles sur le chevillage, publiées par le CISMA (2014).

Les chevilles sous Evaluation Technique Européenne (ETE) selon DEE 330076-00-0604, DEE 330232-00-0601 ou DEE 330499-00-0601 pour le support béton et les chevilles sous Evaluation Technique Européenne (ETE) selon DEE 330076-00-0604 ou DEE 330076-00-0604 pour les supports maçonnés sont réputées satisfaisantes.

Pour les garde-corps mis en œuvre à l'extérieur, les chevilles utilisées dans les supports en béton doivent être au minimum en acier inoxydable A4. Les chevilles en acier inoxydables A8 (dite HCR) sont adaptées aux environnements les plus agressifs, comme les piscines.

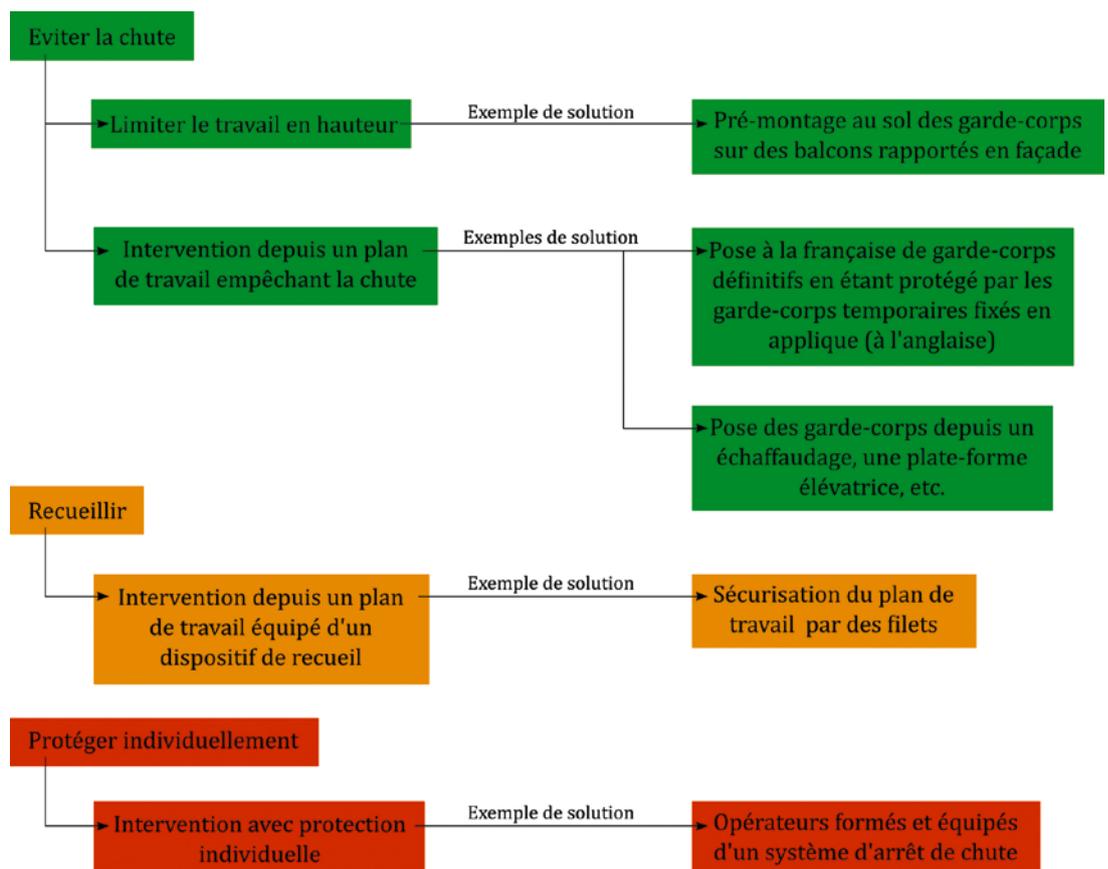
5.6 Sécurité lors de la mise en œuvre

Le garde-corps est, par nature, un élément de protection contre les chutes de hauteur. Sa mise en œuvre implique donc le respect des principes généraux de la protection des opérateurs contre ce risque. La Figure 11 propose une synthèse des principes de la protection contre les chutes de hauteur (d'après la fiche OPPBTP B1 F 01 17).

NOTE

De nombreux articles du Code du Travail concernent les mesures de sécurité à mettre en œuvre concernant le risque de chute, notamment R. 4534-3 et suivants (chutes de personnes), R. 4534-85 et suivants (Travaux sur toitures), R. 4334-95 et suivants (Montage, démontage et levage des charpentes et ossatures), etc.

Figure 11 – Principe de la protection contre les chutes de hauteur et exemples de solutions pour la mise en œuvre de garde-corps





6.1 Matériaux

6.1.1 Structure du garde-corps (main-courante, montants et platines)

■ Acier de construction métallique non allié

Sauf spécifications contraires dans les Documents Particuliers du Marché (DPM), les nuances et qualités d'acier de construction métallique utilisées doivent être conformes aux spécifications de la NF EN 10025.

Les nuances d'acier supérieures à S355, ainsi que les aciers de construction métallique à résistance améliorée à la corrosion atmosphérique (acier autopatinable) suivant la NF EN 10025 partie 5, ne sont pas visés par le présent guide.

L'acier de construction métallique non allié peut être utilisé pour des applications extérieures, à condition de faire l'objet d'une protection adéquate contre la corrosion. Cette protection peut être obtenue par :

- Galvanisation à chaud suivant les NF EN ISO 1461 et NF EN ISO 14713 ;
- Projection thermique de zinc (Zn99,99), aluminium (Al99,5) ou alliage Zinc Aluminium (ZnAl15) (métallisation) suivant les NF EN ISO 2063, NF EN ISO 12670 et NF EN ISO 12679 ;
- Peinture suivant la série NF EN ISO 12944.

La peinture peut également être mise en œuvre sur l'un des deux autres revêtements métalliques, ce qui aboutit à une meilleure protection combinée. Les conditions de corrosivité et la durabilité visée doivent être considérées dans le choix de la protection mise en œuvre.

■ NOTE

Compte tenu des dispositions adaptées à un usage en classe de corrosivité supérieure à C4, il est recommandé de privilégier l'acier inoxydable ou l'alliage d'aluminium dans ces environnements par rapport à un acier au carbone protégé.

Les recommandations pour la protection par galvanisation à chaud, en fonction de la catégorie de corrosivité de l'environnement selon la NF EN ISO 9223, sont données dans le Tableau 23.

Tableau 23 – Recommandations pour la galvanisation à chaud

Épaisseur de zinc déposé par immersion (NF EN ISO 1461)	Classe de corrosivité suivant NF EN ISO 9223 ^a					
	C1	C2	C3	C4	C5	CX
Galvanisation à chaud 85µm	●	●	●	○	○	–
Galvanisation à chaud 140µm	●	●	●	●	○	○
Galvanisation à chaud 200µm	●	●	●	●	○	○

● Conception adaptée
○ Etude spécifique
– Conception non adaptée
^a Les classes de corrosivité sont décrites en Annexe B du présent guide

Les recommandations pour la protection par projection thermique de zinc, aluminium ou alliage ZnAl15, en fonction de la classe de corrosivité de l'environnement selon la NF EN ISO 9223, sont données dans le Tableau 24.

Tableau 24 – Recommandations pour la projection thermique de Zn, Al ou ZnAl15 (métallisation)

Métal déposé par projection et épaisseur (NF EN ISO 2063)	Classe de corrosivité suivant NF EN ISO 9223 ^a					
	C1	C2	C3	C4	C5	CX
Zinc 80µm ou 50µm+oc ^b ZnAl15 80µm ou 50µm+oc ^b	●	○	–	–	–	–
Zinc 150µm ou 80µm+oc ^b Aluminium 150µm ZnAl15 150µm ou 80µm+oc ^b	●	●	○	○	–	–
Zinc 100µm+oc ^b Aluminium 250µm ou 200µm+oc ^b ZnAl15 200µm ou 100µm+oc ^b	●	●	●	●	○	○

● Conception adaptée
○ Etude spécifique
– Conception non adaptée
^a Les classes de corrosivité sont décrites en Annexe B du présent guide
^b Avec revêtement organique (oc = organic coating)

Les recommandations pour la protection d'acier nu par peinture, en fonction de la classe de corrosivité de l'environnement selon la NF EN ISO 9223, sont données dans le Tableau 25.

Tableau 25 – Recommandations pour la peinture (type de primaire et épaisseur sèche nominale du complexe)

Primaire et épaisseur sèche nominale du complexe (NF EN ISO 12944)	Classe de corrosivité suivant NF EN ISO 9223 ^a					
	C1	C2	C3	C4	C5	CX
Acrylique 160µm Epoxy ou PU ^b 120µm Epoxy ou PU ^b riche en Zinc 60µm	●	○	○	–	–	–
Acrylique 200µm Epoxy ou PU ^b 180µm Epoxy ou PU ^b riche en Zinc 160µm	●	●	○	○	–	–
Acrylique 260µm Epoxy ou PU ^b 240µm Epoxy ou PU ^b riche en Zinc 200µm	●	●	●	○	○	–
Epoxy ou PU ^b 300µm Epoxy ou PU ^b riche en Zinc 260µm	●	●	●	●	○	○

● Conception adaptée
○ Etude spécifique
– Conception non adaptée
^a Les classes de corrosivité sont décrites en Annexe B du présent guide
^b PU = Polyuréthane

■ Acier inoxydable

Les alliages à utiliser doivent être conformes aux normes NF EN 10088-2 et 3 et leur choix conforme à la norme NF P 24-351.

La nuance 1.4301 suivant la NF EN 10088 (X5CrNi18-10 – équivalente à AISI 304) et autres nuances présentant une résistance équivalente à la corrosion atmosphérique sont généralement adaptées aux zones rurale et urbaine présentant des conditions de corrosion faible à moyenne (jusqu'à la catégorie C3 incluse, suivant la NF EN ISO 9223). L'utilisation de telles nuances pour des environnements plus agressifs doit être spécifiquement justifiée.

Alternativement, les nuances présentant une résistance à la corrosion supérieure, telles que 1.4401 suivant la NF EN 10088 (X5CrNiMo17-12-2 – équivalente à AISI 316) peuvent généralement être utilisées dans des environnements plus agressifs (C4 ou C5 selon la NF EN ISO 9223). Pour certains environnements particulièrement agressifs (polluants particuliers, piscine, etc.), il convient de mener une étude spécifique pour sélectionner la nuance d'acier inoxydable adéquate.

L'emploi d'éléments en acier inoxydable en contact avec des éléments en acier de construction métallique ou en aluminium doit faire l'objet de précautions particulières visant à éliminer les risques de corrosion galvanique. Le cas échéant, il convient d'isoler les deux métaux, par exemple par l'interposition d'un élément isolant (nylon, PTFE, etc.) ou d'un revêtement spécifiquement choisi.

■ Alliage d'aluminium

Les alliages d'aluminium utilisés pour les produits corroyés doivent avoir une composition chimique conforme à la norme NF EN 573-3 et des caractéristiques conformes aux normes NF EN 755-1 et 2.

Les tolérances sur dimensions sont conformes à la norme NF EN 755-9 ou NF EN 12020-1 et 2.

Les alliages d'aluminium utilisés doivent avoir une teneur en cuivre inférieure à 1 %.

Les alliages d'aluminium utilisés pour les tôleries aluminium sont généralement des séries AW 1 000, AW 3 000 ou AW 5 000 de compositions chimiques conformes à la norme NF EN 573-3 et de caractéristiques mécaniques conformes à la norme NF EN 485-2.

Les caractéristiques des tôles et bandes prélaquées sont conformes à la norme NF EN 1396.

Les traitements de surface des profilés ou tôleries aluminium visible par anodisation ou thermo laquage doivent respecter les préconisations de la norme NF P 24-351.

NOTE 1

Les labels « QUALICOAT », « QUALIMARINE » et « QUALANOD » ou leur équivalent vaut la preuve de la conformité du traitement à la norme NF P 24-351.

NOTE 2

Afin de pouvoir réaliser des traitements de surface des profilés dans des conditions optimales, il est recommandé d'utiliser les alliages 6060 ou 6063 de « qualité bâtiment » dont la composition chimique doit être conforme à :

- une teneur en cuivre $\leq 0,02$ % ;
- une teneur en plomb $\leq 0,02$ % ;
- une teneur en silicium de 0,3 % à 0,55 %.

L'emploi d'éléments en aluminium en contact avec des éléments en acier de construction métallique (au carbone) ou en acier inoxydable doit faire l'objet de précautions particulières visant à éliminer les risques de corrosion galvanique. Le cas échéant, il convient d'isoler les deux métaux, par exemple par l'interposition d'un élément isolant (nylon, PTFE, etc.) ou d'un revêtement spécifiquement choisi.

6.1.2 Remplissage

■ Remplissage métallique

Les remplissages métalliques doivent respecter les dispositions géométriques de sécurité décrites au paragraphe 5.1.2 du présent document. Les remplissages métalliques peuvent être constitués de :

- Barreaudage (voir Figure 12 (a)) ;
- tôles (perforées ou non) (voir Figure 12(b)) ;
- métal déployé ;
- etc.

Les matériaux utilisables sont les mêmes que ceux décrits au paragraphe 6.1.1. La conception des remplissages métalliques a une influence sur la performance de la protection anticorrosion (voir le paragraphe 6.2.4).

Figure 12 – Exemples de remplissage métallique



(a) barreaudage métallique



(b) tôle perforée

■ Remplissage par produit verrier

Les remplissages par produit verrier doivent respecter les exigences du FD DTU 39 P5. Les verres feuilletés à intercalaires PVB classés 1B1 selon la NF EN 12600 ou à intercalaires d'autre nature classés 1B1 selon la NF EN 12600 et P1A selon la NF EN 356 sont autorisés.

Les verres trempés monolithiques classés 1C1 selon la NF EN 12600 sont autorisés uniquement en association avec une protection résiduelle conformément à la NF P01-012.

NOTE

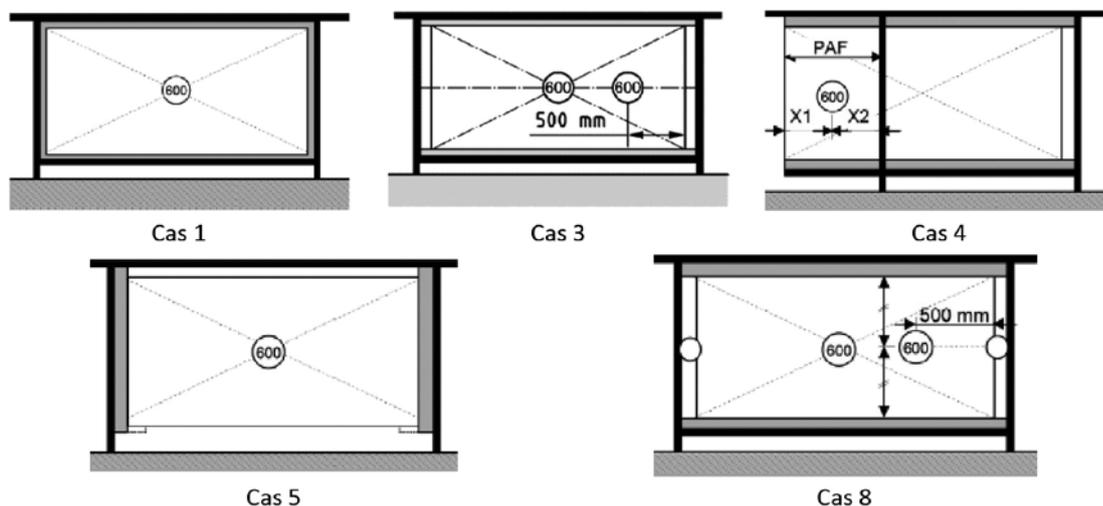
Une protection résiduelle telle que définie dans la norme NF P01-012 permet de signaler un vide au sein du garde-corps et constitue un palliatif pendant le délai nécessaire au rétablissement des conditions normales de sécurité. La protection résiduelle doit offrir une protection équivalente à celle constituée par une lisse supérieure à 1 m de hauteur, une lisse médiane à 0,45 m de hauteur et une lisse basse à une hauteur comprise entre 0,05 m et 0,15 m.

L'annexe A du FD DTU 39 P5 recense 17 cas correspondant à des conceptions et à des exigences différentes.

Les 5 cas représentés sur la Figure 13 doivent faire l'objet d'essais dynamiques selon la NF P 01-013 et DTU 39P5, voir le paragraphe 5.3.3 :

- Choc de corps dur : D0,5/3,75J (corps dur de 0,5 kg tombant de 0,75 m, soit 3,75 Joules) ;
- Choc de corps mou : M50/600J (corps mou de 50 kg tombant de 1,20 m, soit 600 Joules).

Figure 13 –
Garde-corps
avec remplissage
verre devant faire
l'objet d'essais
dynamiques selon
la NF P 01-013



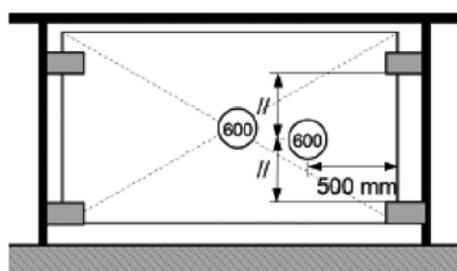
Pour les cas 1 et 3, le FD DTU 39 P5 détaille certaines compositions de verres feuilletés recuits qui sont réputées satisfaisantes sans essais dans certaines conditions.

NOTE

Le symbole représentant le nombre « 600 » à l'intérieur d'un cercle indique le point d'impact du corps de choc mou sur le remplissage (au centre du remplissage, et, pour certaines conceptions, à 500 mm du bord du remplissage).

Le cas représenté sur la Figure 14 doit faire l'objet d'essais dynamiques selon la NF P 01-013, sauf pour le corps de choc dur, qui est modifié en D1/10J (corps dur de 1 kg tombant de 1,00 m, soit 10 Joules).

Figure 14 – Garde-corps
avec remplissage verre devant
faire l'objet d'essais dynamiques
selon la NF P 01-013 avec un choc
de corps dur D1/10J



Cas 11

Les cas 2, 6, 7, 9, 12 du FD DTU 39 P5 constituent des variantes aux cas 1, 3, 5, 8, 11 respectivement, mais présentant une hauteur au-dessus du sol fini supérieure à 1,20 m. Dans ce cas, ils doivent respecter les exigences de la P 08-302 concernant la résistance aux chocs des murs extérieurs des bâtiments. Les essais dynamiques sont alors conduits dans les conditions suivantes :

- Choc de corps dur : D1/10J (corps dur de 1 kg tombant de 1,00 m, soit 10 Joules) ;

- Choc de corps mou : M50/900J (corps mou de 50 kg tombant de 1,80 m, soit 900 Joules).

A noter que les cas 10 à 17 ne sont pas recommandés pour une utilisation dans des espaces accessibles à des usagers ne présentant pas de motivation particulière à prendre soin de ces équipements. Ce cas correspond par exemple aux tribunes de stade.

6.2 Conception

6.2.1 Main-courante

Le profil sélectionné pour réaliser la main-courante doit présenter une résistance suffisante vis-à-vis des charges qui lui sont appliquées (voir § 5.2). Les vérifications concernant la résistance de la main-courante peuvent être conduites par référence au corpus Eurocodes.

Afin de résister à l'action horizontale de l'intérieur vers l'extérieur, le module de résistance en flexion $W_{el,y}$ autour de l'axe y-y de la main-courante doit satisfaire à la condition suivante :

$$W_{el,y} \geq \frac{q_d \times L_{mc}^2}{8 \times f_{yd}}$$

Avec :

$W_{el,y}$: Module de résistance en flexion autour de l'axe y-y (voir la Figure 15) ; caractérise la résistance de la main-courante vis-à-vis d'une charge horizontale. Ce paramètre peut être trouvé dans les catalogues pour les profils du commerce ou calculé à l'aide du Tableau 26 pour certaines sections simples ;

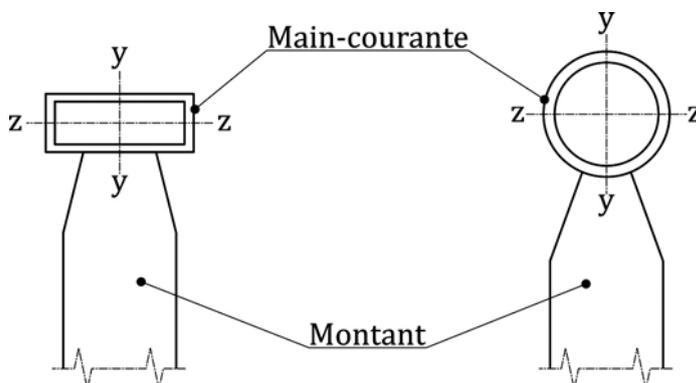
q_d : Action horizontale de l'intérieur vers l'extérieur pondérée ($q_d = 1,5 q_k$), voir le paragraphe 5.2.2 ;

L_{mc} : Portée de la main-courante entre deux montants ;

f_{yd} : Limite d'élasticité de calcul (i.e. réduite par le coefficient γ_M) du matériau constituant la main-courante, soit par exemple :

- Acier au carbone S235 : $f_y / \gamma_{M0} = 235/1,0 = 235$ MPa ;
- Acier inoxydable 1.4301 / inox 304 : $f_y / \gamma_{M0} = 190/1,1 = 173$ MPa ;
- Alliage d'aluminium EN-AW 6060 T6 : $f_o / \gamma_{M1} = 140/1,1 = 127$ MPa.

Figure 15 – Convention d'axe pour les main-courantes pour l'application de la présente méthode



Afin de résister à l'action verticale, le module de résistance en flexion autour de l'axe horizontal $W_{el,z}$ de la main-courante doit satisfaire à la condition suivante :

Avec :

$$W_{el,z} \geq \frac{Q_{v,d} \times L_{mc}}{4 \times f_{yd}}$$

$W_{el,z}$: Module de résistance en flexion autour de l'axe z-z (voir la Figure 15) ; caractérise la résistance de la main-courante vis-à-vis d'une charge horizontale. Ce paramètre peut être trouvé dans les catalogues pour les profils du commerce ou calculé à l'aide du Tableau 26 pour certaines sections simples ;

$Q_{v,d}$: Action verticale pondérée ($Q_{v,d} = 1,5 \times 0,67 = 1 \text{ kN}$), voir le paragraphe 5.2.4.

Tableau 26 – Modules de résistance $W_{el,y}$ et $W_{el,z}$ pour les main-courantes

Section pleine rectangulaire	Section pleine circulaire	Section creuse rectangulaire	Section creuse circulaire
$W_{el,y} = \frac{b h^2}{6}$ $W_{el,z} = \frac{h b^2}{6}$	$W_{el,y} = W_{el,z} = \frac{\pi D^3}{12}$	$W_{el,y} \approx \frac{e h_m (h_m + 2 b_m)}{3}$ $W_{el,z} \approx \frac{e b_m (b_m + 2 h_m)}{3}$	$W_{el,y} = W_{el,z} \approx \frac{\pi e D_m^2}{4}$

A titre d'exemple, le Tableau 27 fournit des modules de résistance en flexion $W_{el,y}$ et $W_{el,z}$ minimum pré-calculés pour une main-courante en acier au carbone S235.

Tableau 27 – Modules de résistance en flexion $W_{el,y}$ et $W_{el,z}$ pour une main-courante en acier au carbone

Portée de la main courante (mètre)	$W_{el,z}$ mini. en cm ³	$W_{el,y}$ minimum en cm ³		
	Toutes catégories	Cat. A et B	Cat. C et D (sauf C5)	Catégories C5
1,00	1,06	0,48	0,80	2,39
1,10	1,17	0,58	0,97	2,90
1,20	1,28	0,69	1,15	3,45
1,30	1,38	0,81	1,35	4,05
1,40	1,49	0,94	1,56	4,69
1,50	1,60	1,08	1,80	5,39

A titre d'exemple, le Tableau 28 fournit des modules de résistance en flexion $W_{el,y}$ et $W_{el,z}$ minimum pré-calculés pour une main-courante en acier inoxydable 1.4301 / Inox 304.

Tableau 28 – Modules de résistance en flexion $W_{el,y}$ et $W_{el,z}$ pour une main-courante en acier inoxydable

Portée de la main courante (mètre)	$W_{el,z}$ mini. en cm ³	$W_{el,y}$ minimum en cm ³		
	Toutes catégories	Cat. A et B	Cat. C et D (sauf C5)	Catégories C5
1,00	1,45	0,65	1,09	3,26
1,10	1,59	0,79	1,31	3,94
1,20	1,74	0,94	1,56	4,69
1,30	1,88	1,10	1,83	5,50
1,40	2,03	1,28	2,13	6,38
1,50	2,17	1,47	2,44	7,33

A titre d'exemple, le Tableau 29 fournit des modules de résistance en flexion $W_{el,y}$ et $W_{el,z}$ minimum pré-calculés pour une main-courante en alliage d'aluminium EN-AW 6060 T6.

Tableau 29 – Modules de résistance en flexion $W_{el,y}$ et $W_{el,z}$ pour une main-courante en alliage d'aluminium

Portée de la main courante (mètre)	$W_{el,z}$ minimum en cm ³		$W_{el,y}$ minimum en cm ³	
	Toutes catégories	Cat. A et B	Cat. C et D (sauf C5)	Catégories C5
1,00	1,96	0,88	1,47	4,42
1,10	2,16	1,07	1,78	5,35
1,20	2,36	1,27	2,12	6,36
1,30	2,55	1,49	2,49	7,47
1,40	2,75	1,73	2,89	8,66
1,50	2,95	1,99	3,31	9,94

6.2.2 Montants

Le profil sélectionné pour réaliser le montant doit présenter une résistance suffisante vis-à-vis des charges qui lui sont appliquées (voir § 5.2). Les vérifications concernant la résistance du montant peuvent être conduites par référence au corpus Eurocodes.

Afin de résister à l'action horizontale de l'intérieur vers l'extérieur, le module de résistance en flexion $W_{el,y}$ autour de l'axe y-y du montant doit satisfaire à la condition suivante :

$$W_{el,y} \geq \frac{1,25 \times q_d \times L_{mc} \times H_m}{f_{yd}}$$

Avec :

$W_{el,y}$: module de résistance en flexion autour de l'axe y-y (voir la Figure 16) ; caractérise la résistance du montant vis-à-vis d'une charge horizontale (perpendiculaire au plan du garde-corps). Ce paramètre peut être trouvé dans les catalogues pour les profils du commerce ou calculé à l'aide du Tableau 26 pour certaines sections simples ;

q_d : Action horizontale de l'intérieur vers l'extérieur pondérée ($q_d = 1,5 q_k$), voir le paragraphe 5.2.2 ;

L_{mc} : Portée de la main-courante entre deux montants (le coefficient 1,25 prend en compte l'effet de la continuité de la main-courante) ;

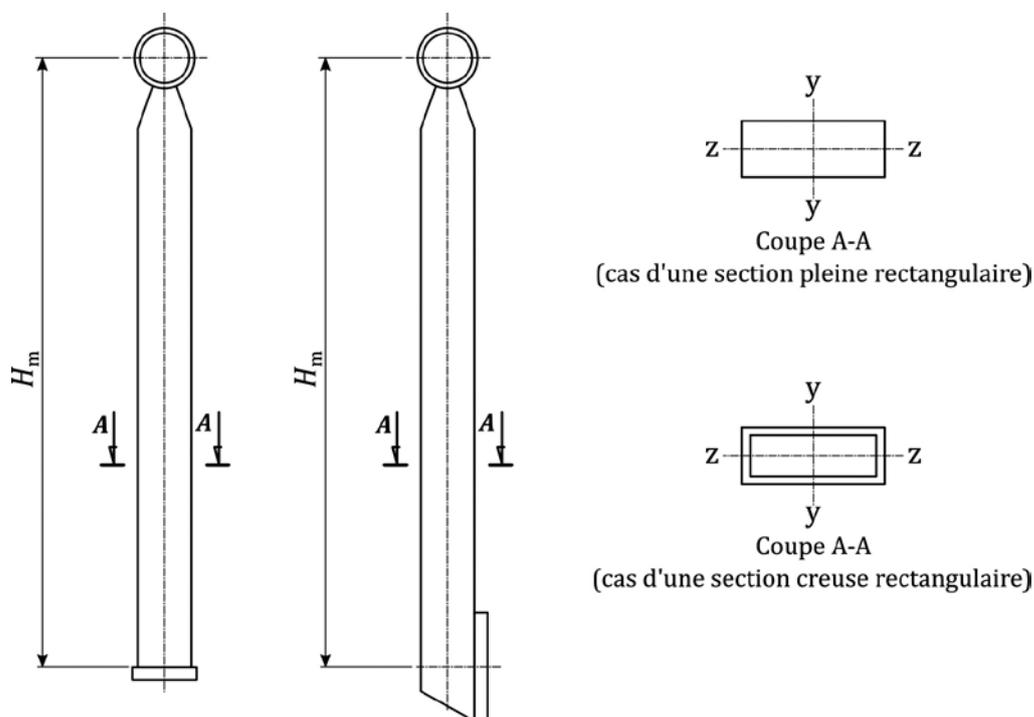
H_m : Hauteur du montant, voir Figure 16 ;

f_{yd} : limite d'élasticité de calcul (i.e. réduite par le coefficient γ_M) du matériau constituant le montant, soit par exemple :

- Acier au carbone S235 : $f_y / \gamma_{M0} = 235/1,0 = 235$ MPa ;
- Acier inoxydable 1.4301 / inox 304 : $f_y / \gamma_{M0} = 190/1,1 = 173$ MPa ;
- Alliage d'aluminium EN-AW 6060 T6 : $f_o / \gamma_{M1} = 140/1,1 = 127$ MPa.

Quelle que soit la section choisie pour le montant, il est recommandé que le module de résistance en flexion hors plan du montant $W_{el,z}$ ne soit pas inférieur à 0,15 cm³ ni à $W_{el,y} / 100$.

