

GARDE-CORPS



COLLECTION DU
GUIDE TECHNIQUE GC



Service d'Études Techniques des Routes et Autoroutes



GARDE-CORPS



COLLECTION DU GUIDE TECHNIQUE GC

AVRIL 1997

Document réalisé et diffusé par le



SERVICE D'ÉTUDES TECHNIQUES DES ROUTES ET AUTOROUTES
Centre des Techniques d'Ouvrages d'Art - Cellule Équipement des ponts
46, avenue Aristide Briand - B.P. 100 - 92223 Bagneux Cedex - FRANCE
Tél. : 01 46 11 31 31 - Télécopieur : 01 46 11 31 69 - Télex : 260763 F

Le présent fascicule fait partie de la collection du GUIDE TECHNIQUE GC. Cette collection devrait comprendre, à son terme, des fascicules traitant des sujets suivants :

LES DISPOSITIFS DE RETENUE

- CHOIX D'