Figure 16 – Convention d'axe pour les montants pour l'application de la présente méthode



A titre d'exemple, le Tableau 30 fournit des modules de résistance en flexion $W_{el,y}$ minimum pré-calculés pour des montants mesurant 1 mètre de hauteur, en acier au carbone S235.

Tableau 30 – Module de résistance en flexion $W_{el,y}$ pour un montant de 1 mètre en acier au carbone

Portée de la main courante (mètre)	Sous charge horizontale $1,5 q_k$ $W_{el,y}$ minimum en cm^3		
	Cat. A et B	Cat. C et D (sauf C5)	Catégories C5
1,00	4,79	7,98	23,9
1,10	5,27	8,78	26,3
1,20	5,74	9,57	28,7
1,30	6,22	10,4	31,1
1,40	6,70	11,2	33,5
1,50	7,18	12,0	35,9

A titre d'exemple, le Tableau 31 fournit des modules de résistance en flexion $W_{el,y}$ minimum pré-calculés pour des montants mesurant 1 mètre de hauteur, en acier inoxydable 1.4301 / Inox 304.

Tableau 31 – Module de résistance en flexion $W_{el,y}$ pour un montant de 1 mètre en acier inoxydable

Portée de la main courante (mètre)	$W_{el,y}$ minimum en cm^3		
	Cat. A et B	Cat. C et D (sauf C5)	Catégories C5
1,00	6,51	10,9	32,6
1,10	7,16	11,9	35,8
1,20	7,82	13,0	39,1
1,30	8,47	14,1	42,3
1,40	9,12	15,2	45,6
1,50	9,77	16,3	48,8

A titre d'exemple, le Tableau 32 fournit des modules de résistance en flexion $W_{el,y}$ minimum pré-calculés pour des montants mesurant 1 mètre de hauteur, en alliage d'aluminium EN-AW 6060 T6.

Tableau 32 – Module de résistance en flexion $W_{el,y}$ pour un montant de 1 mètre en alliage d'aluminium

Portée de la main courante (mètre)	$W_{el,y}$ minimum en cm^3		
	Cat. A et B	Cat. C et D (sauf C5)	Catégories C5
1,00	8,84	14,7	44,2
1,10	9,72	16,2	48,6
1,20	10,6	17,7	53,0
1,30	11,5	19,2	57,5
1,40	12,4	20,6	61,9
1,50	13,3	22,1	66,3

6.2.3 Platine de fixations

La platine et ses fixations doivent présenter une résistance suffisante vis-à-vis des charges qui sont appliquées au garde-corps. Les charges appliquées au montant sont définies dans la NF P 01-013 et sont décrites au paragraphe 5.2 du présent document. Deux cas doivent être vérifiés (successivement) :

- charge horizontale vers l'extérieur pondérée ($1,5 q_k$) ;
- charge horizontale vers l'intérieur pondérée ($1,5 \times Q_h$, avec $Q_h = 0,4$ kN).

Les vérifications décrites au paragraphe 5.3.1 du présent document peuvent être conduites par référence au corpus Eurocodes. Pour les garde-corps fixés sur un support en béton, plusieurs fournisseurs de chevilles proposent des outils informatiques permettant de réaliser le dimensionnement des fixations voire de la platine.

Il est proposé ci-dessous une méthodologie simple et sécuritaire permettant de dimensionner la platine et de déterminer les efforts à reprendre par les fixations.

■ Paramètres et domaine d'application de la méthode simplifiée

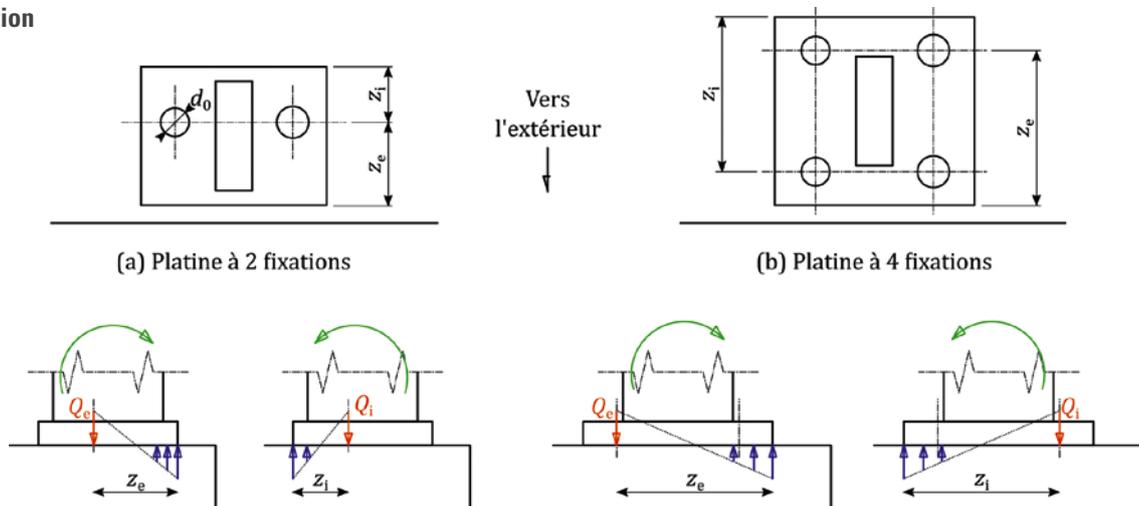
La méthode simplifiée proposée ci-dessous couvre les cas d'une platine rigide comprenant (voir Figure 17) :

- Cas (a) : 2 fixations, une sur chaque côté du montant ;
- Cas (b) : 4 fixations situées aux 4 angles de la platine.

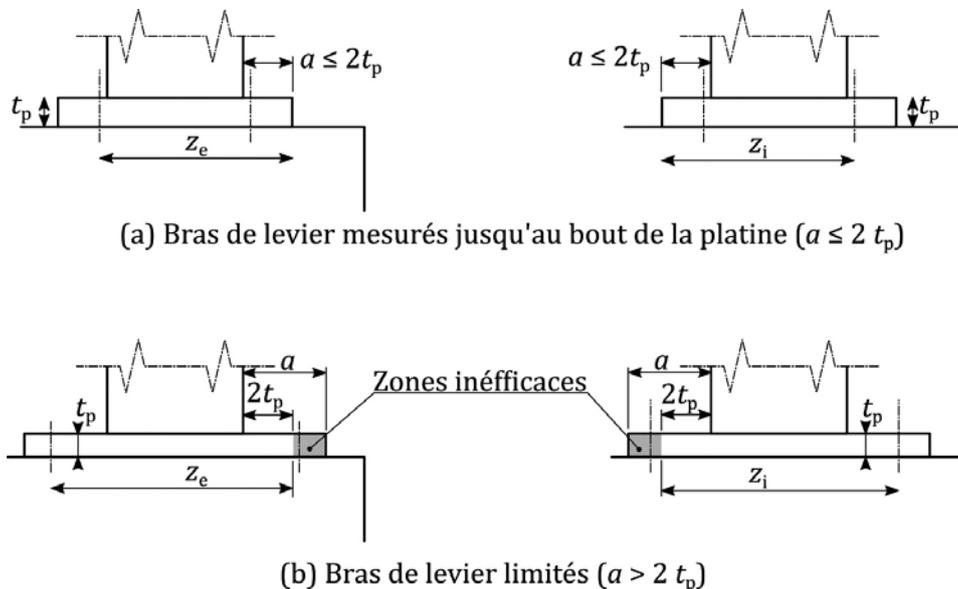
■ NOTE

La méthode simplifiée ci-dessous doit être complétée par la vérification de la résistance du support (compression localisée, arrachement de la fixation, etc.), y compris toutes dispositions constructives (distance au bord, etc.).

Figure 17 – Distribution des sollicitations à l'interface entre la platine et le support



Le bras de levier z_e correspond à la distance entre la rangée de fixation la plus proche de l'intérieur (i.e. l'espace protégé par le garde-corps) et le bord de la platine dans la direction de l'extérieur. De même, le bras de levier z_i correspond à la distance entre la rangée de fixation la plus proche de l'extérieur et le bord de la platine dans la direction de l'intérieur. Le cas échéant, les bras de levier sont limités, comme montré sur la Figure 18, afin de prendre en compte forfaitairement la déformabilité de la platine.

Figure 18 – Bras de levier z_e et z_i 

L'application de la méthode simplifiée décrite ici suppose le respect des conditions géométriques ci-dessous :

- Distance minimale d'un trou de fixation jusqu'au bord de la platine : $1,5 d_0$;
- Distance minimale entre deux trous de fixation : $3,0 d_0$.

■ Effort dans les fixations

L'effort de traction dans une fixation (pour une platine avec deux fixations actives en flexion) sous la charge horizontale vers l'extérieur pondérée ($1,5 q_k$) peut être estimé comme suit :

$$Q_e = \frac{8}{7} \times \frac{1,25 \times 1,5 \times q_k L_{mc} H_m}{2 z_e} \quad \text{soit} \quad Q_e [\text{kN}] = \frac{15}{14} \times \frac{q_k [\text{kN/m}] \times L_{mc} [\text{m}] \times H_m [\text{m}]}{z_e [\text{m}]}$$

L_{mc} : Longueur de la main-courante (entraxe des montants).

H_m : Hauteur du montant (depuis l'axe de la main courante jusqu'à la platine de fixation, voir Figure 16).

Cet effort de traction doit être combiné à un effort de cisaillement estimé comme suit :

$$v_e = \frac{1,25 \times 1,5 \times q_k L_{mc}}{n_f} \quad \text{soit} \quad v_e [\text{kN}] = \frac{15}{8} \times \frac{q_k [\text{kN/m}] \times L_{mc} [\text{m}]}{n_f}$$

n_f : Nombre de fixations sur la platine

L'effort de traction dans une fixation sous la charge horizontale vers l'intérieur pondérée ($1,5 \times 0,4 \text{ kN}$) peut être estimé comme suit :

$$Q_i = \frac{8}{7} \times \frac{1,25 \times 1,5 \times Q_h H_m}{2 z_i} \quad \text{soit} \quad Q_i [\text{kN}] = \frac{15}{14} \times \frac{Q_h [\text{kN}] \times H_m [\text{m}]}{z_i [\text{m}]} = 0,43 \times \frac{H_m [\text{m}]}{z_i [\text{m}]}$$

Cet effort de traction doit être combiné à un effort de cisaillement estimé comme suit :

$$v_i = \frac{1,25 \times 1,5 \times Q_h}{n_f} \text{ soit } v_i [\text{kN}] = \frac{0,75}{n_f}$$

■ Résistance des fixations

Les fixations sélectionnées doivent présenter une résistance suffisante vis-à-vis des sollicitations combinées :

- Effort de traction Q_e et effort de cisaillement v_e ;
- Effort de traction Q_i et effort de cisaillement v_i .

Les règles de vérification des fixations dépendent du type de fixation considéré.

Les boulons de construction métallique utilisés pour un assemblage du garde-corps sur un support en acier doivent être vérifiés conformément à la norme NF EN 1993-1-8.

Les assembleurs destinés à assembler le garde-corps sur un support en bois doivent être vérifiés conformément à la norme NF EN 1995-1-1 en considérant que les charges d'exploitation sont des actions à moyen terme et le vent est une action instantanée.

Les chevilles post-installées dans un support en béton doivent être vérifiées conformément à la norme NF EN 1992-4. Les spécifications techniques du fabricant doivent être respectées.

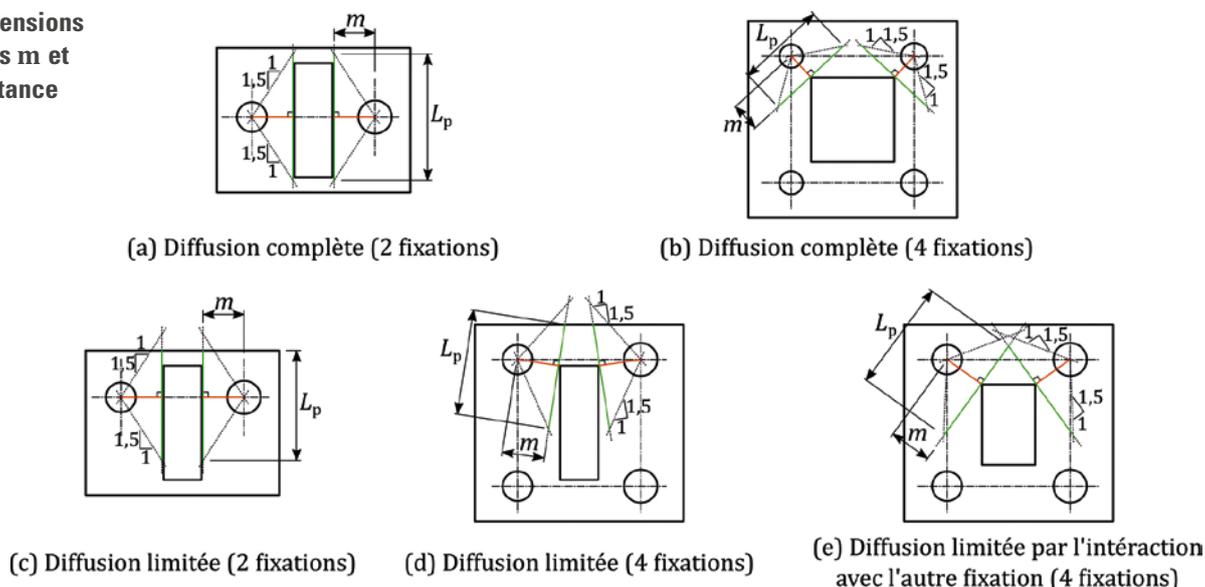
■ Résistance de la platine

Le modèle présenté ici permet de déterminer de façon sécuritaire la résistance de la platine sous l'effort de traction maximale dans une cheville Q_{max} . Pour ce faire, il convient de déterminer deux longueurs caractéristiques montrées sur la Figure 19 :

m : plus courte distance horizontale séparant l'axe de la fixation et le montant ;

L_p : longueur de « diffusion » de l'effort, suivant une pente de 1 pour 1,5, mesurée sur la droite tangente au montant et perpendiculaire à la distance m . La longueur L_p vaut au maximum $3m$ et peut être limitée par le bord de la platine ou l'interaction avec la diffusion depuis l'autre fixation tendue (voir Figure 19).

Figure 19 – Dimensions caractéristiques m et L_p pour la résistance de la platine



L'épaisseur de la platine nécessaire pour résister à l'effort Q_{max} peut alors être estimée par la formule suivante :

$$t_p \geq 2 \sqrt{\frac{Q_{max}}{f_{yd}} \frac{m}{L_p}}$$

f_{yd} limite d'élasticité de calcul (i.e. réduite par le coefficient γ_M) du matériau, soit :

- Acier au carbone S235 : $f_y / \gamma_{M0} = 235 / 1,0 = 235$ MPa ;
- Acier inoxydable 1.4301 / inox 304 : $f_y / \gamma_{M0} = 190 / 1,1 = 173$ MPa ;
- Alliage d'aluminium EN-AW 6060 T6 : $f_o / \gamma_{M1} = 140 / 1,1 = 127$ MPa.

Lorsque la longueur L_p n'est pas limitée par le bord de la platine ou l'interaction avec la diffusion depuis l'autre fixation tendue, le rapport $L_p/m = 3$ ce qui permet la simplification suivante :

$$t_p \geq 1,15 \sqrt{\frac{Q_{max}}{f_{yd}}}$$

NOTE

Dans les expressions précédentes, utiliser l'effort Q_{max} en N et la limite d'élasticité de calcul f_{yd} en MPa (équivalent au N/mm²) permet d'obtenir directement l'épaisseur t_p en mm.

■ Rigidité de la platine

La condition forfaitaire suivante assure que la déformation de la platine reste faible :

$$\frac{t_p}{m} \geq 0,3$$

6.2.4 Durabilité

La capacité d'un garde-corps en acier au carbone à résister à la corrosion atmosphérique dépend, non seulement du revêtement, comme évoqué au paragraphe 6.1, mais également de sa conception.

■ Géométrie

Le métal déployé, de par sa géométrie spécifique est sujet à corrosion du fait de ses angles faibles et zones de rétention d'eau (particulièrement en pose horizontale). Il est recommandé de protéger ces éléments par galvanisation à chaud, ou d'utiliser de l'acier inoxydable ou de l'alliage d'aluminium. Des précautions particulières sont à prendre pour limiter la déformation dans le bain de galvanisation à chaud.

Les diamètres des trous de tôles perforées, s'ils sont trop petits, ne permettent pas à la protection d'être correctement appliquée, cette dernière pouvant même les boucher. Les arêtes vives des tôles sont par ailleurs des zones où l'accroche des revêtements, notamment les peintures, est assez médiocre.

Les caillebotis utilisés en remplissage de garde-corps comportent une multitude d'angles droits et de zones de rétention d'eau. Comme pour le métal déployé, il est recommandé de protéger ces éléments par galvanisation à chaud, ou d'utiliser de l'acier inoxydable ou de l'alliage d'aluminium.

■ Assemblages

Les fixations mécaniques (vis, boulons, etc.) doivent être sélectionnées de façon à éviter le couplage électrolytique. Il convient en particulier de proscrire les fixations brutes ou électro-zingués sur des tôles galvanisées ou en acier inoxydable.

Il est recommandé de fixer les tôles sur la structure du garde-corps après application de la couche de finition. Il convient toutefois d'éviter tout choc ou serrage trop important de nature à détériorer le revêtement. Le cas échéant, une reprise de la protection anticorrosion ou de finition au niveau des assemblages est à réaliser.

Lorsque le revêtement est appliqué après assemblage, les angles vifs et les interstices sont de nature à créer des points de développement privilégiés de la corrosion.

Les soudures peuvent également comporter des défauts pouvant amplifier le phénomène de corrosion. Afin d'améliorer la durabilité des zones soudées, les soudures doivent être continues, périphériques, et exemptes de porosité et de zone de rétention d'eau. Il est recommandé de les meuler afin d'éliminer les défauts.

■ Découpes

La découpe thermique (plasma ou laser) modifie la structure de l'acier, ce qui peut réduire l'adhésion du revêtement anticorrosion. Il convient d'éviter ce type de découpe pour les épaisseurs les plus faibles. Par ailleurs, les coupes créant des angles faibles et des zones de rétention d'eau sont à éviter.

6.3 Mise en œuvre

6.3.1 Prescriptions générales

L'installation et l'exécution font l'objet de plans et documents suffisants pour définir entièrement les dispositions constructives à réaliser. Le cas échéant, ces plans et documents précisent :

- les données figurant dans les DPM (Documents Particuliers du Marché) ;
- la définition des éléments d'ossature servant de support au garde-corps (dalle, poutre, etc.), avec leur repérage, ainsi que leur implantation dans la structure ;
- les conditions de stockage et de manutention/levage des garde-corps ;
- les conditions de mise en œuvre des garde-corps ;
- les conditions à respecter pour l'ancrage dans le support, le procédé de fixation utilisé (avec référence aux éventuels Avis Techniques) ;
- les tolérances d'exécution, en conformité avec les pièces du marché ;
- et, d'une façon générale, toutes les indications que le présent document ou les Avis Techniques font obligation de faire figurer sur les documents d'installation et d'exécution.

Ces indications figurent, soit sur un plan d'installation établi par un bureau d'études, soit sur les préconisations d'installation établies par le fabricant. Dans ce dernier cas, ces préconisations doivent être validées et complétées par le bureau d'études chargé de l'étude générale d'exécution du bâtiment.

Il conviendra de mener les vérifications nécessaires afin de confirmer que les hypothèses considérées au stade de la conception sont bien respectées sur le chantier. Ces vérifications devront être justifiées par les documents qualité disponibles sur le chantier, notamment les bordereaux de livraison des différents éléments.

6.3.2 Interface entre les intervenants

La réalisation des garde-corps est composée de plusieurs opérations distinctes, chacune pouvant être menée par un intervenant différent, par exemple :

- conception du garde-corps, en fonction des contraintes du marché et des exigences réglementaires, normatives, ou issues du présent guide ;

- fabrication et fourniture du garde-corps ;
- conception et construction du support (gros œuvre, etc.) en intégrant les contraintes liées à l'installation du garde-corps (mise en place) ;
- réception du support et mise en œuvre du garde-corps.

Les responsabilités de chacun des intervenants doivent être définies contractuellement en amont de la réalisation. Cela peut découler d'un marché en lots séparés (la limite de chaque prestation et la gestion des interfaces est alors décrite dans le CCTP du marché), ou de l'intervention de plusieurs sous-traitants. A minima, il convient de suivre les recommandations générales décrites dans le présent paragraphe.

Le concepteur du garde-corps communique au responsable de la conception du support tous les éléments nécessaires, et en particulier le nombre et la position des points d'ancrage ainsi que les sollicitations induites par les charges appliquées aux garde-corps (voir § 5.2).

La mise en œuvre d'un éventuel système d'ancrage pré-scélé ou la réalisation de perçages spécifiques par le responsable de la réalisation du support nécessite la fourniture par le concepteur du garde-corps de plans et d'instructions détaillés.

La réception du support et les tolérances associées sont données au paragraphe 5.4.

6.3.3 Approvisionnement et stockage

Le transport et le stockage doivent être effectués à l'aide de dispositifs adaptés évitant la détérioration des garde-corps. Leur manutention doit être effectuée de manière à éviter les chocs et leur stockage doit être prévu à l'abri des intempéries. Cette dernière exigence est particulièrement importante pour les garde-corps destinés à être mis en œuvre à l'intérieur des bâtiments, du fait de leur possible moindre protection contre la corrosion.

Les différents modules de garde-corps approvisionnés pré-assemblés doivent être stockés de manière à ne subir aucune déformation, isolés du sol et les uns des autres. Il convient de suivre les recommandations du fabricant.

Les garde-corps livrés doivent être stockés dans leur emballage d'origine en suivant les recommandations du fournisseur. Toutefois, pour les garde-corps avec emballage plastique, il convient de retirer le plastique le plus rapidement possible.

Concernant les garde-corps destinés à être assemblés en place, si la conception du produit le permet (voir la documentation du fournisseur), les composants fournis peuvent être pré-assemblés au sol et sur un espace dédié. Cet espace doit être plat, propre, et suffisamment grand pour contenir un module complet à plat, ainsi que les opérateurs en circulation tout autour de ce module.

6.3.4 Mise en œuvre du garde-corps

En préalable à la mise en œuvre du garde-corps, il est nécessaire d'accepter le support (voir paragraphe 5.4). Lorsque le support comporte déjà les perçages pour les garde-corps, la vérification de leur position par mesurage, et présentation de gabarit ou d'un montant témoin, fait partie intégrante de l'acceptation du support.

Pour une bonne mise en œuvre, il est recommandé d'utiliser un module du garde-corps :

- soit comme un gabarit de perçage pour les chevilles qui autorisent le passage au travers des platines ;
- soit comme un gabarit pour le traçage.

Lorsque le support nécessite un perçage préalable à l'installation de la fixation (cas des boulons pour support acier et des chevilles pour support béton), les étapes suivantes sont généralement adaptées :

- Pré-positionnement à plat des montants en respectant l'entraxe prévu (voir Figure 20)

Les montants peuvent être simplement posés à plat au droit de leur position prévue. Dans le cas de modules de garde-corps pré-assemblés, les différents modules peuvent être assemblés entre eux (sans verrouiller les boulons) afin de présenter la totalité du garde-corps à plat ou verticalement.

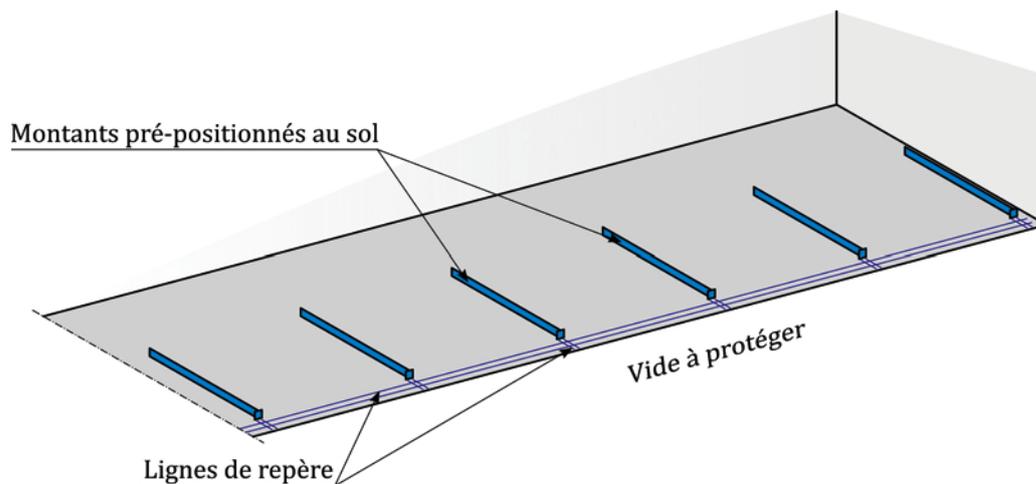
- Vérification des points singuliers

En fonction du produit, divers éléments accessoires peuvent être fournis pour créer une liaison entre deux parties de garde-corps disposées en angle ou entre le garde-corps et un mur. L'adéquation de ces éléments avec la position prévue pour le garde-corps peut être vérifiée et, le cas échéant, le pré-positionnement des montants ou des modules peut être adapté.

- Traçage des repères (voir Figure 20)

Sur la base du plan d'installation, il convient de repérer la position prévue de la (ou des) ligne(s) de fixations par rapport à des points et/ou des lignes de référence (ou à défaut, par rapport au bord du support). Ces lignes peuvent ensuite être marquées sur le support à l'aide d'un cordeau à tracer. La position de chaque fixation peut ensuite être repérée le long de ces lignes. L'usage d'un gabarit ou d'un montant témoin permet de valider la bonne position relative des repères.

Figure 20 – Positionnement des montants et traçage des repères



- Perçage du support

Le perçage du support doit être réalisé à l'aide d'un outil adapté au matériau. Dans le cas de perçage du béton, il convient d'être vigilant à endommager le moins possible les armatures.

En cas d'usage de fixations auto-perceuses (par exemple pour certains support bois), les trois premières étapes décrites ci-dessus doivent être réalisées.

- Nettoyage et protection des trous

Pour un support en acier, il convient de percer le support avant application de la protection. Dans le cas contraire, lorsque le perçage est effectué après la protection, et si le garde-corps est situé à l'extérieur, il convient de refaire la protection anti-corrosion.

Pour un support béton, il convient de retirer les débris et la poussière de l'intérieur des trous à l'aide d'un écouvillon, d'une brosse et/ou d'une pompe soufflante, suivant les recommandations du fabricant des chevilles.

■ Fixation des montants au support

Une fois les perçages réalisés et nettoyés (ou en cas d'usage de fixations auto-perceuses), les montants peuvent être fixés au support. Avant d'effectuer les derniers tours de clef pour verrouiller la fixation sur le support, il convient de vérifier la verticalité du montant, à l'aide par exemple d'un niveau à bulle. Pour les boulons mis en œuvre sur support en acier, ils peuvent être serrés au refus à l'aide d'une clé de dimension normale comme préconisé par la NF EN 1090-2.

Pour les chevilles destinées à un support béton, il convient de suivre les préconisations du fabricant. Pour tout type de cheville, un couple de serrage est préconisé. Dans ce cas, le serrage doit être réalisé à l'aide d'une clé dynamométrique étalonnée ou tout autre matériel étalonné.

Dans le cas d'un garde-corps pré-assemblé en modules, chaque module doit être fixé indépendamment au support suivant les indications données ci-dessus avant d'être assemblés entre eux.

■ Fixation des main-courantes, du remplissage et des éléments de raccordement

Une fois que les montants sont fermement ancrés sur le support, les éléments de remplissage et les éléments accessoires (angles, raccords avec un mur, main-courantes additionnelles) peuvent être mis en œuvre.

6.4 Entretien

Les opérations d'examens périodiques, d'entretien et de maintenance du garde-corps doivent être effectuées régulièrement.

Étant un équipement essentiel à la sécurité des usagers, il est nécessaire de procéder à l'examen périodique des garde-corps au même rythme au moins que l'ossature principale du bâtiment. L'examen périodique d'un garde-corps comprend notamment les points suivants :

- Vérification de l'absence de partie cassée, déformée ou manquante, de nature à modifier les caractéristiques dimensionnelles ou mécaniques de l'équipement ;
- Évaluation de la vétusté de l'équipement : état de la couche de revêtement éventuel (peinture, galvanisation, métallisation, etc.), présence ou non de corrosion, etc. ;
- Contrôle de l'état des fixations et du support : jeux, corrosion, dégradation locale du support (déformations, fissures...), etc.

Il est par ailleurs nécessaire de procéder à un entretien régulier des garde-corps, par exemple à la suite de l'examen périodique, comprenant notamment :

- le dégratage et le démoussage de l'équipement et du support ;
- le resserrage des boulons et vis desserrés ;
- un lavage (au minimum à l'eau claire ou à l'eau savonneuse), selon les préconisations de l'applicateur de la peinture ou du fabricant du garde-corps.

Le desserrage des fixations sur le support peut être le signe de désordres mettant en cause la fonction de protection du garde-corps. Lors du resserrage, il convient d'être attentif à obtenir le couple de serrage mentionné dans la fiche de cheville.

Si ce couple ne peut pas être obtenu, il est probable que la fixation et/ou le support aient subi des dégradations. Dans ce cas, il convient de refaire l'opération de chevillage.

Il convient que le titulaire du lot comprenant la mise en œuvre du garde-corps fournisse à la maîtrise d'ouvrage une notice d'entretien et de maintenance qui :

- définit les modalités d'entretien adaptées, en précisant la fréquence ;
- définit les modalités de maintenance ;
- comporte une mention spécifiant que le maître d'ouvrage en a bien pris connaissance.



7.1 Matériaux

7.1.1 Prise en compte des conditions d'humidité

Le choix des matériaux bois et à base de bois dépend nécessairement des conditions d'exposition à l'humidité. Celles-ci sont à considérer du point de vue :

- de la durabilité biologique du bois, en se basant sur les classes d'emploi ;
- de la stabilité des pièces de bois vis-à-vis du risque de déformations en fonction des variations d'humidité en service ;
- du risque de corrosion des organes métalliques par les bois acides ;
- du comportement mécanique des éléments, en se basant sur les classes de service.

7.1.1.1 CLASSES D'EMPLOI (DURABILITÉ BIOLOGIQUE)

Les éléments en bois constitutifs des garde-corps doivent avoir une durabilité vis-à-vis des agents de dégradation biologique (champignons, insectes à larves xylophages et termites le cas échéant) compatible avec la classe d'emploi liée à leur condition d'humidification en œuvre.

Les classes d'emploi sont définies dans la norme NF EN 335, suivant les conditions d'humidification et les agents biologiques qui peuvent attaquer le bois dans ces situations.

La durabilité de l'essence de bois utilisée, vis-à-vis des agents de dégradation biologique, peut être naturelle ou conférée par un traitement de préservation.

Les propriétés de durabilité naturelle des principales essences de bois utilisées en Europe sont données dans la norme NF EN 350-2. La durabilité naturelle considérée est celle du duramen, l'aubier étant toujours considéré comme non durable.

Si la durabilité naturelle est insuffisante pour la classe d'emploi visée, ou si le bois est utilisé avec son aubier, la protection nécessaire peut être apportée par l'application d'un traitement de préservation. Les exigences de traitement appropriées en termes de profondeur et de quantité de produit à appliquer, en fonction de la classe d'emploi du bois et l'imprégnabilité de l'essence considérée, sont spécifiées dans la norme NF B 50-105-3.

Le fascicule de documentation FD P 20-651 permet de définir, pour les principales essences de bois, les solutions techniques compatibles avec la classe d'emploi en fonction de la durée de vie attendue :

- La détermination de la classe d'emploi à affecter à chaque partie d'ouvrage s'effectue à partir de critères prenant en compte les conditions d'exposition à l'eau, la massivité des pièces de bois et les facteurs de conception influant sur la salubrité ;

- Les garde-corps intérieurs se situent en classe d'emploi 1 ou 2 ;
- Les garde-corps extérieurs peuvent se situer en classe d'emploi 2, 3.1, 3.2 ou 4. Des critères d'affectation de la classe d'emploi des éléments bois en fonction de la conception sont donnés au § 7.2.2 ;
- Des performances de durabilité fongique en terme de longévité et de résistance aux insectes des principales essences de bois sont données, suivant que l'on considère la durabilité naturelle du bois purgé d'aubier ou la durabilité conférée par un produit de traitement.

Vis-à-vis du risque fongique, les appréciations de durabilité sont définies à partir des classes de longévité suivantes :

- N : longévité incertaine et dans tous les cas inférieurs à 10 ans (solutions à ne pas prescrire) ;
- L1 : Longévité comprise environ entre 10 et 50 ans dans l'utilisation initialement prévue ;
- L2 : Longévité comprise environ entre 50 et 100 ans dans l'utilisation initialement prévue ;
- L3 : Longévité supérieure à 100 ans.

Les appréciations de durabilité naturelle du bois purgé d'aubier d'essences résineuses et feuillues couramment utilisées en France (liste non exhaustive) et le cas échéant des observations portant sur la stabilité en service, la présence d'extractibles (tannins, résines, etc.) et/ou l'acidité du bois sont présentés dans les tableaux suivants.

Tableau 33 – Appréciations de durabilité naturelle d'essences de bois résineuses et feuillues tempérées, purgées d'aubier

Bois purgé d'aubier, sans traitement de préservation										Observations
Essences de bois résineuses et feuillues tempérées			Durabilité fongique et classe d'emploi					Résistance aux insectes à larves Xylophages	Résistance aux termites	
Nom standard	Espèce botanique	Code	1	2	3.1	3.2	4			
Châtaignier	<i>Castanea sativa</i>	CTST	L3	L3	L3	L2	L1	Oui	Non	Tannins Acide
Chêne (rouvre ou pédonculé)	<i>Quercus petraea</i> <i>Quercus robur</i>	QCXE	L3	L3	L3	L2	L1	Oui	Non	Tannins Acide
Hêtre (*)	<i>Fagus sylvatica</i>	FASY	L3	L2	N	N	N	Non	Non	Peu stable Tannins Acide
Douglas (Pin d'Orégon)	<i>Pseudotsuga menziesii</i>	PSMN	L3	L3	L2	L1	N	Oui	Non	Tannins Acide
Epicéa (*)	<i>Picea abies</i>	PCAB	L3	L3	L2	L1	N	Non	Non	-
Mélèze (**)	<i>Larix decidua</i>	LADC	L3	L2	L1	N	N	Oui	Non	-
Pin maritime (**)	<i>Pinus pinaster</i>	PNPN	L3	L3	L2	L1	N	Oui	Non	Résine
Pin sylvestre (**)	<i>Pinus sylvestris</i>	PNSY	L3	L3	L2	L1	N	Oui	Non	-
Red Cedar (**)	<i>Thuja plicata</i>	THPL	L3	L3	L1	L1	N	Oui	Non	Acide
Robinier (faux Acacia)	<i>Robinia pseudoacacia L</i>	ROPS	L3	L3	L3	L2	L1	Oui	Oui	Peu stable
Sapin blanc (*)	<i>Pinus pinaster</i>	PNPN	L3	L2	L1	N	N	Non	Non	-

(*) Pour ces essences l'aubier est peu ou pas distinct du duramen à l'état sec
(**) Pour ces essences, le bois commercialisé n'est généralement pas purgé d'aubier

Tableau 34 – Appréciations de durabilité naturelle pour quelques exemples d'essences feuillues tropicales purgées d'aubier utilisables en garde-corps

Bois purgé d'aubier, sans traitement de préservation										Observations
Essences de bois feuillues tropicales			Durabilité fongique et classe d'emploi					Résistance aux insectes à larves Xylophages	Résistance aux termites	
Nom standard	Espèce botanique	Code	1	2	3.1	3.2	4			
Bossé	<i>Guarea spp.</i> (Afrique)	CTST	L3	L3	L3	L2	N	Oui	Non	-
Cumaru	<i>Dipteryx spp.</i>	QCXE	L3	L3	L3	L2	L1	Oui	Oui	-
Doussié	<i>Afzelia spp.</i>	FASY	L3	L3	L3	L2	L1	Oui	Oui	-
Ipé (Ebène verte)	<i>Tabebuia spp.</i> (denses et foncés)	PSMN	L3	L3	L3	L2	L1	Oui	Oui	-
Maçaranduba	<i>Manilkara spp.</i> (Amérique du Sud)	PCAB	L3	L3	L3	L2	L1	Oui	Oui	Peu stable
Moabi	<i>Baillonella toxisperma</i>	LADC	L3	L3	L3	L2	L1	Oui	Oui	Peu stable
Sapelli	<i>Entandrophragma cylindricum</i>	PNNP	L3	L3	L2	L1	N	Oui	Non	-
Sipo	<i>Entandrophragma utile</i>	PNSY	L3	L3	L3	L1	N	Oui	Non	-
Teck	<i>Tectona grandis</i>	THPL	L3	L3	L3	L2	L1	Oui	Oui	-

NOTE

Pour d'autres essence feuillues tropicales, il convient de se référer au FD P 20-651. Si une essence n'y est pas mentionnée, on pourra consulter le CIRAD qui tient à jour des fiches techniques sur les essences tropicales.

Les solutions usuelles de durabilité conférée pour les essences résineuses et feuillues tempérées sont présentées dans le tableau suivant :

Tableau 35 – Solutions usuelles de durabilité conférée pour les essences résineuses et feuillues tempérées

Bois avec traitement de préservation, aubier compris								
Essences de bois résineuses et feuillues tempérées	Durabilité fongique et classe d'emploi					Résistance aux insectes à larves Xylophages (**)	Résistance aux termites (**)	
	1	2	3.1	3.2	4			
Essences traitées pour utilisation en classe 2 (***)		L1				Oui	Oui	
Essences traitées pour utilisation en classe 3.1 (***)			L1(*)			Oui	Oui	
Pin sylvestre traité classe 4					L1	Oui	Oui	
Pin sylvestre traité classe 3.2				L1		Oui	Oui	
Pin maritime traité classe 4					L1	Oui	Oui	
Pin maritime traité classe 3.2				L1		Oui	Oui	
Mélèze traité classe 3.2				L1		Oui	Oui	
Douglas traité classe 3.2				L1		Oui	Oui	
Chêne (rouvre ou pédonculé) traité classe 4					L1			
Hêtre traité classe 4					L1			

(*) La durabilité vis-à-vis du risque fongique et insectes xylophages est apportée par des produits adaptés. Ces produits nécessitent l'application d'une finition.

(**) La durabilité vis-à-vis des termites et insectes à larves xylophages est apportée par des produits adaptés

(***) Toutes les essences peuvent être traitées en vue d'utilisation en classes d'emploi 2 ou 3.1

NOTE

La certification CTB B+ atteste de l'efficacité et de l'aptitude à l'usage des produits qui s'expriment par une durabilité suffisante dans leur fonction (fongicide et/ou insecticide) pour une classe d'emploi donnée.

7.1.1.2 CLASSES DE SERVICE (SUIVANT L'EC5)

Dans l'Eurocode 5 (NF EN 1995-1-1), l'influence de l'humidité sur le comportement mécanique des éléments de structures en bois est prise en compte en leur affectant une classe de service correspondant à des conditions d'environnement déterminées.

Trois classes de service sont définies, en fonction de l'humidité dans le bois correspondant à des conditions d'humidité relative de l'air environnant à une température de 20°C. Elles sont rappelées dans le tableau ci-dessous avec des exemples d'affectation correspondants :

Tableau 36 – Classes de service de l'Eurocode 5

Classe de Service	Humidité relative (HR) de l'air à un température de 20°C	Humidité moyenne d'équilibre du bois	Exemple d'affectation des pièces de bois
1	≤ 65 %*	7 à 13 %	Situation intérieure en milieu sec
2	≤ 85 %*	13 à 20 %	Situation abritée mais soumise à variations hygrométriques
3	> 85 %	> 20 %	Situation non protégée, exposée à des humidités moyennes supérieures à celles de la classe de service 2

* Ne pouvant être dépassée que quelques semaines par an

La classe de service est nécessaire pour la détermination des propriétés de résistance et déformation des différents matériaux bois et à base de bois à prendre en compte dans les calculs. Certains matériaux ne peuvent pas être employés en classe de service 3.

La classe de service est également utilisée pour établir des exemples de dispositions vis-à-vis de la résistance à la corrosion des éléments métalliques d'assemblage (cf. § 7.1.5).

7.1.2 Bois massifs et recomposés

Les éléments en bois massifs et recomposés pouvant constituer la structure et le barreaudage des garde-corps en bois sont décrits ci-dessous :

7.1.2.1 BOIS MASSIFS

■ Classement pour la résistance mécanique :

Les bois de section rectangulaire à usage structural doivent être conformes à la norme NF EN 14081-1 qui distingue les bois classés visuellement et les bois classés par machine pour lesquels les exigences complémentaires des normes NF EN 14081-2 à 4 s'appliquent.

Le classement mécanique est à établir en référence aux classes définies dans la norme NF EN 338.

■ Classement d'aspect :

Le choix d'aspect des bois destinés à rester visibles doit s'établir par référence aux normes :

- NF EN 1611-1 pour les résineux (épicéas, sapins, pins, Douglas et mélèzes) ;
- NF EN 975-1 pour le chêne ;
- NF EN 975-2 pour le peuplier ;
- autre référentiel de classement d'aspect pour les autres essences.

7.1.2.2 BOIS MASSIFS ABOUTÉS (BMA)

Les bois massifs aboutés, constitués d'éléments de bois massif assemblés bout à bout par entures multiples, doivent être conformes à la norme NF EN 15497.

La classe mécanique du bois massif abouté est celle du bois massif utilisé qui doit être classé selon la résistance conformément à NF EN 14081-1, en référence aux classes définies dans la norme NF EN 338.

NOTE

La marque de qualité CTB-COMPOSANTS ET SYSTEMES BOIS atteste de la conformité à la norme NF EN 15497.

7.1.2.3 BOIS LAMELLÉ-COLLÉ (BLC)

Les bois lamellé-collé, constitués par collage à plat de lames de bois massif d'épaisseur inférieure à 45 mm pouvant être aboutées, doivent être conformes à la norme NF EN 14080 et classés mécaniquement suivant cette norme.

NOTE

La marque de qualité ACERBOIS GLULAM atteste de la conformité à la norme NF EN 14080.

7.1.2.4 BOIS MASSIFS RECONSTITUÉS (BMR)

Les bois massifs reconstitués, constitués par collage de lames (2 à 5 lames) de bois massif d'épaisseur supérieure à 45 mm, doivent être conformes à la norme NF EN 14080 et classés mécaniquement suivant cette norme.

Les caractéristiques mécaniques du bois massif reconstitué sont généralement déclarées par référence aux classes de résistance du bois massif utilisé pour les lamelles, définies dans la norme NF EN 338.

NOTE

La marque de qualité ACERBOIS BMR atteste de la conformité à la norme NF EN 14080.

7.1.2.5 LAMIBOIS (LVL)

Les éléments structuraux en lamibois (LVL), constitués par collage de couches de placages de bois dont les fibres sont principalement orientées dans la même direction, assemblées par doivent être conformes à la norme NF EN 14374.

Les propriétés de résistance et rigidité et les valeurs de masse volumique, à prendre en compte pour les calculs, sont déclarées par le fabricant.

7.1.2.6 BOIS LAMELLÉ-CROISÉ

Les panneaux massifs structuraux, constitués par collage de couches croisées de lames de bois massif d'épaisseur inférieure à 45 mm, qui peuvent être aboutées, sont visés par la norme NF EN 16351 pour une utilisation en classe de service 1 ou 2.

7.1.3 Panneaux à base de bois

Les panneaux à base de bois, conformes à la norme EN 13986, pouvant être utilisés en remplissage, soit seuls, soit en associant avec une ossature secondaire, sont décrits ci-dessous.

7.1.3.1 PANNEAUX DE CONTREPLAQUÉ

Les panneaux de contreplaqué, composés d'un empilage croisé de plis de bois liés entre eux par un collage organique, sont définis dans les normes NF EN 313-1 et 2.

Les exigences sur les panneaux sont définies dans la norme NF EN 636 qui distingue 3 types de panneaux destinés aux emplois travaillants, en fonction de la classe de service.

– type EN 636-1S : panneaux destinés aux emplois travaillants utilisés en classe de service 1 (milieu sec)	Intérieur
– type EN 636-2S : panneaux destinés aux emplois travaillants utilisés en classe de service 2 (milieu humide)	Intérieur
– type EN 636-3S : panneaux destinés aux emplois travaillants utilisés en classe de service 3 (milieu extérieur ou milieu humide confiné)	Extérieur

Les caractéristiques physiques et mécaniques dépendent de la composition du panneau (essence des placages, nombre de couches et épaisseur). Elles sont déclarées par le fabricant.

NOTE

La marque de qualité NF Extérieur CTB-X atteste de la conformité à la norme NF EN 636-3 et à l'usage structurel.

7.1.3.2 PANNEAUX EN LAMIBOIS (LVL)

Les panneaux en lamibois sont définis dans la norme NF EN 14279.

Les caractéristiques physiques et mécaniques dépendent de la composition du panneau (essence des placages, épaisseur et nombre de couches, présence ou non de plis croisés). Elles sont déclarées par le fabricant.

7.1.3.3 PANNEAUX OSB

Les panneaux OSB (Oriented Strand Board), constitués de grandes lamelles orientées et liées entre elles par un collage organique, sont définis dans la norme NF EN 300. Ils ne peuvent être utilisés en classe de service 3.

Les panneaux pour usage intérieur ou extérieur protégé et destinés aux emplois travaillants doivent satisfaire aux exigences de type :

– OSB 3 : panneaux destinés aux emplois travaillants utilisés en classe de service 2 (milieu humide)	Intérieur
– OSB 4 : panneaux destinés aux emplois travaillants sous contrainte élevée en milieu humide (classe de service 2)	Intérieur

Les valeurs caractéristiques minimales à prendre en compte pour les calculs sont données dans la norme NF EN 12369-1.

NOTE

La marque de qualité CTB-OSB atteste de la conformité à la norme NF EN 300.

7.1.4 Composites

7.1.4.1 COMPOSITES BOIS POLYMÈRES

Les composites sont fabriqués à partir de matières ligno-cellulosique végétales, issues du bois ou d'autres végétaux et intégrés sous forme de poudre ou de fibres dans une matrice de polymère. Les profils sont obtenus par extrusion, coextrusion ou injection. Les compositions (nature et proportion de matière ligneuse, types de polymère...) varient suivant les procédés. Par conséquent, les propriétés des produits finis peuvent différer de manière significative.

En l'absence de référentiel technique partagé sur ce type de produit, la reconnaissance de leur aptitude à l'emploi passe par une évaluation particulière.

7.1.4.2 STRATIFIÉS DÉCORATIFS HAUTE PRESSION (HPL)

Les stratifiés (HPL) composés de couches à base de matériaux fibreux imprégnés de résines thermodurcissables, liées ensemble par un procédé haute pression sont définis dans la norme NF EN 438.

Les stratifiés destinés à une utilisation en intérieur sont spécifiquement visés par les parties 3 et 4 de la NF EN 438.

Les stratifiés destinés à une utilisation en extérieur sont spécifiquement visés par la partie 6 de la NF EN 438.

7.1.5 Fixations et assemblages

7.1.5.1 ORGANES DE FIXATION

Les organes de fixation métalliques de type tige (pointes, agrafes, vis ou tire-fonds, boulons) doivent être marqués CE conformément à la norme NF EN 14592 ou suivant une Evaluation Technique Européenne pour les assemblages de structures en bois dimensionnés conformément à l'Eurocode 5.

7.1.5.2 CONNECTEURS

Les plaques perforées doivent être marquées CE conformément à la norme NF EN 14545.

Les connecteurs tridimensionnels (boîtiers, étriers, équerres) doivent être marqués CE suivant une Evaluation Technique Européenne basée sur un Document d'Evaluation Européenne. Le Guide d'Agrément Technique Européen ETAG 015 « Connecteurs tridimensionnels de structures bois » peut être utilisé comme DEE.

7.1.5.3 PROTECTION CONTRE LA CORROSION

La protection contre la corrosion des éléments métalliques d'assemblage peut être obtenue par :

- revêtement au zinc électrolytique, conformément à la norme NF EN ISO 2081 (ex : Fe/Zn 12c, Fe/Zn 25c, ...)
- revêtement de zinc par immersion à chaud (galvanisation à chaud), conformément à la norme NF EN ISO 1461 ou à la norme NF EN 10346 ;
- utilisation d'acier inoxydable, conformément à la norme NF EN ISO 3506 (ex : A2, A4) ou NF EN 10088 (ex : 1.4301, 1.4401, ...).

La résistance à la corrosion doit être adaptée aux conditions de corrosivité en œuvre, en considérant à la fois la partie dans le bois et la partie exposée à l'environnement atmosphérique.

- Les spécifications minimales pour la protection contre la corrosion des organes métalliques d'assemblages dans le bois, suivant NF EN 1995-1-1, sont présentées dans le tableau ci-dessous :

Tableau 37 – Protection contre la corrosion des organes d'assemblage

	Classe de service			
	1	2	3	
			Ambiance humide courante	Ambiance humide agressive
Pointes, Vis, Boulons et broches	Pas d'exigence*	Fe/Zn 12 c Galva 39µm	Fe/Zn 25c Galva 49µm Inox A2	Galva 55µm Inox A4
Plaques et connecteurs tridimensionnels	Fe/Zn 12 c Galva Z275	Fe/Zn 12 c Galva Z275	Fe/Zn 25c Galva Z350 Inox A2	Galva Z600 Inox A4

* Une protection minimale est recommandée pour préserver l'aspect

Une ambiance humide agressive est à considérer notamment dans les cas suivants :

- emploi de certaines essences présentant une acidité naturelle telles que : chêne, châtaignier, hêtre, red cedar, douglas ;
- utilisation de bois traité avec produit de préservation contenant du cuivre ou des chlorures ou traitement ignifugeant.

La résistance à la corrosion doit également être adaptée à la corrosivité de l'environnement atmosphérique.

On se référera pour cela au § 6.1 du présent document qui présente les solutions compatibles avec les catégories de corrosivité définies dans la norme EN ISO 9223.

7.2 Conception

7.2.1 Dimensionnement

7.2.1.1 STRUCTURE DU GARDE-CORPS

Les justifications par calcul de la résistance des éléments constitutifs de la structure du garde-corps et de leurs assemblages, vis-à-vis des sollicitations engendrées par les charges horizontales et verticales agissant sur la main courante suivant la catégorie d'usage du bâtiment, telles que définies au § 5.2 sont à établir conformément à l'Eurocode 5 à l'ELU.

Les charges d'exploitation sur la main courante sont considérées comme des actions de moyen terme.

7.2.1.1.1 Main courante

Des exemples de dimensionnement de main courante de section rectangulaire avec la distance maximale entraxe des montants correspondante en fonction du nombre d'appuis et de la catégorie d'exploitation sont présentés dans les tableaux suivants :

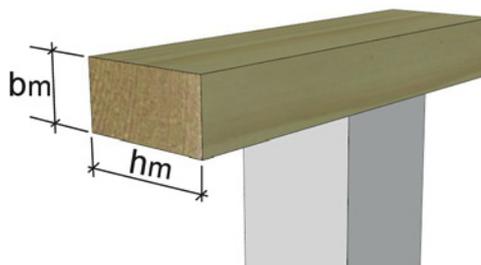


Tableau 38 – Valeurs de portée maximale de la main courante entre montants en fonction de la section de la main courante et de la catégorie d'exploitation pour du bois C24 ou D30 en classe de service 1 ou 2

Classe de service 1 et 2							
Classe mécanique du bois : C24, D30		Distance maximale entraxe montants (m)					
		2 montants			≥ 3 montants		
Épaisseur b_m (cm)	Largeur h_m (cm)	Cat. A et B	Cat. C et D (sauf C5)	Catégories C5	Cat. A et B	Cat. C et D (sauf C5)	Catégories C5
		0,6 kN/m	1 kN/m	3 kN/m	0,6 kN/m	1 kN/m	3 kN/m
3,5	5	0,82	0,82	0,69	0,91	0,91	0,69
3,5	6	0,93	0,93	0,81	1,04	1,04	0,81
3,5	7	1,03	1,03	0,93	1,17	1,17	0,93
3,5	9	1,24	1,24	1,17	1,43	1,43	1,17
3,5	10	1,35	1,35	1,29	1,56	1,56	1,29
3,5	12	1,55	1,55	1,52	1,82	1,82	1,52
4,5	5	1,15	1,15	0,78	1,31	1,31	0,78
4,5	6	1,31	1,31	0,92	1,52	1,52	0,92
4,5	7	1,48	1,48	1,06	1,73	1,73	1,06
4,5	9	1,82	1,82	1,33	2,15	2,15	1,33
4,5	12	2,33	2,33	1,72	2,78	2,78	1,72
5,5	5	1,51	1,50	0,87	1,77	1,50	0,87
5,5	6	1,76	1,76	1,02	2,07	1,77	1,02
5,5	7	2,00	2,00	1,17	2,37	2,03	1,17
5,5	9	2,48	2,48	1,47	2,97	2,54	1,47
5,5	12	3,21	3,21	1,90	3,87	3,30	1,90
7	5	2,17	1,69	0,98	2,18	1,69	0,98
7	6	2,55	1,99	1,15	2,57	1,99	1,15
7	7	2,92	2,29	1,32	2,96	2,29	1,32
7	9	3,67	2,87	1,66	3,71	2,87	1,66
7	12	4,80	3,72	2,15	4,80	3,72	2,15

Tableau 39 – Valeurs de portée maximale de la main courante entre montants en fonction de la section de la main courante et de la catégorie d'exploitation pour du bois C24 ou D30 en classe de service 3

Classe de service 3							
Classe mécanique du bois : C24, D30		Distance maximale entraxe montants (m)					
		2 montants			≥ 3 montants		
Epaisseur b_m (cm)	Largeur h_m (cm)	Cat. A et B	Cat. C et D (sauf C5)	Catégories C5	Cat. A et B	Cat. C et D (sauf C5)	Catégories C5
		0,6 kN/m	1 kN/m	3 kN/m	0,6 kN/m	1 kN/m	3 kN/m
3,5	5	0,72	0,72	0,62	0,79	0,79	0,62
3,5	6	0,81	0,81	0,73	0,90	0,90	0,73
3,5	7	0,89	0,89	0,84	1,00	1,00	0,84
3,5	9	1,06	1,06	1,06	1,21	1,21	1,06
3,5	10	1,15	1,15	1,15	1,32	1,32	1,16
3,5	12	1,32	1,32	1,32	1,53	1,53	1,37
4,5	5	0,99	0,99	0,71	1,12	1,12	0,71
4,5	6	1,12	1,12	0,83	1,29	1,29	0,83
4,5	7	1,26	1,26	0,96	1,46	1,46	0,96
4,5	9	1,54	1,54	1,20	1,80	1,80	1,20
4,5	12	1,95	1,95	1,55	2,31	2,31	1,55
5,5	5	1,29	1,29	0,78	1,49	1,35	0,78
5,5	6	1,48	1,48	0,92	1,73	1,59	0,92
5,5	7	1,68	1,68	1,06	1,98	1,83	1,06
5,5	9	2,07	2,07	1,32	2,46	2,29	1,32
5,5	12	2,67	2,67	1,71	3,20	2,97	1,72
7	5	1,82	1,52	0,88	1,97	1,52	0,88
7	6	2,13	1,80	1,04	2,32	1,80	1,04
7	7	2,43	2,06	1,19	2,66	2,06	1,19
7	9	3,04	2,59	1,49	3,34	2,59	1,49
7	12	3,95	3,35	1,94	4,33	3,36	1,94

Exemples d'application des tableaux 38 et 39 :

- En classe de service 2 pour une main courante de section rectangulaire $b_m \times h_m = 4,5 \times 5 \text{ cm}^2$ en catégorie A et B, la distance maximale entre montants est de :
 - 115 cm si elle est fixée sur seulement 2 montants ;
 - 131 cm si elle est fixée sur au moins 3 montants.
- En classe de service 3, pour une main courante fixée sur des montants espacés de 1 m en catégorie C et D (sauf C5), la section de la main courante $b_m \times h_m$ doit être d'au moins :
 - $3,5 \times 9 \text{ cm}^2$ ou $4,5 \times 6 \text{ cm}^2$ si elle est fixée sur seulement 2 montants ;
 - $3,5 \times 7 \text{ cm}^2$ si elle est fixée sur au moins 3 montants.

La solidarisation de la main courante avec la traverse haute permet d'augmenter les rigidités en flexion dans les deux directions. Cela dépendra notamment du type de connexion employé (collage, assemblage mécanique). L'évaluation de la rigidité effective du profil recomposé est à mener conformément à l'Annexe B de l'Eurocode 5.

7.2.1.1.2 Montants

Des exemples de dimensionnement de montants de section rectangulaire avec la distance maximale entraxe des montants correspondante, en fonction du nombre d'appuis et de la catégorie d'exploitation sont présentés dans les tableaux suivants, pour une hauteur de montant de 1 m :

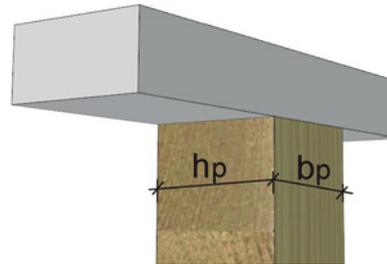


Tableau 40 – Valeurs de portée maximale de la main courante entre montants en fonction de la section du montant et de la catégorie d'exploitation pour du bois C24 ou D30 en classe de service 1 ou 2

Classes de service 1 et 2							
Classe mécanique du bois : C24, D30		Portée maximale main courante entre appuis (m)					
		2 appuis			≥ 3 appuis		
Hauteur h_p (cm)	Largeur b_p (cm)	Cat. A et B	Cat. C et D (sauf C5)	Catégories C5	Cat. A et B	Cat. C et D (sauf C5)	Catégories C5
		0,6 kN/m	1 kN/m	3 kN/m	0,6 kN/m	1 kN/m	3 kN/m
7	4	1,19	0,71		0,48		
7	5	1,49	0,89		0,59		
7	6	1,78	1,07		0,71		
7	7	2,08	1,25		0,83	0,50	
8	4	1,51	0,91		0,60		
8	5	1,89	1,13		0,76		
8	6	2,27	1,36		0,91	0,54	
8	7	2,65	1,59	0,53	1,06	0,64	
8	8	3,02	1,81	0,60	1,21	0,73	
8	9	3,40	2,04	0,68	1,36	0,82	
9	4	1,87	1,12		0,75		
9	5	2,34	1,40		0,93	0,56	
9	6	2,80	1,68	0,56	1,12	0,67	
9	7	3,27	1,96	0,65	1,31	0,79	
9	8	3,74	2,24	0,75	1,50	0,90	
9	9	4,21	2,52	0,84	1,68	1,01	
9	10	4,67	2,80	0,93	1,87	1,12	
10	10	5,65	3,39	1,13	2,26	1,36	
10	11	6,21	3,73	1,24	2,49	1,49	0,50
11	11	7,38	4,43	1,48	2,95	1,77	0,59
12	12	9,41	5,65	1,88	3,77	2,26	0,75

Tableau 41 – Valeurs de portée maximale de la main courante entre montants en fonction de la section du montant et de la catégorie d'exploitation pour du bois C24 ou D30 en classe de service 3

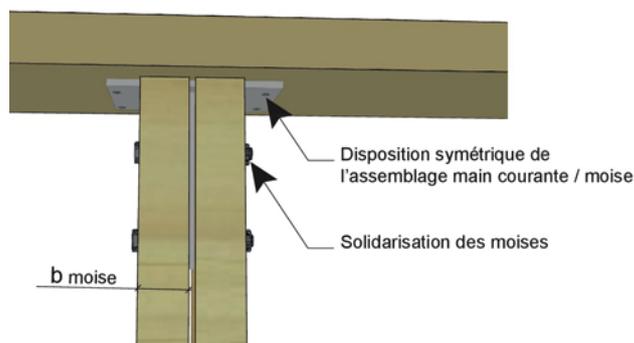
Classe de service 3							
Classe mécanique du bois : C24, D30		Portée maximale main courante entre appuis (m)					
		2 appuis			≥ 3 appuis		
Hauteur h_p (cm)	Largeur b_p (cm)	Cat. A et B	Cat. C et D (sauf C5)	Catégories C5	Cat. A et B	Cat. C et D (sauf C5)	Catégories C5
		0,6 kN/m	1 kN/m	3 kN/m	0,6 kN/m	1 kN/m	3 kN/m
7	4	0,97	0,58				
7	5	1,21	0,72		0,48		
7	6	1,45	0,87		0,58		
7	7	1,69	1,01		0,68		
8	4	1,23	0,74		0,49		
8	5	1,54	0,92		0,61		
8	6	1,84	1,11		0,74	0,44	
8	7	2,15	1,29	0,43	0,86	0,52	
8	8	2,46	1,47	0,49	0,98	0,59	
8	9	2,76	1,66	0,55	1,11	0,66	
9	4	1,52	0,91		0,61		
9	5	1,90	1,14		0,76	0,46	
9	6	2,28	1,37	0,46	0,91	0,55	
9	7	2,66	1,59	0,53	1,06	0,64	
9	8	3,04	1,82	0,61	1,22	0,73	
9	9	3,42	2,05	0,68	1,37	0,82	
9	10	3,79	2,28	0,76	1,52	0,91	
10	10	4,59	2,75	0,92	1,83	1,10	
10	11	5,05	3,03	1,01	2,02	1,21	
11	11	5,99	3,60	1,20	2,40	1,44	0,48
12	12	7,65	4,59	1,53	3,06	1,84	0,61

Exemples d'application des tableaux 40 et 41 :

- En classe de service 2, pour une main courante fixée sur des montants espacés de 1 m en catégorie C et D (sauf C5), la section des montants $h_p \times b_p$ doit être d'au moins :
 - 7 x 6 cm² ou 8 x 5 cm² ou 9 x 4 cm² si la main courante est fixée sur seulement 2 montants ;
 - 9 x 9 cm² si la main courante est fixée sur au moins 3 montants.
- En classe de service 3 pour des montants de section rectangulaire $h_p \times b_p = 7 \times 7$ cm² en catégorie A et B, la distance maximale entre montants est de :
 - 169 cm si la main courante est fixée sur seulement 2 montants ;
 - 68 cm si la main courante est fixée sur au moins 3 montants.

Dans le cas de montants moisés, les largeurs indiquées ci-dessus correspondent au total des deux moises ($b_p = 2 b_{\text{moise}}$), à condition que l'assemblage main courante/montant et la solidarisation entre moises permettent d'assurer la transmission d'efforts équivalents dans les deux moises.

Figure 21 – Assemblage main courante / montant moisé



7.2.1.2 ASSEMBLAGES

7.2.1.2.1 Généralités

- Assemblages avec organes de type tige (pointes, vis ou tire-fond, boulons)
 - Dispositions

Les valeurs minimales d'espacement entre organes et distances aux bords définies par l'EC5-§ 8.3 en considérant une direction d'effort parallèle ($\alpha = 0^\circ$) ou perpendiculaire ($\alpha = 90^\circ$) au fil du bois, sont présentées dans le tableau suivant :

Tableau 42 – Valeurs minimales d'espacements entre organes de fixations et de distances aux bords du support bois

Espacements entre organes et distances minimales			Pointes, vis, tire-fonds (diamètre ≤ 6 mm)			Boulons, Vis et tire-fonds (diamètre > 6 mm)	
			sans avant-trou		avec avant-trou**		
1 : organe			masse volumique bois ρ_k				
2 : direction fil du bois			$\rho_k \leq 420$ kg/m ³	$420 < \rho_k \leq 500$ kg/m ³			
Espacement parallèle au fil 	a_1	$\alpha = 0^\circ$	10 d*, si d < 5mm 12 d*, si d \geq 5mm	15 d*	5 d*	5 d	
		$\alpha = 90^\circ$	5 d*	7 d*	4 d*	4 d	
	a_2	$\alpha = 0^\circ$				3 d*	
		$\alpha = 90^\circ$	5d*	7d*	4 d*	4 d	
Espacement perpendiculaire au fil Distance extrémité chargée 	$a_{3,t}$		15 d	20 d	12 d	max (7 d ; 80 mm)	
Distance extrémité non chargée 	$a_{3,c}$	$\alpha = 0^\circ$				4 d	
		$\alpha = 90^\circ$	10 d	15 d	7d	7 d	
Distance rive chargée 	$a_{4,t}$	$\alpha = 0^\circ$	7 d, si d < 5mm	9 d, si d < 5 mm	5 d, si d < 5 mm	3d	
		$\alpha = 90^\circ$	10 d, si d \geq 5mm	12 d, si d \geq 5 mm	7 d, si d \geq 5 mm	4 d	
Distance rive non chargée 	$a_{4,c}$		5 d	7 d	3 d	3 d	

* Dans le cas d'un assemblage bois/métal, les valeurs minimales d'espacements a_1 et a_2 entre pointes, vis ou tire-fonds peuvent être multipliés par 0,7.

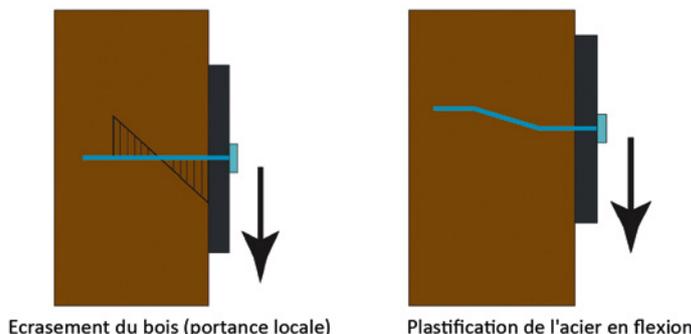
** Pour certaines vis, auto-perceuses, il est possible d'appliquer les valeurs minimales d'espacements et distances pour pointes et vis avec avant-trou sans nécessité de pré-percer. Ces dispositions doivent figurer explicitement dans l'ETE du fabricant.

■ Capacité résistante

Les organes de fixation de type tige permettent de reprendre à la fois des efforts latéraux (cisaillement) et des efforts axiaux (traction).

La résistance aux efforts latéraux (cisaillement) d'un assemblage par tige métallique ancrée dans le bois dépend de la résistance à l'écrasement du bois sous la pression diamétrale de l'organe (portance locale du bois) et de la résistance à la flexion de la tige plastifiée.

Figure 22 – Comportement d'un organe de type tige dans le bois sous un effort de cisaillement



Les principaux paramètres influents sur la performance de ce type d'assemblage vis-à-vis d'un effort latéral sont :

- les caractéristiques de l'organe de fixation : la géométrie (diamètre et élancement des tiges) et les propriétés caractéristiques de résistance associées ;
- les caractéristiques des pièces assemblées : la portance locale dans le bois dépend directement de sa masse volumique, liée à la classe mécanique du bois ; la possibilité de flexion de la tige dépend de la nature de l'élément assemblé (bois, plaque métallique mince ou épaisse) ;
- l'épaisseur des pièces et la longueur de pénétration des organes : la résistance à l'écrasement dépend directement de la longueur de pénétration de l'organe dans le bois ; l'épaisseur des pièces influe sur la possibilité de flexion de la tige ;
- le nombre de plans de cisaillement de l'organe : simple cisaillement ou double cisaillement ;
- la disposition des organes dans les pièces de bois suivant la direction de l'effort : la capacité résistante maximale ne peut être mobilisée qu'en pleine masse, sans risque de fissuration du bois. Lorsque plusieurs organes sont disposés sur une même ligne, la résistance globale de l'assemblage dépend de l'espacement entre organes (effet de nombre) ;
- le pré-perçage : il limite le risque de fissuration et augmente la portance locale.

La valeur de calcul de résistance en cisaillement pour un organe est noté

$$F_{v,Rd,organe}$$

La valeur de calcul de résistance en cisaillement d'un assemblage est notée

$$F_{v,Rd,Ass}$$

Elle s'obtient par la relation suivante : $F_{v,Rd,Ass} = n_{ef} F_{v,Rd,organe}$

n_{ef} étant le nombre efficace d'organes dans l'assemblage.

Ce nombre efficace dépend du type d'organe, de leur espacement et de la direction de l'effort par rapport au fil du bois.

- Pour les pointes, vis et tire-fonds, le nombre efficace d'organes en cisaillement à prendre en compte dans une file suivant le fil du bois est déterminé en fonction du nombre d'organes dans la file suivant la relation : $n_{ef} = nk_{ef}$;

- k_{ef} est donné dans le tableau suivant, en fonction de l'espacement entre organes dans le sens du fil a_1 :

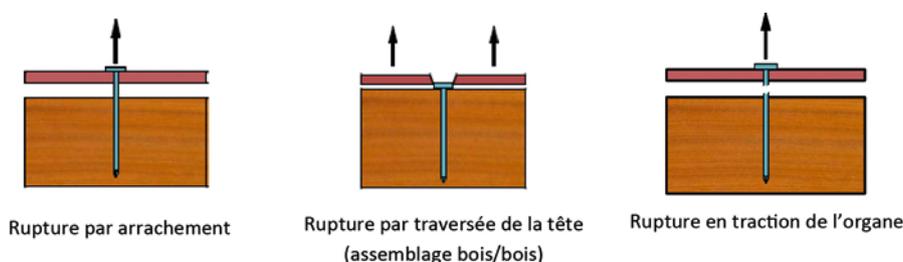
a_1	k_{ef}
14 d	1
10 d	0,85
7d	0,7
4d	0,5
<i>Interpolation linéaire pour des espacements intermédiaires</i>	

- Pour les boulons, le nombre efficace d'organes en cisaillement à prendre en compte dans une file suivant le fil du bois est déterminé en fonction du nombre d'organes dans la file suivant la relation :

$$n_{ef} = \min \left\{ n, 0,9^4 \sqrt{\frac{n}{13d}} \right.$$

La résistance aux efforts axiaux (traction) dépend de la résistance à l'arrachement de l'organe dans le bois, de la résistance à la traversée de la tête et de la résistance en traction de l'organe.

Figure 23 – Modes de rupture d'un assemblage par organe de type tige dans le bois en traction



Les principaux paramètres influents sur la performance de ce type d'assemblage vis-à-vis d'un effort de traction sont :

- les caractéristiques de l'organe de fixation : les propriétés du fil d'acier, la géométrie (diamètre et longueur de la partie filetée des tiges, diamètre de la tête) et les propriétés caractéristiques de résistance associées ;
- les caractéristiques des pièces assemblées : la résistance à l'extraction de l'organe et la résistance à la traversée de tête dépendent directement de la masse volumique du bois, liée à la classe mécanique du bois.

La valeur de calcul de résistance en traction pour un organe est noté $F_{ax,Rd,organe}^*$

La valeur de calcul de résistance en traction d'un assemblage est notée $F_{ax,Rd,Ass}^*$

Elle s'obtient par la relation suivante : $F_{ax,Rd,Ass}^* = n_{ef} F_{ax,Rd,organe}^*$

n_{ef} étant le nombre efficace d'organes dans l'assemblage.

Dans le cas d'un assemblage par vis, $n_{ef} = n^{0,9}$, n étant le nombre de vis en traction.

Dans le cas d'un assemblage par boulons, $n_{ef} = n$.

Quelques exemples de valeurs de résistance de calcul par organe ($n_{ef} = 1$) sont présentés dans les tableaux ci-dessous.

■ Assemblages par vis :

Les valeurs données dans les tableaux ci-dessous sont valables à condition de respecter les exigences suivantes :

- l_{ef} : longueur de pénétration de la partie filetée dans l'élément du côté de la pointe, $l_{ef} \geq 4 d$;
- d_h : diamètre de la tête, $d_h \geq 2 d$, d : diamètre nominal de la vis.

Les caractéristiques retenues pour les vis, issues des valeurs minimales déclarées par les fabricants dans les ETE, sont présentées ci-dessous :

d	$F_{\text{tens},k}$	$M_{y,Rk}$	$f_{\text{head},k}^*$	$f_{ax,k}^*$
mm	N	N.mm	N/mm ²	N/mm ²
3	2800	1435	8	11,7
4	3000	1800		
5	7900	5417		

* Valeurs associées à une masse volumique $\rho_a = 350 \text{ kg/m}^3$

– Assemblage bois/bois simple cisaillement :

Tableau 43 – Valeurs de résistance de calcul d'un assemblage bois/bois par vis en simple cisaillement

Résistance de calcul d'un assemblage bois/bois par vis en simple cisaillement $F_{v,Rd,organe}$ (daN)							
Classe de service	Épaisseur élément assemblé (côté tête)	Diamètre vis d (mm)	C24* ($\rho_k = 350 \text{ kg/m}^3$)		D24* ($\rho_k = 485 \text{ kg/m}^3$)		D30* ($\rho_k = 530 \text{ kg/m}^3$)
			sans avant trou	avec avant trou	sans avant trou	avec avant trou	avec avant trou
1 et 2	≥ 25 mm	3	27	33	34	42	45
		4	45	57	56	73	73
		5	66	87	82	111	119
3		3	22	27	28	34	37
		4	37	46	46	59	59
		5	54	71	67	90	97

* Classe mécanique identiques pour les deux éléments assemblés

Tableau 44 – Valeurs de résistance de calcul d'un assemblage bois/bois par vis en traction

Résistance de calcul d'un assemblage bois/bois par vis en traction $F_{ax,Rd,organe}$ (daN)				
Classe de service	Diamètre vis d (mm)	C24	D24	D30
1 et 2	3	18	19	19
	4	32	34	34
	5	49	53	53
3	3	15	15	15
	4	26	28	28
	5	40	43	43

– Assemblage bois/métal simple cisaillement :

Tableau 45 – Valeurs de résistance de calcul d'un assemblage bois/métal par vis en simple cisaillement

Résistance de calcul d'un assemblage bois/métal par vis en simple cisaillement $F_{v,Rd,organe}$ (daN)							
Classe de service	Épaisseur plaque métallique* t_m	Diamètre vis d (mm)	C24 ($\rho_k = 350 \text{ kg/m}^3$)		D24 ($\rho_k = 485 \text{ kg/m}^3$)		D30 ($\rho_k = 530 \text{ kg/m}^3$)
			sans avant trou	avec avant trou	sans avant trou	avec avant trou	avec avant trou
1 et 2	$\leq 0,5d$ (mince)	3	36	41	44	49	52
		4	47	68	65	83	87
		5	54	84	76	116	127
	$\geq d$ (épaisse)	3	49	55	58	66	69
		4	70	92	92	111	117
		5	92	123	120	162	175
3	$\leq 0,5d$ (mince)	3	29	33	36	40	42
		4	38	55	53	67	71
		5	44	68	62	94	103
	$\geq d$ (épaisse)	3	40	45	47	54	56
		4	57	75	75	90	95
		5	75	100	98	132	142

* Pour une plaque métallique d'épaisseur comprise entre $0,5d$ et d , la valeur de résistance est obtenue par interpolation linéaire

Tableau 46 – Valeurs de résistance de calcul d'un assemblage bois/métal par vis en traction

Résistance de calcul d'un assemblage bois/métal par vis en traction $F_{ax,Rd,organe}$ (daN)				
Classe de service	d (mm)	C24	D24	D30
1 et 2	3	26	34	36
	4	46	60	64
	5	72	93	100
3	3	21	28	29
	4	37	49	52
	5	59	76	81

■ Assemblages par boulons :

Les valeurs données dans le tableau ci-dessous sont valables à condition de respecter les exigences suivantes :

- classe mécanique des boulons : 6,8 ;
- diamètre des trous de boulons dans le bois $\leq d + 1 \text{ mm}$;
- diamètre des trous de boulons dans les plaques métalliques $d \leq \max(d+2 \text{ mm} ; 0,1d)$;
- diamètre des rondelles $\geq 3d$, épaisseur des rondelles $\geq 0,3d$;
- espacement entre boulons suivant le fil du bois = $a_1 \text{ min.}$

Tableau 47 – Valeurs de résistance de calcul d'un assemblage bois/bois et bois/métal par boulon en traction

Résistance de calcul d'un assemblage bois/bois ou bois/métal par boulon en traction $F_{ax,Rd,organe}$ (daN)							
Classe de service	Diamètre boulon	C24		D24		D30	
		Rondelle / Bois	Plaque métallique/bois	Rondelle / Bois	Plaque métallique/bois	Rondelle /Bois	Plaque métallique/bois
1 et 2	M8	173	335	538	1045	552	1072
	M10	274	528	855	1647	877	1689
	M12	399	764	1244	2384	1276	2445
	M14	547	1044	1706	3257	1749	3341
3	M8	141	272	437	849	449	871
	M10	223	429	695	1338	713	1372
	M12	324	621	1011	1937	1037	1987
	M14	444	848	1386	2646	1421	2715

■ Assemblages directs par contact (entailles)

Les assemblages directs transmettent les efforts de cisaillement et de compression par contact bois/bois sur la surface commune de recouvrement entre les éléments.

Les principaux paramètres influents sur la performance de ce type d'assemblage sont :

- la géométrie des entailles ;
- l'angle de l'effort par rapport au fil du bois des éléments assemblés ;
- la capacité de résistance en cisaillement et en compression parallèle et perpendiculaire au fil, liées à la classe mécanique du bois.

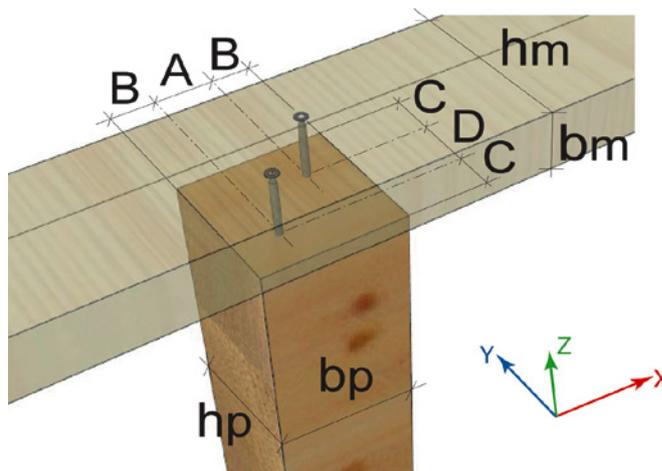
■ Assemblages avec connecteurs métalliques (boitiers, étriers, équerres)

Les capacités de résistance aux efforts latéraux et axiaux et moments éventuels sont données dans les ETE des connecteurs.

7.2.1.2.2 Assemblage traverse / montant

■ Assemblage direct avec organes

Figure 24 – Vissage par le dessus



Les organes de fixation sont sollicités en simple cisaillement bois/bois de direction perpendiculaire au fil du bois ($\alpha=90^\circ$) sous les charges horizontales.

Les organes étant disposés dans le bois de bout du poteau, la capacité résistante est réduite.

La charge verticale est transmise par contact bois/bois.

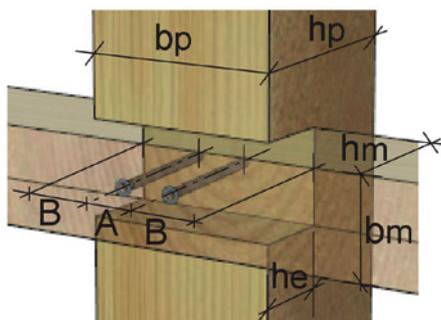
Des valeurs de dimension minimales de section suivant X (largeur de montant b_p) et suivant Y (largeur de main courante h_m et hauteur de montant h_p) sont données dans le tableau suivant en fonction du type et du diamètre de l'organe de fixation.

Tableau 48 – Dimensions minimales en fonction du type et diamètre de l'organe

Élément	Direction	Nombre d'organes	Dimension minimale	Vis, tire-fonds					
				sans avant trou				avec avant trou	
				$\rho k \leq 420 \text{ kg/m}^3$		$420 < \rho k \leq 500 \text{ kg/m}^3$		d = 3 mm	d = 5 mm
				d = 3 mm	d = 5 mm	d = 3 mm	d = 5 mm		
Main courante, montant	Y : h_m, h_p	1	2C	42 mm	100 mm	54 mm	120 mm	30 mm	70 mm
		2	2C+D	57 mm	125 mm	75 mm	155 mm	42 mm	90 mm
	X : b_p	1	2B	42 mm	100 mm	54 mm	120 mm	30 mm	70 mm
		2	2B+A	57 mm	125 mm	75 mm	155 mm	42 mm	90 mm

■ Assemblage direct avec organes et entaille

Figure 25 – Entaille dans le montant + vissage par l'intérieur

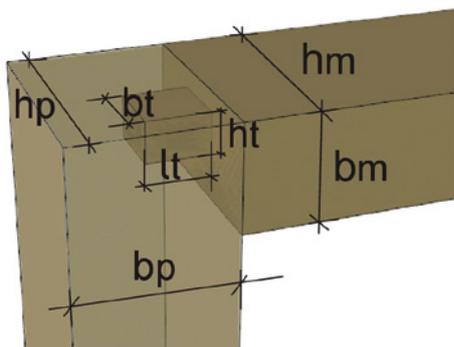


La charge horizontale vers l'extérieur et la charge verticale sont reprises par contact bois/bois.

Les organes de fixation sont sollicités en traction sous la charge horizontale vers l'intérieur.

■ Assemblage direct par tenon mortaise

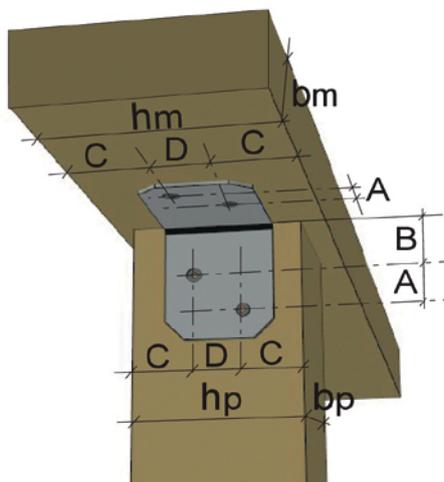
Figure 26 – Assemblage par tenon mortaise



Les charges horizontales et verticale sont reprises uniquement par contact bois/bois.

■ Assemblage indirect par connecteur et organes

Figure 27 – Equerres fixées par vis



Sous les charges horizontales les organes de fixation sont sollicités en simple cisaillement bois/métal de direction perpendiculaire au fil du bois ($\alpha=90^\circ$).

Les charges verticales sont reprises par contact bois/bois.

Des valeurs minimales de dimension de section suivant Y (largeur de main courante h_m et hauteur de montant h_p) sont données dans le tableau suivant en fonction du type et du diamètre de l'organe de fixation.

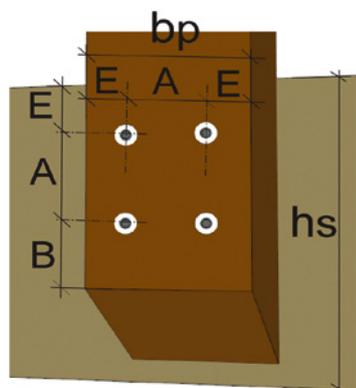
Tableau 49 – Dimensions minimales en fonction du type et diamètre de l'organe

Élément	Direction	Nombre d'organes	Dimension minimale	Vis, tire-fonds					
				sans avant trou				avec avant trou	
				$\rho k \leq 420 \text{ kg/m}^3$		$420 < \rho k \leq 500 \text{ kg/m}^3$		d = 3 mm	d = 5 mm
				d = 3 mm	d = 5 mm	d = 3 mm	d = 5 mm		
Main courante, montant	Y : h_m, h_p	1	2C	42 mm	100 mm	63 mm	120 mm	35 mm	70 mm
		2	2C+D	53 mm	118 mm	81 mm	145 mm	45 mm	84 mm
	X : b_p	1	2B	42 mm	100 mm	63 mm	120 mm	35 mm	70 mm
		2	2B+A	53 mm	118 mm	81 mm	145 mm	45 mm	84 mm

7.2.1.2.3 Assemblage pied de montant

■ Assemblage direct avec organes

Figure 28 – Ancrage par vis ou tire-fond dans support bois



Les charges horizontales provoquent un moment dans l'assemblage. Les organes sont sollicités en traction/compression.

L'effort dans chaque organe est proportionnel à sa distance au centre de rotation de l'assemblage (cf. §5.5.2).

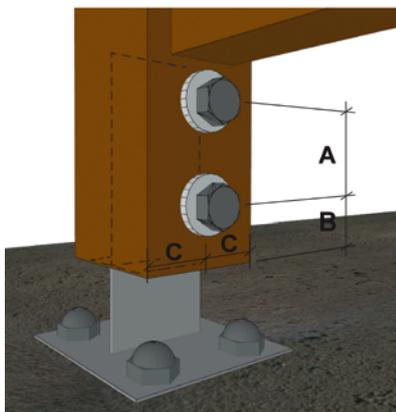
Sous les charges verticales les organes de fixation sont sollicités en simple cisaillement bois/bois :

- de direction parallèle au fil du bois ($\alpha=0^\circ$) pour le montant ;
- de direction perpendiculaire au fil du bois ($\alpha=90^\circ$) pour le support.

Des valeurs minimales de dimension de section suivant X (largeur de montant b_p) et suivant Z (hauteur du support bois h_s) sont données dans le tableau suivant en fonction du type et du diamètre de l'organe de fixation.

Élément	Direction	Nombre d'organes	Dimension minimale	Vis, tire-fonds			Boulons		
				sans avant trou		avec avant trou	M10	M12	M14
				$\rho k \leq 420 \text{ kg/m}^3$	$420 < \rho k \leq 500 \text{ kg/m}^3$				
				d = 5 mm					
Montant, support bois	Z : h_s	1	B+E	75 mm	110 mm	50 mm	70	84	98
		2	A+B+E	110 mm	150 mm	60 mm	120	144	168
	X : b_p	1	2E	50 mm	70 mm	30 mm	60	72	84
		2	2E+A	75 mm	105 mm	50 mm	100	120	140
		3	2E+2A	100 mm	130 mm	70 mm	140	168	196

■ Assemblage indirect par connecteur métallique et organes

Figure 29 –
Pied de poteau
métallique en âme

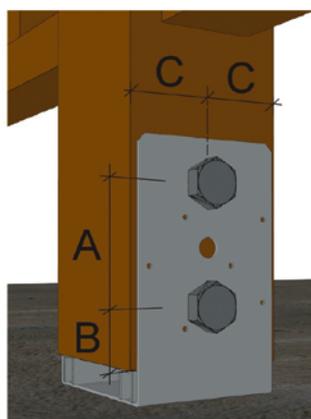
Les charges horizontales provoquent un moment dans l'assemblage.

Les organes sont sollicités en double cisaillement bois/métal, avec l'âme métallique en élément central.

L'effort dans chaque organe est proportionnel à sa distance au centre de rotation de l'assemblage.

La direction de l'effort est perpendiculaire au fil du bois ($\alpha=90^\circ$).

Sous les charges verticales les organes de fixation sont sollicités en cisaillement bois/métal de direction parallèle au fil du bois ($\alpha=0^\circ$).

Figure 30 – Pied de poteau
métallique en U

Les charges horizontales provoquent un moment dans l'assemblage.

Les organes sont sollicités en double cisaillement bois/métal, avec les plats métalliques en éléments externes.

L'effort dans chaque organe est proportionnel à sa distance au centre de rotation de l'assemblage.

La direction de l'effort est perpendiculaire au fil du bois ($\alpha=90^\circ$).

Sous les charges verticales les organes de fixation sont sollicités en simple cisaillement bois/métal* de direction parallèle au fil du bois ($\alpha=0^\circ$) dans le montant.

7.2.1.3 REMPLISSAGE

Les principaux types de remplissage des garde-corps en bois sont présentés ci-dessous :

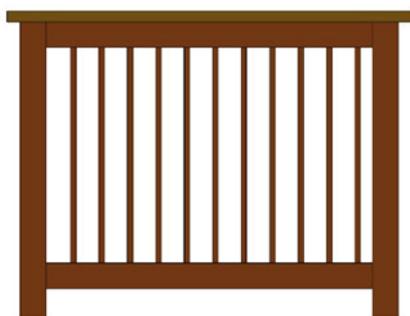


Figure 31 – Barreaux

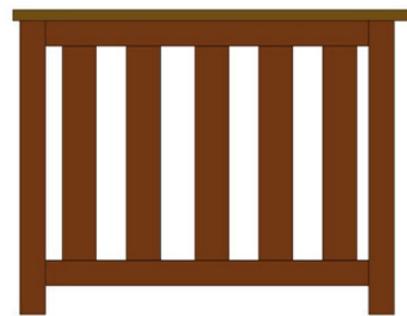


Figure 32 – Palines

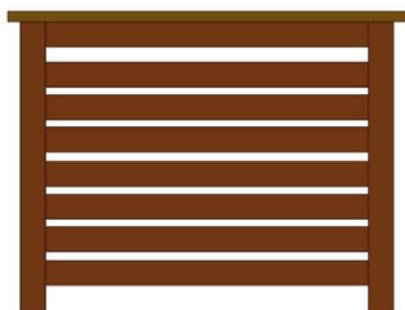


Figure 33 – Traverses horizontales



Figure 34 – Panneaux

Les remplissages doivent respecter les dispositions géométriques de sécurité décrites au § 5.1.2.

Les éléments de remplissage peuvent être posés dans l'épaisseur du garde-corps ou en applique.

Les assemblages des éléments de remplissage entre eux et à aux éléments de structure peuvent être :

- Directs :
 - par entaille et contact bois/bois ;
 - à l'aide d'organes de type tige.
- Indirects, par connecteurs et organes.

Du point de vue de la résistance mécanique, l'exigence sur le remplissage est une obligation de résultat vis-à-vis des essais dynamiques de choc (cf. 5.3.3).

L'évaluation des sollicitations engendrées par le choc sur les éléments de remplissage et leur liaison est difficilement envisageable par calcul. Le dimensionnement doit s'appuyer sur des solutions éprouvées par essais.

La pose en applique (« à l'anglaise ») des éléments et leur fixation depuis le côté intérieur favorisent la robustesse du remplissage.

7.2.2 Maitrise de la durabilité des garde-corps extérieurs

7.2.2.1 AFFECTATION DE LA CLASSE D'EMPLOI

7.2.2.1.1 Critères d'affectation

L'affectation de la classe d'emploi de chaque élément de l'ouvrage est établie suivant la démarche décrite dans le FD P 20-651 à partir des trois critères suivants :

- les conditions d'exposition à l'eau ;
- la massivité de la pièce de bois ;
- les facteurs de conception influant sur la salubrité.

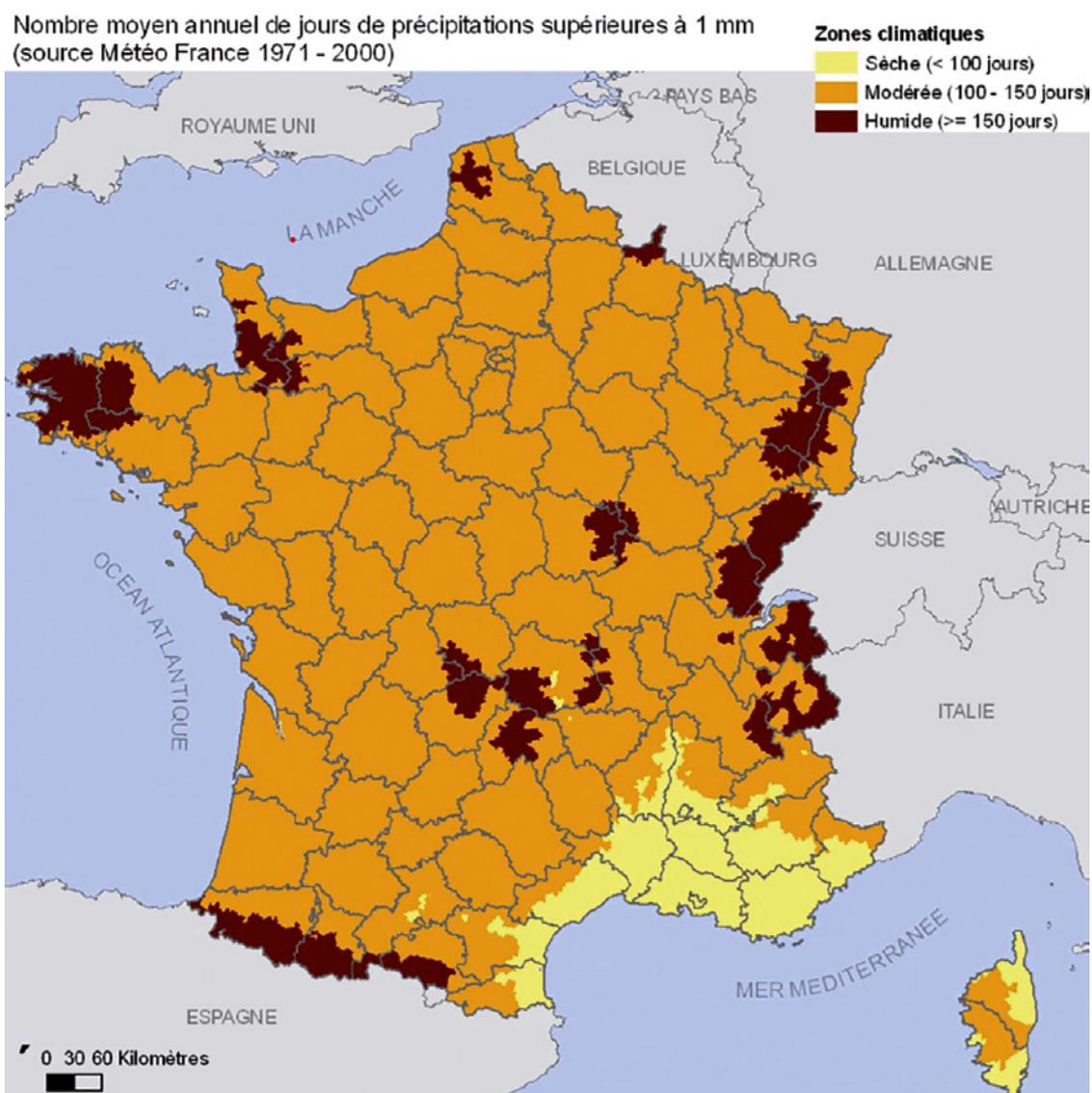
Le FD P 20-651 définit formellement les deux premiers critères.

Les conditions d'exposition à l'eau dépendent de la situation géographique de l'ouvrage, de l'orientation de la façade et de la position de l'ouvrage sur la façade par rapport aux éléments débordant pouvant apporter une protection.

- Trois zones de condition climatiques sont définies en fonction du nombre moyen annuel de jours où l'ouvrage est exposé à la pluie, N :
 - Zone sèche : $N < 100$ jours ;
 - Zone modérée : $100 \leq N < 150$ jours ;
 - Zone humide : $N \geq 150$ jours.

La répartition géographique des zones est représentée sur la carte extraite du FD P 20-651 reproduite ci-dessous :

Figure 35 – Cartes de répartition géographique des zones climatiques (extrait FD P 20-651)

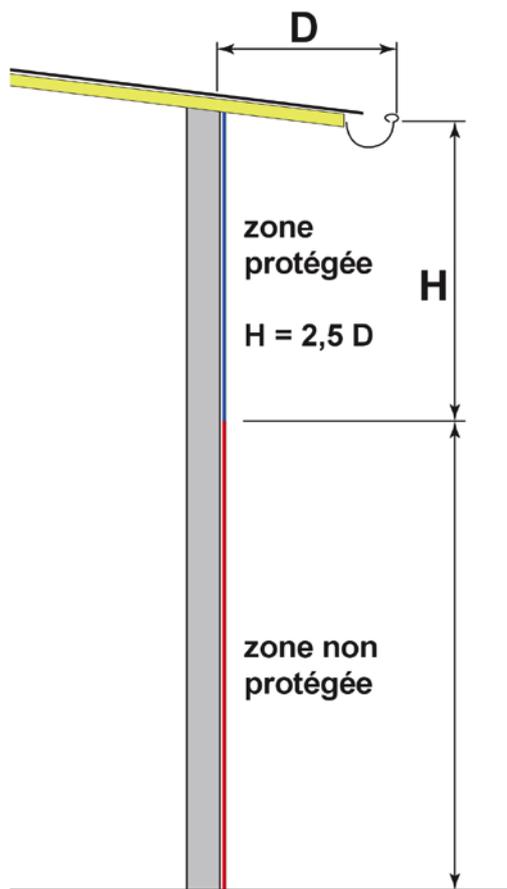


Une liste exhaustive de la répartition par cantons est donnée en Annexe B du FD P 20-651.

Ces catégories de condition climatique, basée sur l'orientation la plus défavorable est à considérer sans distinction entre façades, de manière sécuritaire.

- La protection apportée par un élément débordant en façade (débord de de toiture, coursive, balcon, loggia...) de largeur D peut être prise en compte sous une hauteur $H = 2,5D$ depuis le niveau de l'élément débordant, comme illustré ci-dessous :

Figure 36 – Définition de la zone protégée (extrait FD P 20-651)



Les ouvrages de façade situés en zone protégée sont affectés en classe d'emploi 2.

Les ouvrages de façade sous l'élément débordant mais en zone non protégée sont en exposition partielle.

Les ouvrages au-delà de l'élément débordant sont pleinement exposés.

Le paramètre de massivité des pièces de bois, traduit leur capacité à absorber/désorber l'humidité et leur comportement vis-à-vis du retrait à l'assèchement générateur de fentes. Il est désigné suivant trois catégories en fonction de la nature du produit bois (bois massif, bois recomposé) et de son épaisseur (plus faible dimension) :

Tableau 50 – Catégorie de massivité des pièces de bois (extrait FD P 20-651)

Massivité	Bois massif, BMA	BLC avec épaisseur des lamelles > 35 mm BMR	BLC avec épaisseur des lamelles ≤ 35 mm
Faible	$e \leq 28$ mm		$e \leq 28$ mm
Moyenne	28 mm < $e \leq 75$ mm	$e \leq 150$ mm	28 mm < $e \leq 210$ mm
Forte	$e > 75$ mm	$e > 150$ mm	$e > 210$ mm

Pour le critère lié aux facteurs de conception, le FD P 20-651 introduit trois catégories de salubrité de la conception :

- Drainante : éléments verticaux sans piégeage d'eau (parties courantes et points singuliers) ;
- Moyenne : éléments horizontaux sans piégeage d'eau (parties courantes et points singuliers) ;
- Piégeante : rétention d'eau potentielles au niveau de points singuliers (assemblages, bois de bout exposés...).

La désignation de ces catégories de salubrité de conception aux différentes configurations usuelles d'un ouvrage est établie par les documents de prescriptions, en particulier les normes ou DTU correspondants lorsqu'ils existent. Pour les garde-corps, on se base sur les règles d'affectation données dans les NF DTU 31.1 (charpente bois), NF DTU 36.3 (escaliers en bois et garde-corps associés) et la norme NF P 23-305 (menuiseries en bois).

■ Parties courantes d'un élément :

Niveau de salubrité de la conception suivant l'inclinaison de l'axe longitudinal de la pièce par rapport à l'horizontale.

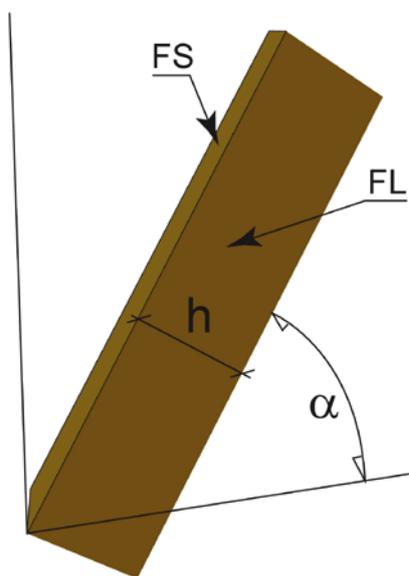


Figure 37 – Inclinaison α de l'axe longitudinal de l'élément par rapport à l'horizontale, face supérieure et face latérale

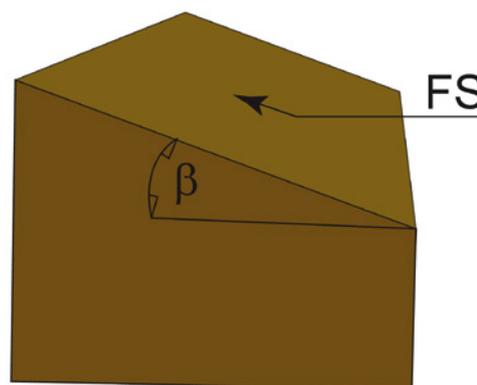


Figure 38 – Inclinaison de la face supérieure pour écoulement transversal de l'eau

Tableau 51 – Niveaux de salubrité de la conception sur les différentes faces en partie courante d'un élément (suivant NF DTU 31.1)

Inclinaison axe longitudinal / horizontale	Face Supérieure		Face Latérale	
	Inclinaison face supérieure / axe longitudinal	Conception	Hauteur (retombée)	Conception
$\alpha > 75^\circ$		Drainante		Drainante
$75^\circ \leq \alpha < 15^\circ$	$\beta \geq 15^\circ$	Drainante	$h \leq 23 \text{ cm}$	Drainante
	$\beta < 15^\circ$	Moyenne		
$\alpha \leq 15^\circ$	$\beta \geq 15^\circ$	Drainante	$h > 23 \text{ cm}$	Moyenne
	$\beta < 15^\circ$	Piégeante		

■ Points singuliers :

- Extrémités des pièces :

Les bois de bout exposés sont à affecter en conception piégeante à l'exception des extrémités basses dont l'angle avec l'horizontale est inférieur à 15° .

■ Assemblages :

Tableau 52 – Niveaux de salubrité de conception des principaux types d'assemblage (suivant DTU 31.1)

Type d'assemblage	Conception
Assemblage comportant des encastresments de parties bois (tenon/mortaise, entaille...), ou avec des formes d'usinage (ex : chapelle) pouvant créer des piègeages d'eau	Piégeante
Assemblages avec contacts surfaciques entre éléments	Moyenne
Assemblages avec désolidarisation des éléments	Drainante

7.2.2.1.2 Relations entre critères d'affectation et classes d'emploi

A partir des trois critères d'affectation (condition climatique, massivité et salubrité de la conception) pour l'élément d'ouvrage considéré, la classe d'emploi correspondante est obtenue à l'aide du tableau suivant.

Tableau 53 – Relations entre critères d'affectation et classes d'emploi (extrait FD P 20-651)

Massivité	Conception	Exposition partielle			Pleine Exposition		
		Conditions climatiques			Conditions climatiques		
		Sec	Modéré	Humide	Sec	Modéré	Humide
Faible	Drainante	3.1	3.1	3.1	3.1	3.1	3.1
	Moyenne	3.1	3.1	3.2	3.1	3.2	3.2
	Piégeante	3.1	3.2	3.2	3.2	4	4
Moyenne	Drainante	3.1	3.1	3.2	3.1	3.1	3.2
	Moyenne	3.1	3.1	3.2	3.2	3.2	3.2
	Piégeante	3.1	3.2	4	3.2	4	4
Forte	Drainante	3.1	3.1	3.2	3.1	3.2	3.2
	Moyenne	3.1	3.2	3.2	3.2	3.2	4
	Drainante	3.2	3.2	4	4	4	4

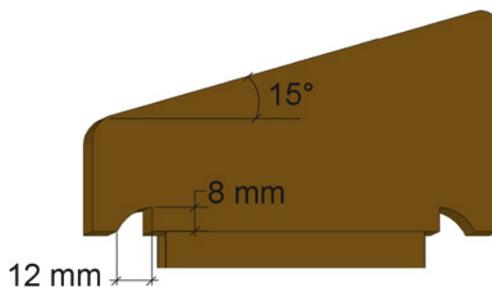
De manière simplifiée, avec l'application systématique et généralisée de conceptions drainantes, telles que présentées dans le paragraphe suivant, on pourra retenir une affectation en classe d'emploi 3.2.

7.2.2.2 EXEMPLES DE DISPOSITIONS DRAINANTES

7.2.2.2.1 Main courante

La face supérieure de la main courante présente un angle minimal d'inclinaison par rapport à l'horizontale de 15°. La sous-face comporte des rainures de gouttes d'eau type quart de rond, trapézoïdal ou triangulaire.

Figure 39 – Profil de main courante de conception drainante



7.2.2.2.2 Assemblage Main courante / Montant

La mise en œuvre de la main courante en recouvrement sur l'extrémité du montant avec une largeur débordante de part et d'autre assure la protection de la tête du montant du montant.

L'assemblage s'effectue par fixation en sous-face de la main courante.

7.2.2.2.3 Montant

L'utilisation de montants moisés permet de limiter la massivité des pièces. Un espace d'au moins 10 mm est maintenu entre les moises, à l'aide de rondelles de désolidarisation sur les organes de fixation.

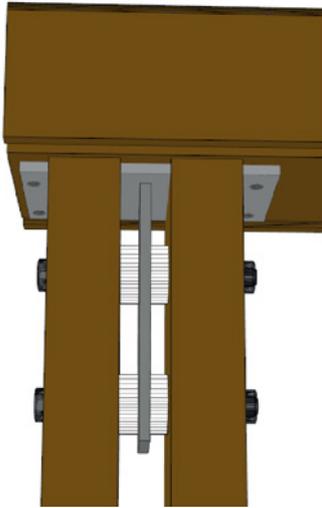


Figure 40 – Tête de montant moisé avec assemblage par platine fixée en sous-face de la main courante

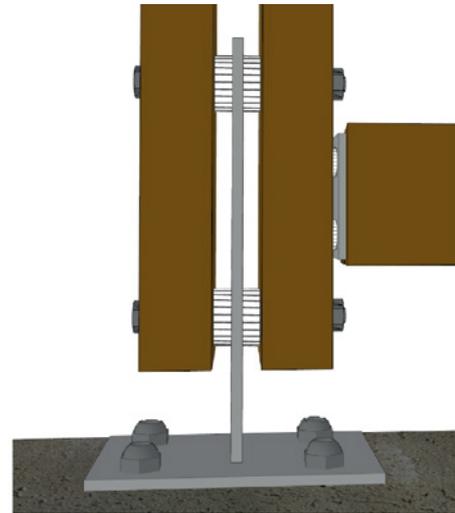


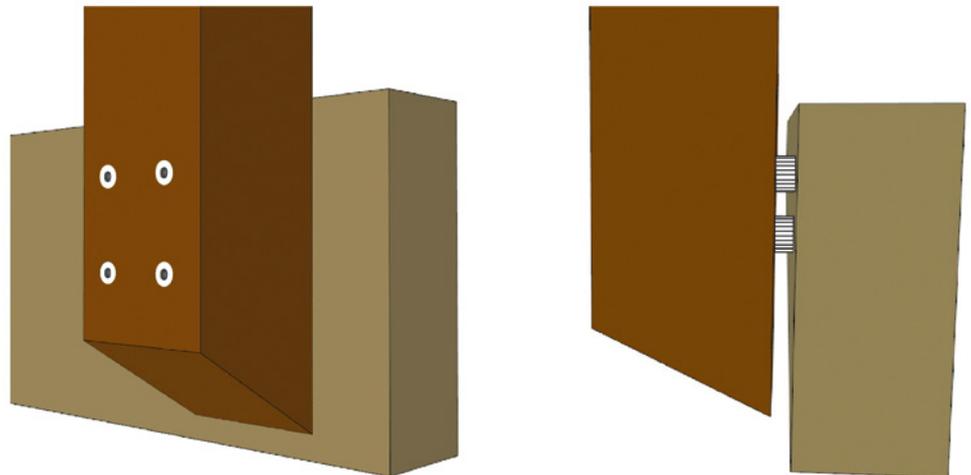
Figure 41 – Pied de montant moisé avec rondelles de désolidarisation au droit des organes d'assemblage

7.2.2.2.4 Ancrage en pied de montant

- Pose en nez de plancher (« à l'anglaise ») :

Un espace d'au moins 10 mm est maintenu entre le pied de montant et le support bois, à l'aide de rondelles de désolidarisation sur les organes de fixation.

Figure 42 – Pied de montant ancré en nez de support bois avec rondelles de désolidarisation



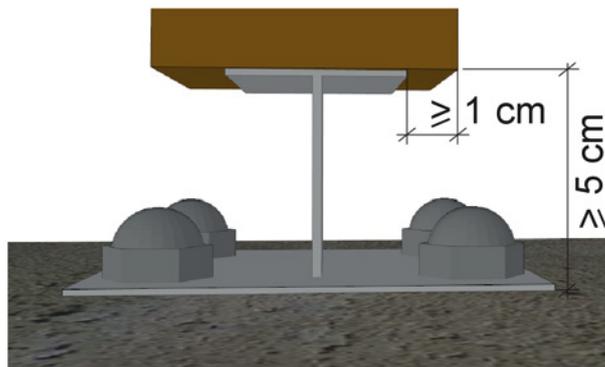
- Pose sur le plancher (« à la française ») :

Ce type de mise en œuvre constituant une interface horizontale est à éviter sur plancher bois à l'extérieur.

Sur support béton, les dispositions suivantes sont à adopter pour limiter la rétention d'eau et la projection d'eau :

- débord du bois d'au moins 1 cm par rapport à la ferrure ;
- distance minimale de 5 cm entre le bois de bout et le sol fini.

Figure 43 – Pied de montant ancré sur support béton



7.2.2.2.5 Remplissage

La face supérieure des traverses et des éléments verticaux de remplissage présente une inclinaison minimale de 15° par rapport à l'horizontale.

Les barreaux sont posés en applique sur les traverses avec des rondelles de désolidarisation au droit des organes de fixation pour maintenir un espace d'au moins 5 mm entre les montants et la traverse.



Figure 44 – Barreaux en applique sur les traverses

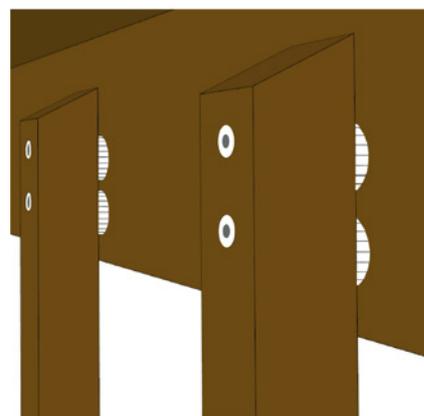


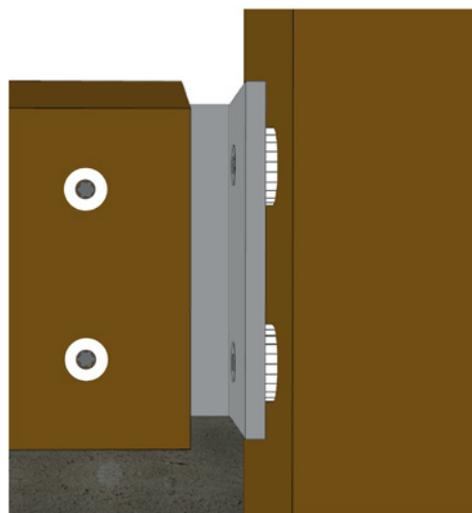
Figure 45 – Extrémités supérieures des barreaux de remplissage sur traverse haute



Figure 46 – Extrémités inférieures des barreaux sur traverse basse

Un assemblage traverse / montant indirect à l'aide d'un étrier à âme intérieure et d'organes permet de ménager un espace entre les éléments. Des rondelles de désolidarisation d'au moins 5 mm d'épaisseur sont disposées au droit des organes de fixation entre le connecteur métallique.

Figure 47 – Assemblage indirect traverse sur montant par connecteur et organe



7.3 Mise en œuvre

7.3.1 Maitrise de l'humidité du bois

L'humidité des bois doit être aussi voisine que possible de l'humidité moyenne correspondant à l'équilibre hygroscopique de ces bois en service.

A défaut de spécifications particulières, le taux d'humidité du bois à la mise en œuvre doit être compris dans les tolérances indiquées dans le tableau ci-dessous :

Tableau 54 – Humidité des bois à la mise en œuvre

Classe de service de destination	Exemple de destination	Valeur moyenne d'humidité de mise en œuvre visée	Tolérance sur l'humidité
1	Garde-corps dans local couvert et chauffé	12 %	± 3 %
2	Garde-corps dans local couvert non chauffé ou en extérieur abrité	15 %	± 3 %
3	Garde-corps exposé aux intempéries	20 %	± 5 %

Les mesures d'humidité s'effectuent selon les méthodes définies par les normes NF EN 13183 Parties 1 à 3.

Les écarts d'humidité entre les éléments d'un même lot ne doivent pas dépasser 5 % d'humidité.

Les garde-corps doivent être stockés dans les locaux les protégeant des expositions aux intempéries et des reprises d'humidité.

Pour les garde-corps destinés à un usage intérieur, en cas de stockage prolongé (plus d'un mois) et après mise en œuvre en phase chantier, les conditions hygrométriques du local doivent être aussi proche que possible que celles du local de destination en service. Cela peut nécessiter un chauffage ou une climatisation.

7.3.2 Tolérances sur l'ouvrage terminé

Tableau 55 – Tolérances sur l'ouvrage terminé

Critère	Tolérance
Horizontalité	1 %
Verticalité	1 %
Rectitude	3 mm/m

7.4 Entretien

L'entretien des garde-corps doit permettre d'assurer les trois objectifs suivants :

- l'intégrité des éléments et le maintien de la durabilité biologique du bois dans la durée avec inspection de points singuliers les moins favorables en terme de salubrité et d'écoulement de l'eau ;
- la bonne fixation des organes et connecteurs métalliques et la pérennité de leur protection anticorrosion ;
- le suivi dans la durée du vieillissement d'aspect qui va dépendre de la présence initiale ou non de finition sur les ouvrages à la livraison :

- ouvrages sans finition initiale :

Inspection du vieillissement d'aspect des éléments en bois bruts, portant sur la dimension « esthétique » liée à l'évolution de la coloration des bois dans la durée. Ces éléments peuvent conduire respectivement à de la restauration de l'uniformité d'aspect avec des possibilités de nettoyage et la substitution de quelques éléments.

Par ailleurs, un système de finition pourra être appliqué, à tout moment, sur des bois livrés brut initialement, lorsque les parties d'ouvrages sont notamment positionnées dans des conditions de classe d'emploi 3.1.

Le système de finition devra être compatible avec le support identifié (bois à durabilité naturelle ou bois à durabilité conférée), et son application sera conforme aux prescriptions de la NF EN 927 et du NF DTU 59.1.

- ouvrages avec système de finition :

Lorsque le vieillissement d'un système de finition nécessite un entretien (récurrence très variable (environ 2 à 10 ans) suivant le système de finition initialement préconisé et l'exposition des ouvrages considérés), celui-ci est réalisé par mise en œuvre d'une ou plusieurs couches de finition (identiques ou compatibles avec le système de finition initial) selon recommandations du fabricant.

Il convient que le titulaire du lot comprenant la mise en œuvre du garde-corps fournisse à la maîtrise d'ouvrage une notice d'entretien et de maintenance qui :

- définit les modalités d'entretien adaptées, en précisant la fréquence ;
- définit les modalités de maintenance ;
- comporte une mention spécifiant que le maître d'ouvrage en a bien pris connaissance.

NOTE

La certification CTB A + « Entretien et embellissement des bois et matériaux à base de bois en extérieur » garantit la compétence et la qualité de service de l'entreprise qui intervient dans la protection, l'entretien et l'embellissement des ouvrages extérieurs en bois.

08

GARDE-CORPS ET BALUSTRADES EN BÉTON



8.1 Garde-corps et balustrades en béton préfabriqués

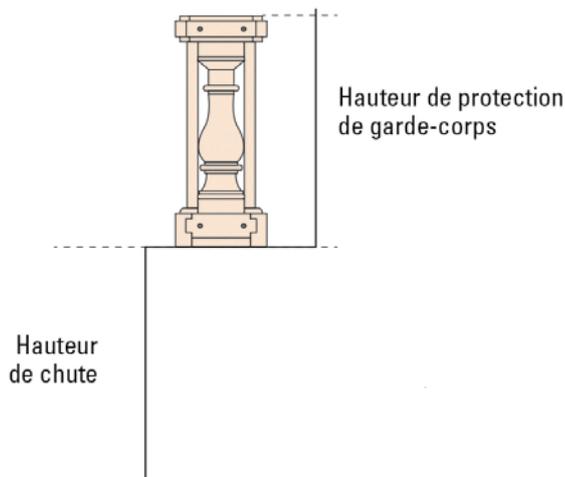
8.1.1 Produits et Matériaux

8.1.1.1 BALUSTRADES (BALUSTRES, PILIERS ET MAIN COURANTE)

Une balustrade est considérée comme garde-corps lorsque la hauteur de chute dépasse un mètre dans les conditions définies par la norme NF P 01-012. Dans ce cas, la hauteur et l'écartement des balustres doivent être conformes à la norme NF P 01-012.

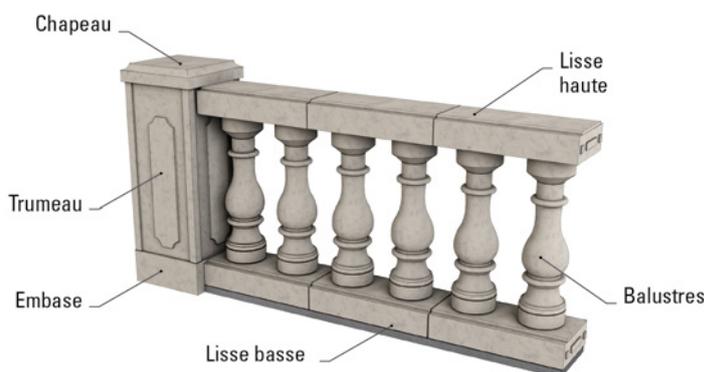
Lorsqu'elle est située en bordure d'une dénivellation ne dépassant pas un mètre, une balustrade est considérée décorative. Elle permet dans ce cas d'établir un obstacle fixe à la limite contiguë au vide comme le recommande la norme NF P 01-012. Dans ce cas, on pose généralement 4 balustres au mètre ou 5 balustres pour les plus fins.

Figure 48 – Garde-corps :
balustrade



Une balustrade se compose d'un alignement de balustres et est constituée par plusieurs éléments préfabriqués en béton :

Figure 49 – Balustrade



Différentes géométries de balustres peuvent être proposées.

Les éléments de la balustrade sont couramment réalisés en béton de ciment blanc ou en pierre reconstituée. Différentes teintes et textures sont proposées. Le CEN/TR 15739 : « Produits préfabriqués en béton, surfaces et parements de béton, éléments d'identification » peut être utilisé pour définir le mode d'expression du niveau de qualité et les niveaux d'exigence.

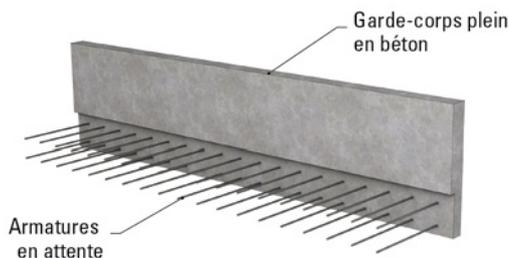
NOTE

La certification « Marque NF – Eléments architecturaux en béton préfabriqués en usine » gérée par le CERIB permet d'attester des caractéristiques d'aspect, des teintes et des textures.

8.1.1.2 GARDE-CORPS PLEINS EN BÉTON

Les garde-corps pleins en béton sont des éléments de mur avec des aciers en attente liaisonnés avec une dalle préfabriquée ou coulée en place.

Figure 50 – Garde-corps plein en béton



■ Béton

Le béton doit être conforme à la NF EN 206/CN ainsi qu'à la NF EN 1992-1-1 et son annexe nationale.

La norme NF EN 206/CN définit dans son Annexe NA.F, les exigences relatives à la composition et aux propriétés des bétons en fonction de la classe d'exposition :

- Tableau NA.F1 – Valeurs limites applicables en France pour la composition et les propriétés du béton en fonction de la classe d'exposition ;
- Tableau NA.F2 – Valeurs limites applicables en France pour la composition et les propriétés du béton des produits en béton préfabriqués en usine en fonction de la classe d'exposition.

Les caractéristiques du béton, pour assurer la liaison par armatures en attente du garde-corps préfabriqué avec le support béton, sont données au § 8.1.2.4.

Les garde-corps pleins en béton peuvent être réalisés en différentes teintes et textures. Le CEN/TR 15739 : « Produits préfabriqués en béton, surfaces et parements de béton, éléments d'identification » peut être utilisé pour définir le mode d'expression du niveau de qualité et les niveaux d'exigence.

NOTE

La certification « Marque NF – Éléments architecturaux en béton préfabriqués en usine » gérée par le CERIB permet d'attester des caractéristiques d'aspect, des teintes et des textures.

■ Armatures de béton armé

La norme de référence des aciers d'armature de béton armé est la norme NF EN 10080 (Aciers pour l'armature du béton – Aciers soudables pour béton armé – Généralités).

La norme de référence pour les armatures coupées, façonnées ou assemblées est la norme NF A35-027 (Produits en acier pour le béton armé – Armatures).

Les exigences concernant les aciers sont détaillées dans les normes NF A35-015 pour les aciers soudables lisses, NF A35-080-1 pour les aciers pour béton armé de nuances B500A, B500B, B500C, B450B et B450C, NF A35-080-2 pour les treillis soudés constitués d'aciers soudables pour béton armé de nuances B500A, B500B, B500C, B450B et B450C de diamètre nominal supérieur à 5 mm et la NF A35-024 pour les treillis soudés de surface constitués de fils de diamètre nominal inférieur à 5 mm.

Par ailleurs les aciers galvanisés doivent être conformes aux normes NF A35-025 et NF EN 10348-2 et les aciers inoxydables à la norme NF A35-014.

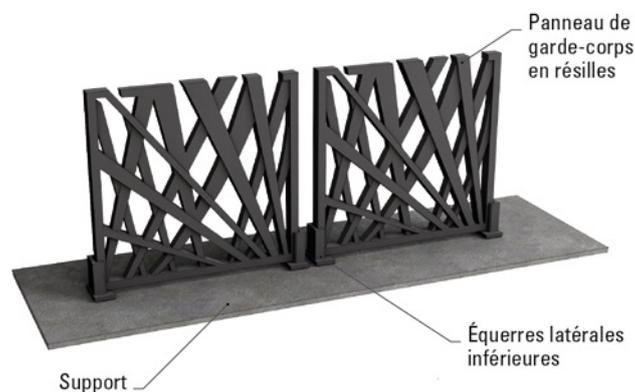
NOTE

Les certifications « Marque NF – Aciers pour béton armé » et « Marque NF – Armatures » gérées par l'AFCAB (Association Française de Certification des Armatures du Béton) valent la preuve du respect des exigences définies dans ces normes.

8.1.1.3 PANNEAUX POUR GARDE-CORPS

Les panneaux de garde-corps peuvent être pleins, ajourés ou en résilles. Ils présentent plusieurs types de matrices et peuvent être pigmentés de différentes couleurs au niveau de la masse de béton.

Figure 51 – Panneaux pour garde-corps en résilles



Ces panneaux peuvent être livrés avec main courante intégrée en BFUP, BTHP ou béton fibré ou sans main courante. Cette dernière sera rapportée ultérieurement au garde-corps avec de la résine époxy par exemple. La main courante peut être également en bois, en acier, en inox ou autre. Leur fabrication se base sur les règles communes pour les produits préfabriqués en béton de la norme NF EN 13369.

■ Béton très haute performance : BTHP :

Les exigences concernant les BTHP sont détaillées dans la norme NF EN 206 et son complément national NF EN 206/CN.

■ Béton fibré à ultra haute performance : BFUP :

Les exigences concernant les BFUP sont détaillées dans la norme NF EN 13369. Les produits préfabriqués en BFUP sont conformes aux normes NF P18-710 complément national à l'Eurocode 2 pour les BFUP, NF P18-451 qui définit les règles spécifiques pour les BFUP pour l'exécution des structures et éléments préfabriqués ou non et la NF P18-470 qui définit notamment les exigences applicables aux constituants, à la composition et à la spécification des BFUP ainsi que les essais, les procédures de contrôle de production et les critères de conformité.

8.1.1.4 FIXATIONS ET PRODUITS D'ASSEMBLAGE

Les fixations et les produits d'assemblage dépendent du type de garde-corps préfabriqué en béton :

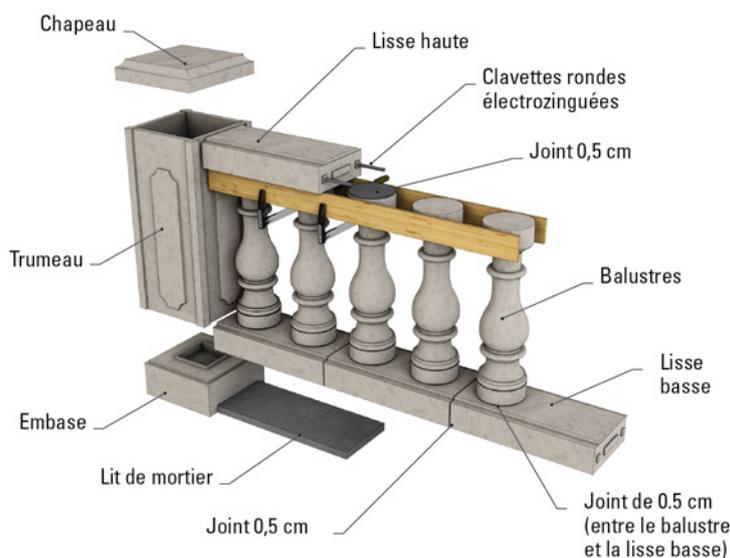
■ Balustrades :

Les produits d'assemblage des balustrades à utiliser sont ceux préconisés ou fournis par le fabricant :

- Mortier de joint d'assemblage entre les différentes pièces de lisses (hautes ou basses), entre lisses et trumeaux ainsi qu'entre lisses et balustres ;
- Clavettes de liaisonnement mécanique entre lisses et trumeaux, entre les différentes pièces de lisses hautes ou basses ainsi qu'entre les balustres et les lisses.

Les barres d'acier HA haute adhérence de liaison du trumeau avec le support doivent être de limite élastique supérieure ou égale à 500 MPa.

Figure 52 – Différentes parties de la balustrade



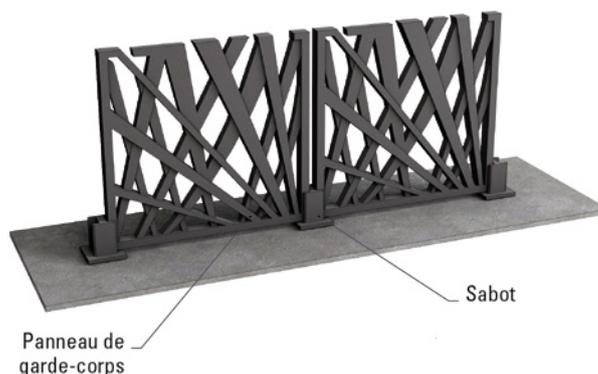
■ Garde-corps pleins en béton :

Les liaisons des garde-corps pleins en béton s'effectuent au moyen des armatures en attente des garde-corps.

■ Panneaux pour garde-corps :

Les panneaux pour garde-corps peuvent être fixés sur montants métalliques. Ils peuvent également être fixés ou emboîtés en partie basse sur des pièces métalliques, telles que des équerres (Figure 51) ou des sabots (Figure 53), fixées dans le support ou aux extrémités de panneaux adjacents. La fixation supérieure peut alors être réalisée par un profil métallique en U, continu ou non.

Figure 53 – Type de fixations inférieures – sabots



Ces pièces sont généralement en acier de construction protégé contre la corrosion (galvanisé à chaud ou métallisé) ou en acier inoxydable, tels que définis au § 6.1.1, le cas échéant de matériaux composites résistants à la corrosion. Les boulons, écrous et chevilles métalliques doivent respecter les spécifications du § 5.5 du présent document.

8.1.2 Conception

8.1.2.1 BALUSTRADES (BALUSTRES, PILIERS ET MAIN COURANTE)

Les balustrades font l'objet d'essais statique et dynamique conformes à la norme NF P01-013 « Essais des garde-corps », dans leurs conditions d'utilisation (assemblage entre éléments, ancrage des trumeaux dans le support). Sur cette base, le fabricant définit les dispositions constructives à respecter lors de la mise en œuvre :

- La distance maximale entre trumeaux ;
- L'écartement entre balustres (limité par les exigences géométriques de la norme NF P 01-012) ;
- Le type d'assemblage entre les différents éléments (mortier d'assemblage, clavettes) ;
- La quantité d'acier à introduire au niveau des trumeaux.

Lorsque les balustrades sont encastrées à l'une de leur extrémité dans un mur, il convient de désolidariser la balustrade du mur, par exemple en plaçant un polystyrène de 10 mm à l'extrémité de la lisse.

Il est impératif de prévoir des trous ou buses au niveau des lisses basses permettant l'évacuation des eaux pluviales.

8.1.2.2 GARDE-CORPS PLEINS EN BÉTON

Les garde-corps reprennent leur poids propre et une charge horizontale linéaire s'appliquant en tête de l'élément. Les intensités des charges à appliquer sont définies dans la NF EN 1991-1-1 et son annexe nationale.

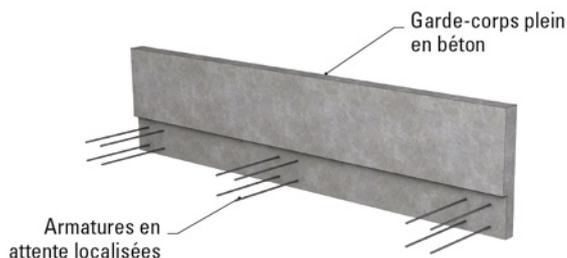
Lorsqu'ils sont en extérieur, les garde-corps sont également assujettis aux charges de vent, uniformément réparties sur la surface de béton. Ces charges sont définies dans la NF EN 1991-1-4 et son annexe nationale.

En situation sismique, les garde-corps sont considérés comme des éléments non structuraux. L'effort sismique qui s'applique est déterminé selon la NF EN 1998-1 et son annexe nationale (paragraphe 4.3.5).

Les garde-corps et leurs liaisons par armatures en attente dans le support béton (dalle, balcon, ...) sont dimensionnés selon la NF EN 1992-1-1 et son annexe nationale.

La liaison du garde-corps au support béton est réalisée au moyen d'armatures en attente (droites, en boucles ou de treillis soudés) réparties sur la longueur du garde-corps (voir Figure 50). Elle peut également être faite par des armatures localisées afin de limiter les reprises de bétonnage sur chantier (Figure 54).

Figure 54 – Armatures en attente localisées



Les armatures en attente sont liaisonnées par clavetage à la dalle coulée en place ou préfabriquée.

La zone d'ancrage doit être suffisamment armée pour résister aux contraintes et diffuser les efforts à la structure.

Lors de la mise en œuvre, une attention particulière doit être portée au respect des longueurs d'ancrage et des longueurs de recouvrement des armatures en attente, définies pour le projet.

Les longueurs d'ancrage de calcul sont déterminées sur la base des longueurs d'ancrage de référence et de la contrainte ultime d'adhérence. Ces dernières, ainsi que les longueurs de recouvrement sont calculées conformément à la NF EN 1992-1-1 et son annexe nationale. A défaut, des valeurs forfaitaires peuvent être utilisées (voir § 8.2.6.1).

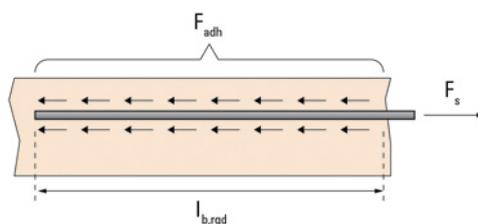
■ Longueurs d'ancrage de référence et contraintes ultimes d'adhérence

L'ancrage désigne la longueur nécessaire pour qu'une barre scellée dans le béton ne soit pas extraite sous l'effort de traction. Des forces de liaison qui s'opposent au glissement des armatures par rapport au béton qui les enrobe, se développent grâce aux forces de frottement créant ainsi de l'adhérence entre l'acier et le béton.

Ainsi, la longueur d'ancrage de référence $l_{b,rqd}$ nécessaire pour ancrer l'effort de traction, $F_s = A_s \sigma_{sd}$, qui règne dans une barre droite de section A_s , est déterminée en écrivant l'équilibre de la barre soumise à (voir Figure 55) :

- Un effort de traction : $F_s = \frac{\pi \varnothing^2}{4} \sigma_{sd}$;
- Un effort d'adhérence exercé par le béton : $F_{adh} = f_{bd} \times \pi \varnothing \times l_{b,rqd}$, sous l'hypothèse que la contrainte d'adhérence f_{bd} est constante sur la longueur d'ancrage $l_{b,rqd}$.

Figure 55 – Barre soumise à un effort de traction F_s et un effort d'adhérence F_{adh} exercé par le béton.



Par équilibre, l'expression de la longueur d'ancrage de référence en fonction de la contrainte ultime d'adhérence est déduite :

$$l_{b,rqd} = \frac{\varnothing}{4} \frac{\sigma_{sd}}{f_{bd}}$$

Où :

- \varnothing : diamètre nominal de l'armature ;
- σ_{sd} : contrainte de calcul de la barre dans la section à partir de laquelle on mesure l'ancrage ;

- f_{bd} : valeur de calcul de la contrainte ultime d'adhérence, donnée par l'expression suivante :

$$f_{bd} = 2.25\eta_1\eta_2f_{ctd}$$

En effet, cette contrainte d'adhérence est fonction de :

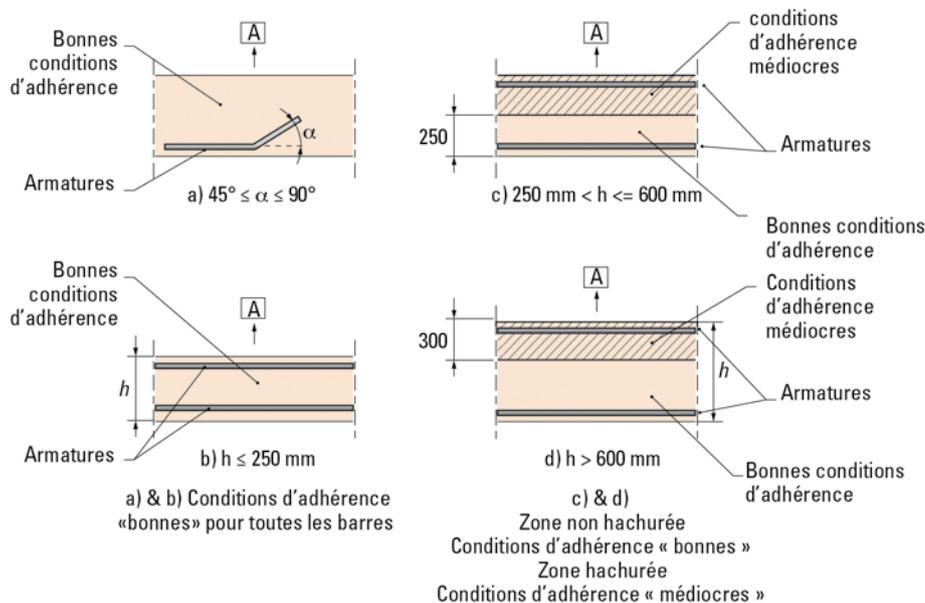
1. La classe du béton, étant donné que f_{ctd} désigne la résistance de calcul en traction du béton (clause 3.1.6 (2) P de la NF EN 1992-1-1, 2005) et sera calculée à 28 jours telle que :

$$f_{ctd} = \alpha_{ct} \frac{f_{ctk,0.05}}{\gamma_c} = \alpha_{ct} \frac{0.7f_{ctm}}{\gamma_c}$$

Avec :

- $\alpha_{ct} = 1$ selon la valeur recommandée par l'EC2 (clause 3.1.6 de la NF EN 1992-1-1, 2005) et l'Annexe Nationale (NF EN 1992-1-1/NA) ;
 - γ_c pris conventionnellement égal à 1.5 ;
 - f_{ctm} est la valeur moyenne de la résistance en traction directe du béton donnée par le tableau 3.1 de l'EC2 : NF EN 1992-1-1 :2005.
2. Les conditions d'adhérence et la position de la barre au cours du bétonnage par l'intermédiaire du coefficient η_1 , tel que :
 - $\eta_1 = 1$ pour de bonnes conditions d'adhérence (positionnement des armatures dans les zones claires des figures figures 56a, 56b, 56c et 56d) ;
 - $\eta_1 = 0.7$ dans les autres cas (positionnement des armatures dans les zones hachurées des figures 56c et 56d), à moins que l'on puisse démontrer que les conditions d'adhérence sont bonnes.

Figure 56 – Illustration des conditions d'adhérence



3. Le diamètre de la barre avec le coefficient η_2 , tel que :

- $\eta_2 = 1$ pour un diamètre $\varnothing \leq 32$ mm ;
- $\eta_2 = (132 - \varnothing) / 100$ pour $\varnothing > 32$ mm.

■ Longueurs d'ancrage de calcul :

La longueur d'ancrage de calcul l_{bd} vaut :

$$l_{bd} = a_1 a_2 a_3 a_4 a_5 l_{brqd} \geq l_{b,min}$$

Où :

a_1 , a_2 , a_3 , a_4 et a_5 sont des coefficients donnés dans le tableau 8.2 de la NF EN 1992-1-1 :2005.

a_1 tient compte de l'effet de la forme des barres, l'enrobage étant supposé correct ;

a_2 tient compte de l'effet de l'enrobage minimal ;

a_3 tient compte de l'effet de confinement des armatures transversales ;

a_4 tient compte de l'influence d'une ou plusieurs barres transversales soudées le long de la longueur d'ancrage de calcul l_{bd} ;

a_5 tient compte de l'effet de la pression orthogonale au plan de fendage le long de l_{bd} .

Le produit vérifie :

$$a_2 a_3 a_5 \geq 0.7$$

$l_{b,min}$ est la longueur d'ancrage minimale en l'absence de toute autre limitation :

- Ancrages de barres tendues : $l_{b,min} \geq \max\{0.3 l_{b,rqd} ; 10\phi ; 100 \text{ mm}\}$;
- Ancrages de barres comprimées : $l_{b,min} \geq \max\{0.6 l_{b,rqd} ; 10\phi ; 100 \text{ mm}\}$.

Tableau 56 – Valeurs des coefficients a_1 , a_2 , a_3 , a_4 , et a_5

Facteur d'influence	Type d'ancrage	Armature de béton armé	
		tendue	comprimée
Forme des barres	Droit	$a_1 = 1,0$	$a_1 = 1,0$
	Autre (voir Figure 8.1 b), c) et d) de la NF EN 1992-1-1)	$a_1 = 0,7$ si $c_d > 3 \phi$ sinon $a_1 = 1,0$ (voir Figure 57 pour les valeurs de c_d)	$a_1 = 1,0$
Enrobage	Droit	$a_2 = 1 - 0,15 (c_d - \phi) / \phi$ $\geq 0,7$ $\leq 1,0$	$a_2 = 1,0$
	Autre (voir Figure 8.1 b), c) et d) de la NF EN 1992-1-1)	$a_2 = 1 - 0,15 (c_d - 3 \phi) / \phi$ $\geq 0,7$ $\leq 1,0$ (voir Figure 57 pour les valeurs de c_d)	$a_2 = 1,0$
Confinement par des armatures transversales non soudées aux armatures principales	Tous types	$a_3 = 1 - K\lambda$ $\geq 0,7$ $\leq 1,0$ (voir figure 58 pour les valeurs de K)	$a_3 = 1,0$
Confinement par des armatures transversales soudées	Tous types, positions et diamètres	$a_4 = 0,7$	$a_4 = 0,7$
Confinement par compression transversale	Tous types	$a_5 = 1 - 0,04p$ $\geq 0,7$ $\leq 1,0$	—

où :

$$\lambda = (\Sigma A_{st} - \Sigma A_{st,min}) / A_s$$

ΣA_{st} aire de la section des armatures transversales le long de l_{bd} (longueur d'ancrage de calcul)

$\Sigma A_{st,min}$ aire de la section minimale d'armatures transversales

= 0,25 A_s pour les poutres et 0 pour les dalles

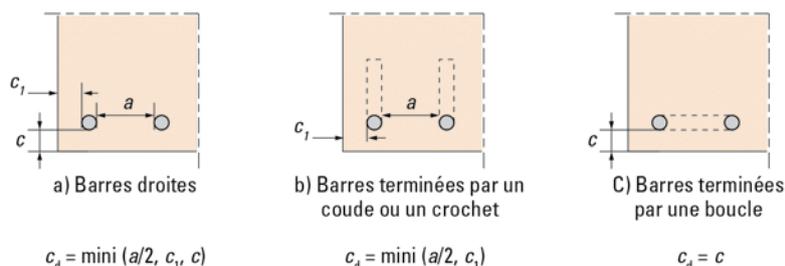
A_s aire de la section d'une barre ancrée individuelle de diamètre maximal

K valeurs apparaissant sur la Figure 58

p pression transversale à l'état-limite ultime le long de l_{bd} en MPa

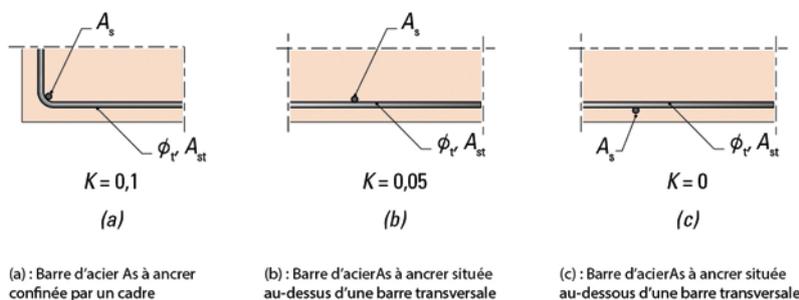
Les valeurs du coefficient c_d applicables aux poutres et aux dalles sont applicables aux garde-corps :

Figure 57 – Valeurs de c_d à prendre en compte pour le calcul du coefficient a_2



Dans le cas du confinement par des armatures transversales non soudées aux armatures longitudinales principales, les valeurs de K à prendre en compte dans le calcul du coefficient a_3 , sont présentées par la Figure 58. A_s étant l'aire de la section de la barre longitudinale ancrée, A_{st} l'aire de la section d'armature transversale et ϕ_t le diamètre des armatures transversales :

Figure 58 – Valeurs de K à prendre en compte pour le calcul du coefficient a_3



■ Longueurs de recouvrement

La longueur de recouvrement de calcul vaut :

$$l_0 = a_1 a_2 a_3 a_4 a_5 a_6 l_{b,rqd} \geq l_{0,min}$$

Tel que $l_{0,min} \geq \max(0.3a_6 l_{b,rqd}; 15\phi; 200 \text{ mm})$.

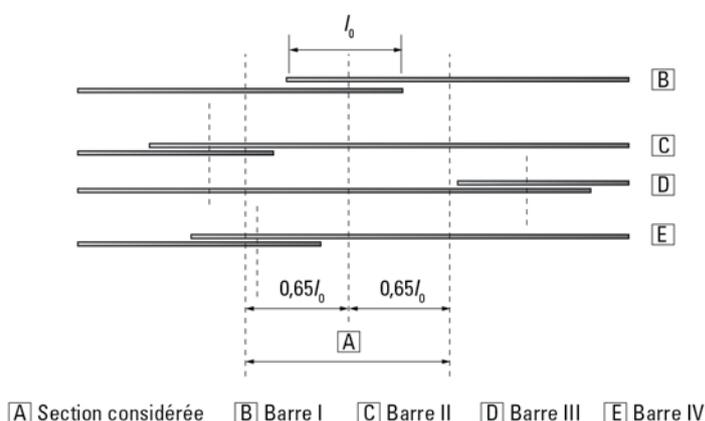
Les valeurs des coefficients a_1, a_2, a_3, a_4 , et a_5 sont données par le tableau 8.2 de la NF EN 1992-1-1, 2005.

- Il convient toutefois pour le calcul de a_3 , de prendre $\Sigma A_{st,min} = A_s \left(\frac{\sigma_{sd}}{f_{yd}} \right)$. A_s dénote l'aire de la section d'une des barres comportant un recouvrement ;
- $a_6 = (\rho_1/25)^{0.5}$, limité à l'intervalle défini par les valeurs 1 et 1.5, avec ρ_1 qui représente la proportion de barres avec recouvrement dont l'axe se situe à moins de $0.65l_0$ de l'axe du recouvrement considéré (se référer au Tableau 57 et à la Figure 59 du présent document).

Tableau 57 – Valeurs du coefficient a_6

ρ_1	< 25 %	33 %	50 %	> 50 %
a_6	1	1,15	1,4	1,5
NOTE les valeurs intermédiaires peuvent être obtenues par interpolation				

Figure 59 – Proportion de recouvrements à prendre en compte dans une section de recouvrement donnée



Exemple : Les barres II et III sont en dehors de la section considérée : $\rho_1 = 50 \%$ et $a_6 = 1,4$.

8.1.2.3 PANNEAUX POUR GARDE-CORPS

Selon la norme NF P 01-013, les essais statiques 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.

NOTE

Le dimensionnement d'un panneau pour garde-corps devrait alors tenir compte à minima des points suivants :

- Matériaux utilisés : se baser sur la norme NF P 18-710 dans le cas de panneaux en BFUP et la NF EN 206/CN pour les panneaux en BTHP ;
- Représentativité de la géométrie du panneau et de ses composants ;
- Modélisation de l'interaction avec le support ;
- Modélisation de l'effort.

D'autre part, les essais dynamiques sont réalisés pour tous les types de garde-corps. Ils ne sont effectués que si le système d'assemblage du remplissage n'est pas éprouvé par des essais ou des références antérieures.

8.1.2.4 DURABILITÉ

Lors de la mise en œuvre, une attention particulière doit être portée au respect des enrobages définis pour le projet. Ils sont déterminés sur la base de la classe d'exposition.

■ Classes d'exposition

Les classes d'environnement sont définies par les normes NF EN 206/CN et NF EN 1992-1-1,2005 comme suit :

Tableau 58 – Classes d'environnement selon NF EN 206/CN

Désignation de la classe	Description de l'environnement :	Exemples informatifs illustrant le choix des classes d'exposition
1. Aucun risque de corrosion ni d'attaque		
X0	Béton non armé et sans pièces métalliques noyées : toutes expositions sauf en cas de gel/dégel, d'abrasion et d'attaque chimique Béton armé ou avec des pièces métalliques noyées : très sec	Béton à l'intérieur de bâtiments où le taux d'humidité de l'air ambiant est très faible
2. Corrosion induite par carbonatation		
XC1	Sec ou humide en permanence	Béton à l'intérieur de bâtiments où le taux d'humidité de l'air ambiant est faible Béton submergé en permanence dans de l'eau
XC2	Humide, rarement sec	Surfaces de béton soumises au contact à long terme de l'eau Un grand nombre de fondations
XC3	Humidité modérée	Béton à l'intérieur de bâtiments où le taux d'humidité de l'air ambiant est moyen ou élevé Béton extérieur abrité de la pluie
XC4	Alternativement humide et sec	Surfaces de béton soumises au contact de l'eau, mais n'entrant pas dans la classe d'exposition XC2
3. Corrosion induite par les chlorures		
XD1	Humidité modérée	Surfaces de béton exposées à des chlorures transportés par voie aérienne
XD2	Humide, rarement sec	Piscines Éléments en béton exposés à des eaux industrielles contenant des chlorures
XD3	Alternativement humide et sec	Éléments de ponts exposés à des projections contenant des chlorures Chaussées Dalles de parcs de stationnement de véhicules
4. Corrosion induite par les chlorures présents dans l'eau de mer		
XS1	Exposé à l'air véhiculant du sel marin mais pas en contact direct avec l'eau de mer	Structures sur ou à proximité d'une côte
XS2	Immergé en permanence	Éléments de structures marines
XS3	Zones de marnage, zones soumises à des projections ou à des embruns	Éléments de structures marines
5. Attaque gel/dégel		
XF1	Saturation modérée en eau, sans agent de déverglaçage	Surfaces verticales de béton exposées à la pluie et au gel
XF2	Saturation modérée en eau, avec agents de déverglaçage	Surfaces verticales de béton des ouvrages routiers exposés au gel et à l'air véhiculant des agents de déverglaçage
XF3	Forte saturation en eau, sans agents de déverglaçage	Surfaces horizontales de béton exposées à la pluie et au gel
XF4	Forte saturation en eau, avec agents de déverglaçage ou eau de mer	Routes et tabliers de pont exposés aux agents de déverglaçage. Surfaces de béton verticales directement exposées aux projections d'agents de déverglaçage et au gel. Zones des structures marines soumises aux projections et exposées au gel
6. Attaques chimiques		
XA1	Environnement à faible agressivité chimique selon l'EN 206-1, Tableau 2	Sols naturels et eau dans le sol
XA2	Environnement d'agressivité chimique modérée selon l'EN 206-1, Tableau 2	Sols naturels et eau dans le sol
XA3	Environnement à forte agressivité chimique selon l'EN 206-1, Tableau 2	Sols naturels et eau dans le sol

Pour des garde-corps intérieurs, un béton XC1 peut être utilisé.

■ Classes de résistance minimale

La norme NF EN 206/CN définit dans son Annexe NA.F les exigences relatives à la composition et aux propriétés des bétons en fonction de la classe d'exposition :

- Tableau NA.F.1 – Valeurs limites applicables en France pour la composition et les propriétés du béton en fonction de la classe d'exposition ;
- Tableau NA.F.2 – Valeurs limites applicables en France pour la composition et les propriétés du béton des produits en béton préfabriqués en usine en fonction de la classe d'exposition.

Pour un béton XC1, la classe de résistance minimale préconisée est un béton C20/25 selon l'Annexe E de la NF EN 1992-1-1, 2005 (tableau E.1N).

■ Enrobage des armatures

La durabilité des garde-corps en béton armé dépend de l'enrobage des armatures.

L'enrobage minimal est défini par la norme NF EN 1992-1-1 et son annexe nationale :

$$C_{\min} = \text{Max} (c_{\min,b} ; c_{\min,dur} + \Delta c_{dur,\gamma} - \Delta c_{dur,st} - \Delta c_{dur,add} ; 10 \text{ mm})$$

Avec :

- $c_{\min,b}$: enrobage minimal vis-à-vis des exigences d'adhérence
 - o pour une armature individuelle : $c_{\min,b}$ est égal au diamètre de la barre ;
 - o pour des armatures en paquet : $c_{\min,b}$ est égal au diamètre équivalent (§ 8.9.1 NF EN 1992-1-1, 2005).

Si la dimension nominale du plus gros granulats est supérieure à 32 mm, il convient de majorer $c_{\min,b}$ de 5 mm.

- $c_{\min,dur}$: enrobage minimal tenant compte des classes d'exposition et des classes structurales.

La classe structurale recommandée est la classe S4 (durée d'utilisation de projet de 50 ans) pour des bétons conformes à la NF EN 206/CN et à l'Annexe E du NF EN 1992-1-1, 2005. En fonction de la classe d'exposition choisie, la valeur de $c_{\min,dur}$ est déterminée par le tableau suivant :

Tableau 59 – Enrobage minimal $c_{\min,dur}$

Classe Structurale	Exigence environnementale pour $c_{\min,dur}$ (mm)						
	Classe d'exposition selon Tableau 4.1 de la NF EN 1992-1-1, 2005						
	X0	XC1	XC2 / XC3	XC4	XD1 / XS1	XD2 / XS2	XD3 / XS3
S1	10	10	10	15	20	25	30
S2	10	10	15	20	25	30	35
S3	10	10	20	25	30	35	40
S4	10	15	25	30	35	40	45
S5	15	20	30	35	40	45	50
S6	20	25	35	40	45	50	55

Lorsqu'un élément de structure est concerné par plusieurs classes d'exposition, on retiendra l'exigence la plus sévère. L'enrobage minimal $c_{\min,dur}$ peut être modulé pour tenir compte de la classe de résistance du béton du garde-corps préfabriqué, de la nature du liant et de la compacité de l'enrobage (pour les produits préfabriqués industriellement, ce critère peut s'appliquer notamment pour des éléments à faces coffrées, coulés dans des coffrages métalliques) sur la base du tableau 4.3NF de la norme NF EN 1992-1-1/NA, 2016 :

Tableau 60 – Modulations de la classe structurale recommandée, en vue de la détermination des enrobages minimaux $c_{min,dur}$

Critère	Classe d'exposition selon Tableau 4.1 de la NF EN 1992-1-1, 2005						
	X0	XC1	XC2/XC3	XC4	XD1/XS1/XA1 ³	XD2/XS2/XA2 ³	XD3/XS3/XA3 ³
Durée d'utilisation de projet	100 ans : majoration de 2	100 ans : majoration de 2	100 ans : majoration de 2	100 ans : majoration de 2	100 ans : majoration de 2	100 ans : majoration de 2	100 ans : majoration de 2
	25 ans et moins : minoration de 1	25 ans et moins : minoration de 1	25 ans et moins : minoration de 1	25 ans et moins : minoration de 1	25 ans et moins : minoration de 1	25 ans et moins : minoration de 1	25 ans et moins : minoration de 1
Classe de résistance ¹	≥ C30/37 et < C50/60 : minoration de 1	≥ C30/37 et < C50/60 : minoration de 1	≥ C30/37 et < C55/67 : minoration de 1	≥ C35/45 et < C60/75 : minoration de 1	≥ C40/50 et < C60/75 : minoration de 1	≥ C40/50 et < C60/75 : minoration de 1	≥ C45/55 et < C70/85 : minoration de 1
	≥ C50/60 : minoration de 2	≥ C50/60 : minoration de 2	≥ C55/67 : minoration de 2	≥ C60/75 : minoration de 2	≥ C60/75 : minoration de 2	≥ C60/75 : minoration de 2	≥ C70/85 : minoration de 2
Nature du liant		Béton de classe ≥ C35/45 à base de CEM I sans cendres volantes : minoration de 1	Béton de classe ≥ C35/45 à base de CEM I sans cendres volantes : minoration de 1	Béton de classe ≥ C40/50 à base de CEM I sans cendres volantes : minoration de 1			
Enrobage compact ²	Minoration de 1	Minoration de 1	Minoration de 1	Minoration de 1	Minoration de 1	Minoration de 1	Minoration de 1

1. Par souci de simplicité, la classe de résistance joue ici le rôle d'un indicateur de durabilité. Il peut être judicieux d'adopter, sur la base d'indicateurs de durabilité plus fondamentaux et des valeurs de seuil associées, une justification spécifique de la classe structurale adoptée, en se référant utilement au guide AFGC « Conception des bétons pour une durée de vie donnée des ouvrages », ou à des documents normatifs reposant sur les mêmes principes.

2. Ce critère ne s'applique que dans le cas des éléments pour lesquels une bonne compacité des enrobages peut être garantie à savoir :

- face coffrée des éléments plans (assimilables à des dalles, éventuellement nervurées, préfabriquées ou coulées en place), coulés horizontalement sur coffrages industriels ; ceci s'applique également à la face non coffrée des dalles d'épaisseur inférieure ou égale à 250 mm en classe d'exposition XC1 ;
- éléments préfabriqués industriellement : éléments extrudés ou filés, ou faces coffrées des éléments coulés dans des coffrages métalliques ;
- sous face des dalles de pont, éventuellement nervurées, sous réserve de l'accessibilité du fond de coffrage aux dispositifs de vibration.

3. Pour les classes d'exposition XAi, cette correspondance est indicative sous réserve d'une justification de la nature de l'agent agressif.

- $\Delta c_{dur,y}$: marge de sécurité (la valeur recommandée est $\Delta c_{dur,y} = 0$) ;
- $\Delta c_{dur,st}$: réduction de l'enrobage minimal dans le cas d'acier inoxydable (la valeur recommandée est $\Delta c_{dur,st} = 0$) ;
- $\Delta c_{dur,add}$: réduction de l'enrobage minimal dans le cas de protection supplémentaire, tel que le revêtement par exemple (la valeur recommandée est $\Delta c_{dur,add} = 0$).

L'enrobage nominal des armatures C_{nom} doit être spécifié sur les plans. Il est défini comme l'enrobage minimal c_{min} majoré par une marge de calcul pour prise en compte des tolérances pour écart d'exécution Δc_{dev} :

$$C_{nom} = c_{min} + \Delta c_{dev}$$

La valeur recommandée est $\Delta c_{dev} = 10$ mm.

Dans certains cas, l'écart d'exécution adopté, et par conséquent la tolérance Δc_{dev} peuvent être réduits :

- Lorsque la réalisation est soumise à un système d'assurance qualité dans lequel la surveillance inclut des mesures de l'enrobage des armatures avant coulage du béton, il est possible de réduire la marge de calcul pour tolérance d'exécution, de sorte que : $10 \text{ mm} \geq \Delta c_{dev} \geq 5 \text{ mm}$;
- Lorsqu'on peut garantir l'utilisation d'un appareil de mesure très précis pour la surveillance ainsi que le rejet des éléments non conformes (éléments préfabriqués, par exemple), il est possible de réduire la marge de calcul pour tolérance d'exécution, de sorte que : $10 \text{ mm} \geq \Delta c_{dev} \geq 0$;

- Lorsque la conception et l'exécution des éléments d'ouvrages y compris leur ferrailage sont soumis à un système d'assurance qualité couvrant toutes les phases de la conception à l'exécution et comprenant les impositions suivantes et ce pour toutes les classes d'exposition :
 - o En phase de conception et dessin : élaboration des dessins de détail à une grande échelle des ferrillages sensibles, précisant les enrobages et les façonnages ;
 - o En phase de ferrailage : réception des armatures façonnées et contrôle de leurs dimensions ;
 - o En phase de mise en place dans le coffrage : élaboration des plans de calage des armatures, réception des ferrillages et contrôle des enrobages avant coulage ;
 - o En phase de mise en œuvre du béton : le cas échéant et en tant que de besoin, confection d'un élément témoin :

$$10 \text{ mm} \geq \Delta c_{\text{dev}} \geq 0 \text{ mm.}$$

8.1.3 Mise en œuvre

8.1.3.1 PRESCRIPTIONS GÉNÉRALES

! Lors de la mise en œuvre des différents types de garde-corps, une attention particulière doit être portée au respect des documents du fabricant.

8.1.3.2 TRANSPORT

Les éléments de balustrades sont généralement livrés sur palettes et protégés par une housse plastique.

Les garde-corps pleins en béton sont généralement transportés debout sur chevalet avec inclinaison ou à plat sur deux points de repos en fonction de leur hauteur et de leur épaisseur.

Les panneaux de garde-corps sont généralement transportés en position verticale pour préserver leur qualité esthétique, cela permet à l'eau de pluie de ruisseler et ne pas stagner. De plus, des précautions doivent être prises pour protéger les angles des produits.

Dans tous les cas, les produits doivent être stockés sur une surface plane et accessible par des engins de manutention. Ils doivent être calés pour assurer leur stabilité. Il est recommandé de conserver les protections des produits jusqu'à leur pose.

8.1.3.3 MISE EN ŒUVRE DU GARDE-CORPS

1. Balustrades

Les éléments de balustrade doivent être posés avec précaution pour ne pas les salir. Il est important de protéger à l'aide d'un adhésif le pourtour des parties où les joints de finition seront à réaliser pour éviter au mortier de tacher les produits.

Les différentes étapes de mise en œuvre à respecter sont les suivantes :

■ Montage à sec :

Le montage à sec est réalisé avant collage et remplissage des éléments : le positionnement des trumeaux résulte de la longueur totale de la balustrade, les balustres sont positionnés avec un entraxe régulier qui doit être inférieur ou égal à celui défini par le fabricant pour respecter la norme NF P01-012.

■ **Pose des trumeaux :**

Un trumeau peut être formé par :

- L'assemblage de 4 panneaux par emboîtement et collage, par des serre-joints. Ces panneaux sont posés sur une embase reposant au sol et formant un soubassement pour le trumeau.
- L'empilement de plusieurs éléments de trumeaux, posés ou non sur une embase, jusqu'à la hauteur requise.



Figure 60 – Trumeau formé de 4 panneaux emboîtés avec embase et chapeau



Figure 61 – Trumeau formé par l'empilement de plusieurs éléments de trumeau, avec chapeau

Dans les deux cas, afin d'obtenir une balustrade stable, il est nécessaire de prévoir à l'intérieur des trumeaux, une quantité suffisante d'armatures en acier reliées au support (dalle, fondation ou maçonnerie) avant de procéder au remplissage du trumeau par du béton C20/25 par exemple.

A noter qu'il ne faut jamais utiliser du plâtre ou de la chaux pour éviter l'éclatement des éléments.

La quantité d'armatures en acier et leur longueur d'ancrage sont déterminées et fixées préalablement par le bureau d'étude afin de reprendre les efforts définis dans la norme NF P 01-013.

■ **Scellement du chapeau :**

Le chapeau est scellé sur un lit de mortier tout en veillant à l'emboîter correctement sur le trumeau.

■ **Pose et assemblage des lisses basses :**

Les lisses basses se posent sur 2 ou 4 cm de mortier de pose selon les préconisations du fabricant.

Préalablement, il convient de percer les trous de réservation des clavettes au niveau de l'embase ou du trumeau ainsi qu'au droit des lisses basses. Le liaisonnement mécanique entre lisses basses d'une part et entre lisses et trumeaux d'autre part, se fait par l'intermédiaire de clavettes préconisées par le fabricant.

Figure 62 – Perçage des trous de réservation pour les clavettes



Un joint de 0.5 cm est réalisé entre éléments à l'aide d'un mortier préconisé par le fabricant et dont la teinte se rapproche le plus possible de la teinte de la balustrade.

A l'avancement du montage, on vérifie à l'aide d'un niveau à bulle l'horizontalité et la verticalité de l'ouvrage.

L'ajustement des longueurs peut nécessiter la coupe des lisses, la longueur minimale des coupes étant au moins égale au diamètre de l'embase du balustre.

■ **Pose des balustres :**

Les balustres sont posés, selon la répartition choisie, sur les lisses basses avec un joint de 0.5 cm réalisé entre éléments à l'aide d'un mortier prescrit par le fabricant et dont la teinte se rapproche le plus possible de la teinte de la balustrade.

Certains balustres peuvent être liaisonnés aux lisses par des clavettes pour faciliter leur positionnement. Pour cela, des trous sont perforés au niveau des lisses basses, le mortier de joint est étalé sur une surface délimitée par l'embase du balustre et des clavettes préconisées par le fabricant sont introduites pour assurer la liaison entre les balustres d'une part et les lisses basses et hautes d'autre part.

■ **Pose et assemblage des lisses hautes :**

Le mortier préconisé par le fabricant est appliqué sur les têtes des balustres. Les lisses hautes sont posées en respectant entre elles et entre les lisses et les trumeaux des joints de 0.5 cm réalisés à l'aide d'un mortier préconisé par le fabricant et dont la teinte se rapproche le plus possible de la teinte de la balustrade.

Pour transmettre les efforts horizontaux jusqu'au pilier le plus proche, le liaisonnement mécanique entre lisses hautes d'une part et entre lisses et trumeaux d'autre part se fait par l'intermédiaire de clavettes préconisées par le fabricant. Préalablement, il convient donc de percer les trous de réservation des clavettes des éléments.

■ **Finition :**

Attendre que l'excès de mortier soit assez sec pour l'ôter en le grattant avec une langue de chat. Pour éviter de tacher la balustrade, ne pas nettoyer les joints à l'éponge.

Dispositions particulières pour les escaliers :

■ **Montage à sec :**

La hauteur et la largeur des marches des escaliers étant très variables, il faut :

- Soit relever soigneusement les cotes avant la pose pour réaliser un plan de pose ;
- Soit présenter les pièces à sec pour déterminer l'emplacement exact des balustres sur les marches.

■ **Respect de la pente de l'escalier :**

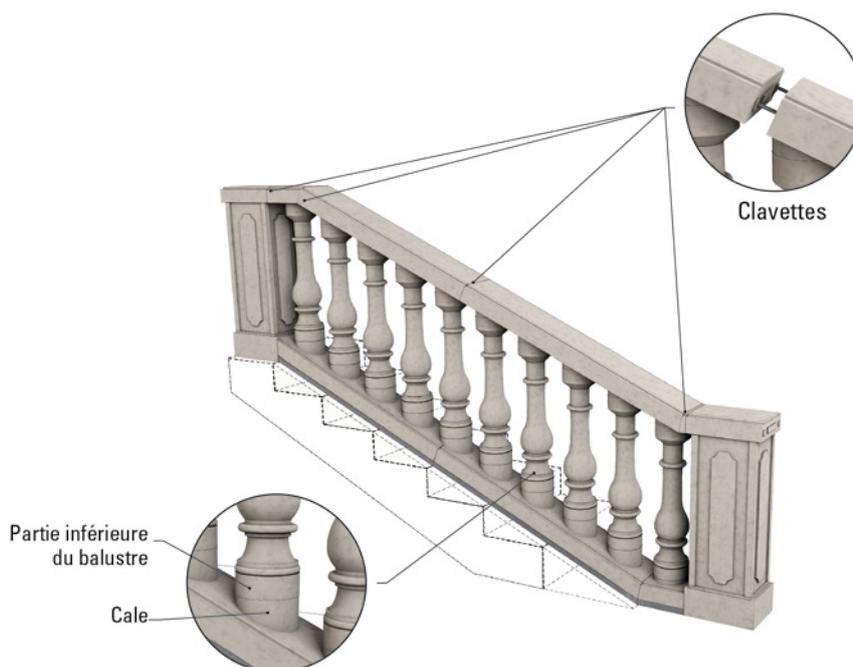
En parties haute et basse des balustres, il convient de placer des cales tronçonnées suivant la pente de l'escalier en jouant sur l'épaisseur du joint pour les mettre de niveau.

Figure 63 – Tronçonnage des cales adaptées à la pente de l'escalier



Les parties des lisses touchant aux trumeaux sont ajustées à la meule et les clavettes reliant les lisses hautes aux trumeaux sont éventuellement coudées.

Figure 64 – Positionnement des clavettes et des cales



A noter que dans le cas où la terrasse présente une partie saillante, la balustrade doit se trouver dans l'axe du mur porteur et non à l'alignement extérieur de la terrasse, ce qui mettrait la balustrade en porte-à-faux et compte tenu du poids, risquerait d'entraîner des désordres.

2. Garde-corps plein en béton

Le liaisonnement entre la dalle coulée en place ou préfabriquée et le garde-corps se fait par clavetage, par l'intermédiaire des aciers en attente. Les longueurs d'ancrage et de recouvrement ainsi que les enrobages prescrits par le bureau d'étude doivent être respectés.

3. Panneaux pour garde-corps

Les panneaux pour garde-corps peuvent être fixés sur montants métalliques par des boulons, écrous et chevilles métalliques.

Ils peuvent également être fixés ou emboîtés en partie basse sur des pièces métalliques (équerres ou sabots) préalablement fixées dans le support ou aux extrémités de panneaux adjacents.

Les panneaux peuvent aussi être préalablement fixés ou emboîtés en partie basse sur des pièces métalliques (équerres ou sabots). L'ensemble panneau/pièces métalliques est alors fixé dans le support.

Pour la manutention des panneaux, un chariot et des sangles peuvent être utilisés.

Les fixations supérieures entre deux panneaux adjacents, et la main courante lorsqu'elle est rapportée, sont ensuite installées avec des vis de blocage sur les panneaux.

8.1.4 Entretien

Balustrades

L'entretien d'une balustrade en béton peut se faire avec une brosse, notamment pour ôter la mousse et les débris végétaux, suivi d'un jet d'eau puissant pour éliminer les salissures.

Un hydrofuge de surface (par exemple à base de silicone) peut aussi être appliqué pour protéger la balustrade des dégâts dus aux intempéries.

Afin de conserver les qualités esthétiques des balustrades, un resurfaçeur à béton peut être appliqué après quelques années.

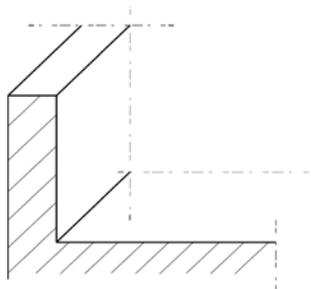
Garde-corps pleins en béton et panneaux pour garde-corps

En fonction de la localisation du bâtiment et des salissures observées, un simple nettoyage est recommandé. Plusieurs traitements de surface peuvent être réalisés pour prévenir les salissures ou personnaliser la teinte et la brillance (hydrofuge, lasure).

8.2 Garde-corps coulés en place

Il s'agit, généralement, de garde-corps monolithique en béton.

Figure 65 – Garde-corps monolithique en béton



8.2.1 Matériaux

1. Bétons

Le matériau béton doit être conforme à la NF EN 206/CN.

2. Armatures

En complément de la NF EN 10080, les aciers utilisés doivent répondre aux spécifications des NF A 35-014, NF A 35-015, NF A 35-024, NF A 35-024/A1, XP A 35-025, NF A 35-028, NF A 35-028/A1, NF A 35-080-1 ou NF A 35-080-2.

Les armatures coupées, façonnées ou assemblées doivent répondre aux spécifications de la NF A 35-027.

Les dispositifs de raboutage ou d'ancrage d'armatures pour béton armé utilisés pour réaliser des assemblages d'armatures doivent être conformes à la NF A 35-020-1.

NOTE

Les certifications « Marque NF – Aciers pour béton armé », « Marque NF – Armatures » et « AFCAB – Dispositifs de Raboutage ou d'Ancrage des armatures du béton » gérées par l'AFCAB (Association Française de Certification des Armatures du Béton) ou leurs équivalents, valent la preuve du respect des exigences définies dans ces normes.

8.2.2 Conception des garde-corps

La conception, le calcul et les plans des ouvrages à construire sont effectués par un bureau d'études.

8.2.3 Situation statique

Les garde-corps reprennent leurs poids propres et une charge horizontale linéaire s'appliquant en tête de l'élément. Les intensités des charges à appliquer sont définies dans la NF EN 1991-1-1 et son annexe nationale.

Lorsqu'ils sont en extérieur, les garde-corps sont également assujettis aux charges de vent, uniformément réparties sur la surface de béton. Ces charges sont définies dans la NF EN 1991-1-4 et son annexe nationale.

Dans le cas général, la charge est reprise par le béton calculé en console. On détermine l'effort tranchant en pied du garde-corps et le moment fléchissant. La section d'acier à prévoir est calculée à l'aide la formule suivante :

$$A_s = \frac{M_u}{\left[(1 - 0,4 \alpha) d \frac{f_e}{\gamma_s} \right]}$$

Avec :

M_u : moment fléchissant à l'ELU ;

$\gamma_s = 1,15$ à l'ELU (EC2, tab 2.1N) ;

d : étant la hauteur utile de la section droite de béton.

Généralement, $f_e = 500$ MPa (acier de type Fe E 500) et $\alpha = 0,62$ (utilisation optimale des caractéristiques de l'acier).

Il faut également vérifier que la section minimale d'armatures (disposées de manière symétrique de chaque côté) nécessaire pour maîtriser la fissuration est respectée.

8.2.4 Situation sismique

Les garde-corps en béton sont considérés comme des éléments non structuraux. Le paragraphe 5.2.4 du présent document s'applique.

8.2.5 Durabilité

– Section 4 de la NF EN 1992-1-1 (Eurocode 2)

Les classes d'exposition à considérer du point de vue de la durabilité font partie des données essentielles qui doivent être fournies à l'entreprise. Elles sont définies dans la NF EN 206/CN (voir Tableau 61).

Tableau 61 – Classes d'exposition

Désignation de la classe	Description de l'environnement	Exemples informatifs illustrant le choix des classes d'exposition
1. Aucun risque de corrosion ni d'attaque		
X0	Béton non armé et sans pièces métalliques noyées : toutes expositions sauf en cas de gel/dégel, d'abrasion ou d'attaque chimique Béton armé ou avec des pièces métalliques noyées : très sec	Béton à l'intérieur de bâtiments où le taux d'humidité de l'air ambiant est très faible.
2. Corrosion induite par carbonatation (béton armé exposé à l'air et à l'humidité)		
XC1	Sec ou humide en permanence	Béton à l'intérieur de bâtiments où le taux d'humidité de l'air ambiant est faible Parties de bâtiments à l'abri de la pluie Béton submergé en permanence dans de l'eau
XC2	Humide, rarement sec	Surfaces de béton soumises au contact à long terme de l'eau. Un grand nombre de fondations.
XC3	Humidité modérée	Béton à l'intérieur de bâtiments où le taux d'humidité de l'air ambiant est moyen ou élevé. Béton extérieur abrité de la pluie.
XC4	Alternativement humide et sec	Surfaces de béton soumises au contact de l'eau, mais n'entrant pas dans la classe d'exposition XC2. Parties aériennes d'ouvrages d'art et parties extérieures des bâtiments non protégées de la pluie, comme par exemple les façades, les pignons et les parties saillantes à l'extérieur.

Tableau 61 – Classes d'exposition (suite)

Désignation de la classe	Description de l'environnement	Exemples informatifs illustrant le choix des classes d'exposition
3. Corrosion induite par les chlorures autres que ceux de l'eau de mer		
XD1	Humidité modérée	Surfaces de béton exposées à des chlorures transportés par voie aérienne
XD2	Humide, rarement sec	Piscines. Éléments en béton exposés à des eaux industrielles contenant des chlorures.
XD3	Alternativement humide et sec	Éléments de ponts exposés à des projections contenant des chlorures. Chaussées. Dalles de parcs de stationnement de véhicules.
4. Corrosion induite par les chlorures présents dans l'eau de mer		
XS1	Exposé à l'air véhiculant du sel marin mais pas en contact direct avec l'eau de mer	Structures sur ou à proximité d'une côte. Éléments de structure, non en contact avec l'eau de mer et non exposés aux embruns mais directement exposé à l'air salin (moins de 1 km de la côte).
XS2	Immergé en permanence	Éléments de structures marines
XS3	Zones de marnage, zones soumises à des projections ou à des embruns	Éléments de structures en zone de marnage et/ou exposés aux embruns (moins de 100 m de la côte)
5. Attaque gel/dégel		
XF1	Saturation modérée en eau, sans agent de déverglaçage	Surfaces verticales de béton exposées à la pluie et au gel
XF2	Saturation modérée en eau, avec agents de déverglaçage	Surfaces verticales de béton des ouvrages routiers exposés au gel et à l'air véhiculant des agents de déverglaçage
XF3	Forte saturation en eau, sans agents de déverglaçage	Surfaces horizontales de béton exposées à la pluie et au gel. Surfaces verticales de béton exposées à la pluie et au gel en zone de gel sévère.
XF4	Forte saturation en eau, avec agents de déverglaçage ou eau de mer	Routes et tabliers de pont exposés aux agents de déverglaçage. Surfaces de béton verticales directement exposées aux projections d'agents de déverglaçage et au gel. Zones des structures marines soumises aux projections et exposées au gel.
6. Attaques chimiques		
XA1	Environnement à faible agressivité chimique selon la NF EN 206/CN, Tableau 2	Sols naturels et eau dans le sol
XA2	Environnement d'agressivité chimique modérée selon la NF EN 206/CN, Tableau 2	Sols naturels et eau dans le sol
XA3	Environnement à forte agressivité chimique selon la NF EN 206/CN, Tableau 2	Sols naturels et eau dans le sol

Les classes d'exposition les plus couramment rencontrées sont :

XC1 – Intérieur des bâtiments

XD3 – Parties des parkings soumises aux chlorures (salage très fréquent)

XC4 – Extérieur des bâtiments et soumis à pluie

XS3 – Front de mer aux embruns jusqu'à 100 à 500 m

XS1 – Bord de mer à l'air de sels marins jusqu'à 1 à 5 km

XF3 – Gel sévère

■ Classe de résistance minimale

Les classes de résistance à utiliser et les valeurs limites de composition du béton dépendent de la classe d'exposition et sont donnés dans la norme NF EN 206/CN (Tableau NA.F.1).

- A titre d'exemple :

	XC1	XD3	XC4	XS3	XS1	XF3
Classe de résistance minimale	C20/25	C35/45	C25/30	C35/45	C30/37	C30/37

■ Enrobage minimal des armatures

L'enrobage e des barres doit être ou moins égal au diamètre φ .

L'attention est attirée sur les difficultés de bétonnage auxquelles risque de conduire un enrobage c_{nom} inférieur à la dimension du plus gros granulats.

Les valeurs minimales c_{min} doivent être respectées lors de la construction. Les valeurs à prévoir sont à majorer de la tolérance de pose $\Delta c_{dev} = 1$ cm, au stade du calcul et de l'exécution. La tolérance de pose peut être diminuée si des précautions spécifiques sont retenues au stade de l'exécution et du Plan d'Assurance Qualité associé (AN de l'EC2-1-1, clause 4.4.1.3 (3) NOTE).

A titre d'exemple, pour la classe structurale S4 (durée d'utilisation de 50 ans).

	XC1	XD3	XC4	XS3	XS1	XF3
Enrobage minimal c_{min}	15 mm	45 mm	30 mm	45 mm	35 mm	35 mm
Enrobage nominal c_{nom}	25 mm	55 mm	40 mm	55 mm	45 mm	45 mm

L'enrobage c_{nom} doit figurer sur les plans d'armatures.

■ Pourcentages minimaux d'armatures longitudinales dans les garde-corps exposés

Les garde-corps exposés sur leurs deux faces principales aux actions climatiques (garde-corps à l'extérieur tels que garde-corps de balcons et de loggias) sont de préférence recoupés par des joints « diapason » obtenus au coulage.

Le cas particulier des acrotères de toitures étanchées est traité dans le DTU 20.12.

NOTE

Les garde-corps en béton armé ne sont pas admis s'ils forment un acrotère non isolé thermiquement au-dessus d'un mur de façade porteur en maçonnerie d'éléments.

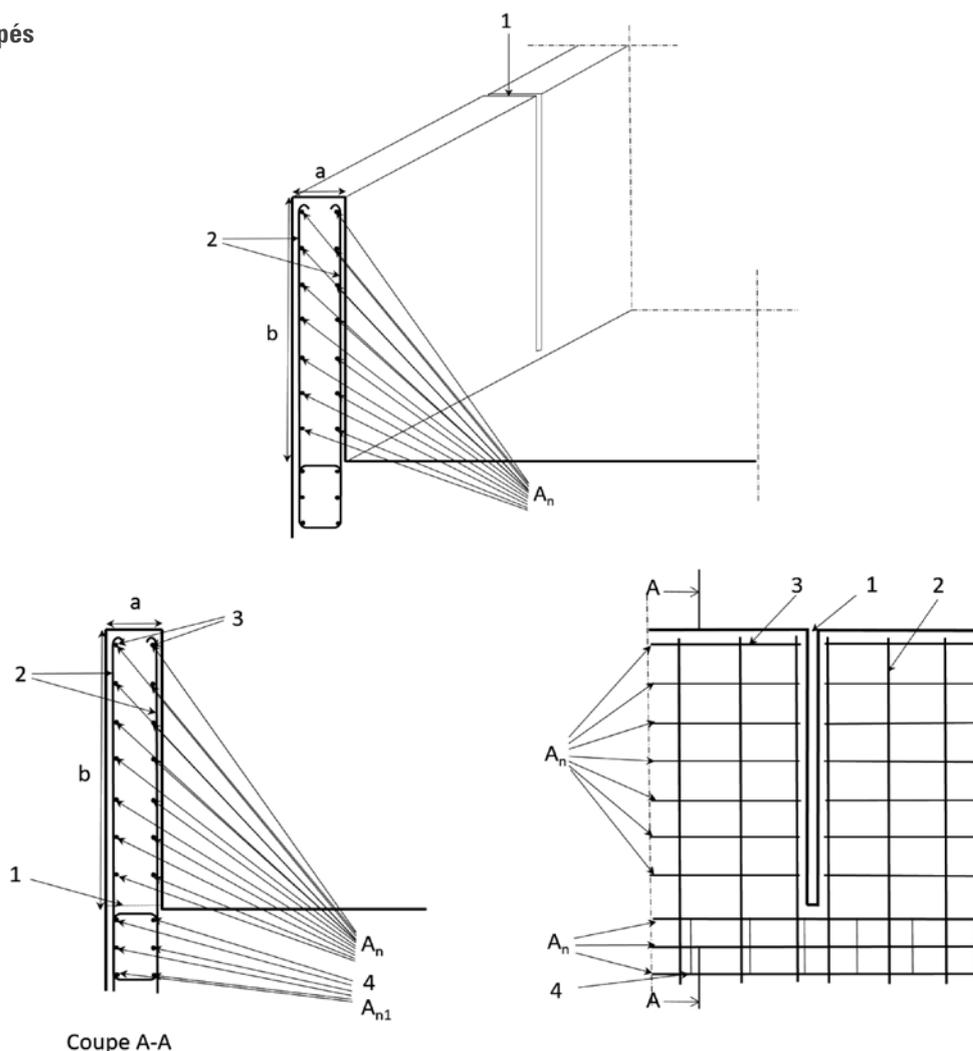
Lorsque la longueur des garde-corps est limitée à :

- o 6 m dans les régions humides et tempérées,
- o 4 m dans les régions sèches ou à forte opposition de température (telles la région littorale méditerranéenne et certaines régions de l'Est de la France, à climat relativement continental),

la section des armatures longitudinales, en acier haute adhérence de nuance FeE500, est supérieure ou égale à 0,20 % de la section de béton.

La notion de régions dites « humides et tempérées » ou « sèches à forte opposition de température » provient de l'Eurocode 2 – Annexe Nationale à la NF EN 1992-1-1 et du DTU 20.1 dans les articles traitant des distances maximales entre joints.

Figure 66 – Garde-corps recoupés par des joints transversaux rapprochés (Tous les 4 ou 6 m suivant la région)



- 1 Joint transversal
- 2 Armatures principales
- 3 Armature de plus gros diamètre
- 4 Renfort au droit de l'élément coupé

Section minimale des armatures longitudinales :

$$A_n = 0,2 \frac{a \times b}{100}$$

$$A_{n1} \geq 0,5 \times A_n$$

Lorsque les longueurs des garde-corps dépassent :

- o 12 m dans les régions humides et tempérées,
- o 8 m dans les régions sèches ou à forte opposition de température,

ou lorsque les garde-corps sont solidaires à leur extrémités d'une structure rigide (garde-corps entre deux murs), la section des armatures longitudinales, en acier de nuance FeE500 est au moins égale à 0,4 % de la section de béton.

Pour les longueurs comprises entre 6 et 12 m d'une part, et 4 et 8 m d'autre part, suivant les régions, la section minimale des armatures longitudinales est obtenue par interpolation linéaire entre les valeurs précédentes.

Les armatures dont la section minimale est fixée ci-dessus doivent être disposées de telle sorte que l'espacement entre deux barres voisines n'excède pas la plus petite des deux valeurs 25 cm et 2,5 fois l'épaisseur du béton ; elles comportent en outre une barre de plus gros diamètre en partie haute (sans être supérieure au dixième de l'épaisseur de béton).

Pour éviter que des fissures ne se propagent dans le prolongement des joints transversaux, il faut prévoir en fond de joint et au voisinage de la coupure, des armatures dont la section est au moins la moitié de celle disposée dans l'élément coupé.

8.2.6 Mise en œuvre

8.2.6.1 ARMATURE

Respect du plan d'exécution

Les armatures devront être mise en place selon le plan d'exécution fourni par le bureau d'études.

Espacement entre barres

La distance libre d_l entre barres doit être au moins égale à :

$$\text{Max } [d_g + 5 \text{ mm} ; 20 \text{ mm} ; \phi]$$

d_g étant la dimension nominale du plus gros granulat et ϕ le diamètre nominal des barres.

Recouvrement

Le recouvrement des armatures est au minimum de 40ϕ , si au plus 25 % des armatures se recouvrent simultanément, sinon prévoir 60ϕ .

Il existe en outre de nombreuses conditions données aux 8.7.2, 8.7.3 et 8.7.4 de l'EC2-1-1 et relatives aux décalages des recouvrements pour éviter qu'ils ne se situent tous dans les mêmes sections et à la nécessité de barres transversales pour coudre ces recouvrements.

Fixation des armatures

Les armatures doivent être bien fixées entre elles et calées au coffrage, de manière à ne subir aucun déplacement ni aucune déformation hors tolérances lors de la mise en place du béton.

8.2.6.2 BÉTON

Conditions climatiques

Le coulage du béton est autorisé entre -5 et 40°C .

Les conditions climatiques optimales sont lorsque le béton est coulé entre 5 et 32°C . Entre -5 et 5°C et 32 et 40°C , des dispositions particulières doivent être prises en compte.

Livraison du béton

En raison de ses effets particulièrement nocifs sur le béton, notamment sa résistance, son retrait et sa porosité et par voie de conséquence sur sa fissuration et sur sa durabilité, tout ajout d'eau après fabrication et avant mise en place n'est pas admis.

Le délai total entre le début de la fabrication (premier contact eau/ciment) et la fin de la mise en œuvre ne doit pas dépasser 2 heures.

En cas de doute, le contrôle de la consistance du béton peut être réalisé (essais au cône d'Abrams).

Tableau 62 – Classes d'affaissement

Classe	Affaissement, essai selon l'EN 12350-2 (mm)
S1	10 à 40
S2	50 à 90
S3	100 à 150
S4	160 à 210
S5	≥ 220

La tolérance sur l'affaissement est de ± 1 ou 2 cm .

Serrage du béton

Le béton doit être vibré, sauf en cas de béton autoplaçant.

Les préconisations de vibration sont les suivantes :

- o Vibration par couches de 50 à 60 cm de béton ;
- o La pénétration du vibreur dans la couche précédemment coulée doit être d'environ 10 à 15 cm ;
- o L'espacement e entre deux points de vibration est déterminé par $e = 1,7 \times \text{rayon d'action du vibreur}$.

8.2.6.3 PROTECTION DE LA TÊTE DU GARDE-CORPS

En fonction du revêtement prévu sur le garde-corps en béton, une couvertine peut être mise en place pour protéger la tête du muret.



- **[Annexe A] : Spécifications dimensionnelles liées à la réglementation accessibilité**
- **[Annexe B] : Classe de corrosivité**

Annexe A

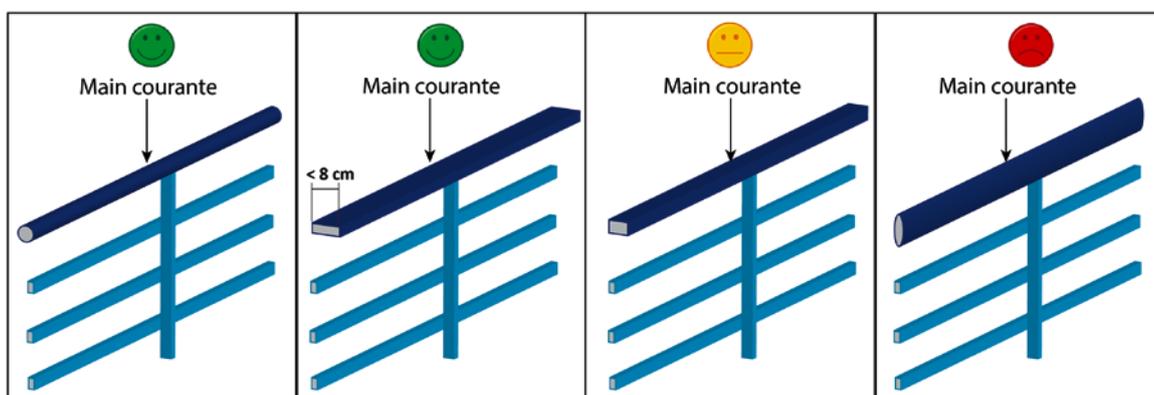
Spécifications dimensionnelles liées à la réglementation accessibilité

La réglementation concernant l'accessibilité aux personnes handicapées exige que les mains courantes bordant les escaliers soient continues, rigides et facilement préhensibles.

La continuité de la main courante correspond à une continuité du guidage de la main, une discontinuité physique limitée en dimension est donc admise du moment qu'elle ne génère pas de risque de blessure. Le respect des exigences du présent document assure en principe que le critère de rigidité de la main courante soit respecté. La forme de la main courante doit être compatible avec l'ergonomie de la main humaine afin que l'utilisateur puisse la prendre en main facilement et s'en servir pour guider sa progression.

L'exigence de préhension peut être respectée par un choix judicieux de la section de l'élément faisant office de main courante. Une section circulaire de diamètre compris entre 30 et 60 mm est généralement considérée comme satisfaisant cette exigence. D'autres sections de dimensions analogues et dont les angles ne sont pas blessant peuvent également être utilisées.

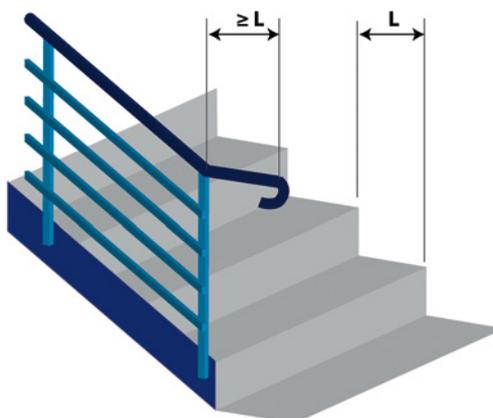
Figure 67 –
Préhension
de la main
courante



L'assemblage du montant à la main courante doit être effectué par le dessous et en évitant autant que possible de gêner le guidage par la main. Dans tous les cas, il convient d'éliminer les formes présentant un risque de blessure pour les usagers.

Les mains courantes doivent être prolongée horizontalement d'une longueur L égale ou supérieure à celle d'une marche au-delà de la première et de la dernière marche de chaque volée. Ce prolongement ne doit pas générer un obstacle au niveau des circulations horizontales.

Figure 68 – Garde-corps rampant
d'escalier avec dispositions
liées à la réglementation
accessibilité



Annexe B

Classe de corrosivité

Classe de corrosivité	Environnements intérieurs types	Environnements extérieurs types (Zones tempérées)
C1	Espaces chauffés à faible taux d'humidité relative et pollution négligeable, par exemple bureaux, écoles, musées.	Non pertinent pour l'application du présent guide (déserts, etc.).
C2	Espaces non chauffés à température et humidité relative variables. Faible fréquence de condensation et faible pollution, par exemple entrepôt, gymnases.	Condition atmosphérique à faible pollution ($SO_2 < 5 \mu g/m^3$), par exemple : zones rurales, petites villes.
C3	Espaces à fréquence modérée de condensation et pollution modérée du fait du procédé de fabrication, par exemple usines de transformation alimentaire, blanchisseries, brasseries, laiteries	Condition atmosphérique à pollution moyenne (SO_2 : $5 \mu g/m^3$ à $30 \mu g/m^3$) ou influence des chlorures, par exemple zones urbaines, zones côtières à faible dépôt de chlorures.
C4	Espaces à haute fréquence de condensation et pollution élevée du fait du procédé de fabrication, par exemple usines de traitement industriel, piscines.	Condition atmosphérique à pollution élevée (SO_2 : $30 \mu g/m^3$ à $90 \mu g/m^3$) ou influence substantielle des chlorures, par exemple zones urbaines polluées, zones industrielles, zones côtières sans brouillard salin, exposition sévère aux sels de dégivrage.
C5	Non pertinent pour l'application du présent guide (mines, souterrains, hangars non ventilés en zones subtropicales, etc.).	Condition atmosphérique à très forte pollution (SO_2 : $90 \mu g/m^3$ à $250 \mu g/m^3$) et/ou forte influence des chlorures, par exemple zones industrielles, zones côtières, zones côtières abritées.
CX	Non pertinent pour l'application du présent guide (hangars non ventilés en zones tropicales humides, etc.).	Condition atmosphérique à pollution (SO_2) très élevée (supérieure à $250 \mu g/m^3$), y compris facteurs associés et de production et/ou forte influence des chlorures, par exemple zones industrielles sévères, zones côtières et en mer, contact occasionnel de brouillard salin

10 BIBLIOGRAPHIE



- Guide « Comment faire des garde-corps ? » – Union des Métalliers, 2009 ;
- Guide « Garde-corps » – CAPEB 2011 ;
- Guide « Garde-corps de bâtiments: Fonction, conception et dimensionnement » – CSTB, 2013 ;
- Brochure « Garde-corps vitrés – Exigences de vérification selon le DTU 39 P5 » – FFB Métallerie, 2016.

TABLE DES MATIÈRES

01	INTRODUCTION	4
02	OBJET DU GUIDE	5
	2.1 Contenu	5
	2.2 Domaine d'application	5
03	RÉFÉRENCES	6
	3.1 Normes, NF DTU et référentiels techniques courants	6
	3.1.1 Référentiels communs	6
	3.1.2 Référentiels pour les supports et les garde-corps métalliques	6
	3.1.3 Référentiels pour les supports et les garde-corps en bois	8
	3.1.4 Référentiels pour les supports et les garde-corps en béton	9
	3.2 Autres documents	9
04	TERMINOLOGIE, DÉFINITIONS	10
05	RÈGLES GÉNÉRALES DE CONCEPTION ET DE MISE EN ŒUVRE	11
	5.1 Dimensions du garde-corps	11
	5.1.1 Hauteur de protection	11
	5.1.2 Spécifications dimensionnelles pour les vides	12
	5.1.3 Rives et angles des garde-corps	12
	5.2 Actions à considérer pour le dimensionnement du garde-corps	13
	5.2.1 Charge permanente	13
	5.2.2 Charge d'exploitation horizontale de l'intérieur vers l'extérieur	13
	5.2.3 Charge verticale	14
	5.2.4 Autres actions appliquées à un garde-corps	14
	5.3 Évaluation des performances du garde-corps	17
	5.3.1 Justification par calculs	17
	5.3.2 Essais statiques	17
	5.3.3 Essais dynamiques	18
	5.4 Support	18
	5.4.1 Acceptation du support	18
	5.4.2 Mise en œuvre sur support existant	18
	5.4.3 Ouvrages complémentaires d'interface localisée (OCIL)	19
	5.4.4 Support en acier	19
	5.4.5 Support en bois	22
	5.4.6 Support en béton	24
	5.5 Fixations et ancrage	27
	5.5.1 Fixations et ancrage dans un support métallique	27
	5.5.2 Fixation et ancrage dans un support Bois	29
	5.5.3 Ancrage et fixations dans un support béton	35
	5.6 Sécurité lors de la mise en œuvre	36

06	GARDE-CORPS EN MÉTAL	37
6.1	Matériaux	37
6.1.1	Structure du garde-corps (main-courante, montants et platines)	37
6.1.2	Remplissage	40
6.2	Conception	42
6.2.1	Main-courante	42
6.2.2	Montants	44
6.2.3	Platine de fixations	46
6.2.4	Durabilité	49
6.3	Mise en œuvre	50
6.3.1	Prescriptions générales	50
6.3.2	Interface entre les intervenants	50
6.3.3	Approvisionnement et stockage	51
6.3.4	Mise en œuvre du garde-corps	51
6.4	Entretien	53
07	GARDE-CORPS EN BOIS	55
7.1	Matériaux	55
7.1.1	Prise en compte des conditions d'humidité	55
7.1.2	Bois massifs et recomposés	58
7.1.3	Panneaux à base de bois	59
7.1.4	Composites	60
7.1.5	Fixations et assemblages	61
7.2	Conception	62
7.2.1	Dimensionnement	62
7.2.2	Maitrise de la durabilité des garde-corps extérieurs	76
7.3	Mise en œuvre	83
7.3.1	Maitrise de l'humidité du bois	83
7.3.2	Tolérances sur l'ouvrage terminé	83
7.4	Entretien	84
08	GARDE-CORPS ET BALUSTRADES EN BÉTON	85
8.1	Garde-corps et balustrades en béton préfabriqués	85
8.1.1	Produits et Matériaux	85
8.1.2	Conception	89
8.1.3	Mise en œuvre	98
8.1.4	Entretien	101
8.2	Garde-corps coulés en place	102
8.2.1	Matériaux	102
8.2.2	Conception des garde-corps	102
8.2.3	Situation statique	102
8.2.4	Situation sismique	103
8.2.5	Durabilité	103
8.2.6	Mise en œuvre	107
09	ANNEXES	109
10	BIBLIOGRAPHIE	112

TABLE DES TABLEAUX

Tableau 1 – Valeur de la charge horizontale répartie de l’intérieur vers l’extérieur	13
Tableau 2 – Poids par mètre, en kN/m, en dessous duquel l’effet de l’effort sismique sur le garde-corps ne peut pas dépasser celui de la charge d’exploitation vers l’intérieur de 0,6 kN à mi-travée	15
Tableau 3 – Poids par mètre, en kN/m, en dessous duquel l’effet de l’effort sismique sur le garde-corps ne peut pas dépasser celui correspondant à une charge appliquée sur la main courante de 0,9 kN/m	15
Tableau 4 – Définition des catégories d’importance des bâtiments d’après l’Arrêté du 22 octobre 2010.	16
Tableau 5 – Vérifications d’un support en acier	20
Tableau 6 – Exemple de tolérances pour les trous de fixations dans l’EN 1090-2	21
Tableau 7 – Principales tolérances des supports bois	23
Tableau 8 – Principales tolérances des supports en béton	24
Tableau 8 – Principales tolérances des supports en béton (suite)	25
Tableau 8 – Principales tolérances des supports en béton (suite)	26
Tableau 9 – Planéité et texture des parements	27
Tableau 10 – Etat de surface des dalles et planchers selon le NF DTU 21 P1-1	27
Tableau 11 – Fixation recommandée suivant la classe de corrosivité	28
Tableau 12 – Association recommandée entre fixation et éléments du garde-corps	28
Tableau 13 – Valeurs minimales d’espacements entre organes de fixation et de distances aux bords du support bois	30
Tableau 14 – Largeur minimale du support en fonction du type et diamètre de l’organe	31
Tableau 15 – Largeur minimale du support bois en fonction de la catégorie d’exploitation – ancrage sans contact platine/support	31
Tableau 16 – Largeur minimale du support bois en fonction de la catégorie d’exploitation – ancrage avec contact platine/support	31
Tableau 17 – Valeurs minimales d’espacements entre organes de fixations et de distances aux bords du support bois	32
Tableau 18 – Hauteur minimale du support en fonction du type et du diamètre de l’organe	33
Tableau 19 – Hauteur minimale du support bois en fonction de la catégorie d’exploitation – ancrage sans contact platine/support	33
Tableau 20 – Hauteur minimale du support bois en fonction de la catégorie d’exploitation – ancrage avec contact platine/support	33
Tableau 21 – Valeurs minimales d’espacements entre organes de fixations et de distances aux bords du support bois	35
Tableau 22 – Largeur minimale du support en fonction du type et du diamètre de l’organe	35
Tableau 23 – Recommandations pour la galvanisation à chaud	38
Tableau 24 – Recommandations pour la projection thermique de Zn, Al ou ZnAl15 (métallisation)	38
Tableau 25 – Recommandations pour la peinture (type de primaire et épaisseur sèche nominale du complexe)	38
Tableau 26 – Modules de résistance $W_{el,y}$ et $W_{el,z}$ pour les main-courantes	43
Tableau 27 – Modules de résistance en flexion $W_{el,y}$ et $W_{el,z}$ pour une main-courante en acier au carbone	43
Tableau 28 – Modules de résistance en flexion $W_{el,y}$ et $W_{el,z}$ pour une main-courante en acier inoxydable	43
Tableau 29 – Modules de résistance en flexion $W_{el,y}$ et $W_{el,z}$ pour une main-courante en alliage d’aluminium	44
Tableau 30 – Module de résistance en flexion $W_{el,y}$ pour un montant de 1 mètre en acier au carbone	45
Tableau 31 – Module de résistance en flexion $W_{el,y}$ pour un montant de 1 mètre en acier inoxydable	45
Tableau 32 – Module de résistance en flexion $W_{el,y}$ pour un montant de 1 mètre en alliage d’aluminium	46
Tableau 33 – Appréciations de durabilité naturelle d’essences de bois résineuses et feuillues tempérées, purgées d’aubier	56
Tableau 34 – Appréciations de durabilité naturelle pour quelques exemples d’essences feuillues tropicales purgées d’aubier utilisables en garde-corps	57

Tableau 35 – Solutions usuelles de durabilité conférée pour les essences résineuses et feuillues tempérées	57
Tableau 36 – Classes de service de l’Eurocode 5	58
Tableau 37 – Protection contre la corrosion des organes d’assemblage.	61
Tableau 38 – Valeurs de portée maximale de la main courante entre montants en fonction de la section de la main courante et de la catégorie d’exploitation pour du bois C24 ou D30 en classe de service 1 ou 2.	63
Tableau 39 – Valeurs de portée maximale de la main courante entre montants en fonction de la section de la main courante et de la catégorie d’exploitation pour du bois C24 ou D30 en classe de service 3	64
Tableau 40 – Valeurs de portée maximale de la main courante entre montants en fonction de la section du montant et de la catégorie d’exploitation pour du bois C24 ou D30 en classe de service 1 ou 2.	65
Tableau 41 – Valeurs de portée maximale de la main courante entre montants en fonction de la section du montant et de la catégorie d’exploitation pour du bois C24 ou D30 en classe de service 3.	66
Tableau 42 – Valeurs minimales d’espacements entre organes de fixations et de distances aux bords du support bois	67
Tableau 43 – Valeurs de résistance de calcul d’un assemblage bois/bois par vis en simple cisaillement.	70
Tableau 44 – Valeurs de résistance de calcul d’un assemblage bois/bois par vis en traction	70
Tableau 45 – Valeurs de résistance de calcul d’un assemblage bois/métal par vis en simple cisaillement	71
Tableau 46 – Valeurs de résistance de calcul d’un assemblage bois/métal par vis en traction.	71
Tableau 47 – Valeurs de résistance de calcul d’un assemblage bois/bois et bois/métal par boulon en traction	72
Tableau 48 – Dimensions minimales en fonction du type et diamètre de l’organe	73
Tableau 49 – Dimensions minimales en fonction du type et diamètre de l’organe	74
Tableau 50 – Catégorie de massivité des pièces de bois (extrait FD P 20-651)	78
Tableau 51 – Niveaux de salubrité de la conception sur les différentes faces en partie courante d’un élément (suivant NF DTU 31.1)	79
Tableau 52 – Niveaux de salubrité de conception des principaux types d’assemblage (suivant DTU 31.1).	80
Tableau 53 – Relations entre critères d’affectation et classes d’emploi (extrait FD P 20-651)	80
Tableau 54 – Humidité des bois à la mise en œuvre	83
Tableau 55 – Tolérances sur l’ouvrage terminé.	83
Tableau 56 – Valeurs des coefficients a_1 , a_2 , a_3 , a_4 , et a_5	92
Tableau 57 – Valeurs du coefficient a_6	93
Tableau 58 – Classes d’environnement selon NF EN 206/CN	95
Tableau 59 – Enrobage minimal $c_{min,dur}$	96
Tableau 60 – Modulations de la classe structurale recommandée, en vue de la détermination des enrobages minimaux $c_{min,dur}$	97
Tableau 61 – Classes d’exposition	103
Tableau 61 – Classes d’exposition (suite).	104
Tableau 62 – Classes d’affaissement.	107

TABLE DES FIGURES

Figure 1 – Hauteur de protection d’un garde-corps	11
Figure 2 – Vide entre le support et le garde-corps	12
Figure 3 – Rive et angle des garde-corps.	12
Figure 4 – Trames de garde-corps de faible longueur	13
Figure 5 – Zonage sismique du territoire français (métropole) d’après le Décret 2010-1255	16
Figure 6 – Contrôle de planéité.	26

Figure 7 – Ancrage en face supérieure du porteur horizontal (« pose à la française »)	30
Figure 8 – Ancrage en face latérale du porteur horizontal (« pose à l'anglaise »)	32
Figure 9 – Exemple de renfort du support par entretoise et connecteur métallique	34
Figure 10 – Ancrage en face latérale du porteur vertical	34
Figure 11 – Principe de la protection contre les chutes de hauteur et exemples de solutions pour la mise en œuvre de garde-corps	36
Figure 12 – Exemples de remplissage métallique	40
Figure 13 – Garde-corps avec remplissage verre devant faire l'objet d'essais dynamiques selon la NF P 01-013	41
Figure 14 – Garde-corps avec remplissage verre devant faire l'objet d'essais dynamiques selon la NF P 01-013 avec un choc de corps dur D1/10J	41
Figure 15 – Convention d'axe pour les main-courantes pour l'application de la présente méthode	42
Figure 16 – Convention d'axe pour les montants pour l'application de la présente méthode	45
Figure 17 – Distribution des sollicitations à l'interface entre la platine et le support	46
Figure 18 – Bras de levier z_e et z_i	47
Figure 19 – Dimensions caractéristiques m et L_p pour la résistance de la platine	48
Figure 20 – Positionnement des montants et traçage des repères	52
Figure 21 – Assemblage main courante / montant moisé	67
Figure 22 – Comportement d'un organe de type tige dans le bois sous un effort de cisaillement	68
Figure 23 – Modes de rupture d'un assemblage par organe de type tige dans le bois en traction	69
Figure 24 – Vissage par le dessus	72
Figure 25 – Entaille dans le montant + vissage par l'intérieur	73
Figure 26 – Assemblage par tenon mortaise	73
Figure 27 – Equerres fixées par vis	73
Figure 28 – Ancrage par vis ou tire-fond dans support bois	74
Figure 29 – Pied de poteau métallique en âme	75
Figure 30 – Pied de poteau métallique en U	75
Figure 31 – Barreaux	75
Figure 32 – Palines	75
Figure 33 – Traverses horizontales	75
Figure 34 – Panneaux	75
Figure 35 – Cartes de répartition géographique des zones climatiques (extrait FD P 20-651)	77
Figure 36 – Définition de la zone protégée (extrait FD P 20-651)	78
Figure 37 – Inclinaison α de l'axe longitudinal de l'élément par rapport à l'horizontale, face supérieure et face latérale	79
Figure 38 – Inclinaison de la face supérieure pour écoulement transversal de l'eau	79
Figure 39 – Profil de main courante de conception drainante	80
Figure 40 – Tête de montant moisé avec assemblage par platine fixée en sous-face de la main courante	81
Figure 41 – Pied de montant moisé avec rondelles de désolidarisation au droit des organes d'assemblage	81
Figure 42 – Pied de montant ancré en nez de support bois avec rondelles de désolidarisation	81
Figure 43 – Pied de montant ancré sur support béton	82
Figure 44 – Barreaux en applique sur les traverses	82
Figure 45 – Extrémités supérieures des barreaux de remplissage sur traverse haute	82
Figure 46 – Extrémités inférieures des barreaux sur traverse basse	82
Figure 47 – Assemblage indirect traverse sur montant par connecteur et organe	83
Figure 48 – Garde-corps : balustrade	85
Figure 49 – Balustrade	86

Figure 50 – Garde-corps plein en béton	86
Figure 51 – Panneaux pour garde-corps en résilles	87
Figure 52 – Différentes parties de la balustrade	88
Figure 53 – Type de fixations inférieures – sabots	89
Figure 54 – Armatures en attente localisées	90
Figure 55 – Barre soumise à un effort de traction F_s et un effort d'adhérence F_{adh} exercé par le béton.....	90
Figure 56 – Illustration des conditions d'adhérence.....	91
Figure 57 – Valeurs de c_d à prendre en compte pour le calcul du coefficient a_2	93
Figure 58 – Valeurs de K à prendre en compte pour le calcul du coefficient a_3	93
Figure 59 – Proportion de recouvrements à prendre en compte dans une section de recouvrement donnée	94
Figure 60 – Trumeau formé de 4 panneaux emboîtés avec embase et chapeau.....	99
Figure 61 – Trumeau formé par l'empilement de plusieurs éléments de trumeau, avec chapeau	99
Figure 62 – Perçage des trous de réservation pour les clavettes	99
Figure 63 – Tronçonnage des cales adaptées à la pente de l'escalier	100
Figure 64 – Positionnement des clavettes et des cales	101
Figure 65 – Garde-corps monolithique en béton	102
Figure 66 – Garde-corps recoupés par des joints transversaux rapprochés (Tous les 4 ou 6 m suivant la région)	106
Figure 67 – Préhension de la main courante	110
Figure 68 – Garde-corps rampant d'escalier avec dispositions liées à la réglementation accessibilité	110



Les productions du programme PACTE sont le fruit d'un travail collectif des différents acteurs de la filière bâtiment en France.

Retrouvez gratuitement la collection sur www.programmepacte.fr

LES PARTENAIRES DU PROGRAMME PACTE

MAÎTRES D'OUVRAGE



ENTREPRISES/ARTISANS



MAÎTRES D'ŒUVRE



CONTRÔLEURS TECHNIQUES



INDUSTRIELS



ASSUREURS



PARTENAIRES PUBLICS



Le Secrétariat Technique du programme PACTE est assuré par l'Agence Qualité Construction.

GUIDE

CONCEPTION ET MISE EN ŒUVRE DES GARDE-CORPS

SEPTEMBRE 2020

Le guide « Conception et mise en œuvre des garde-corps » a pour objet de définir les prescriptions minimales de conception et de mise en œuvre des garde-corps de bâtiments neufs ou existants à usage d'habitation, de bureaux et d'ERP (Etablissements Recevant du Public), en France métropolitaine.

Le guide s'applique à des ouvrages de garde-corps intérieurs et extérieurs, conformes à la NF P01-012.

Les garde-corps visés par le présent guide sont de type :

- structure métallique avec remplissage,
- structure bois avec remplissage,
- préfabriqués et coulés en place en béton.

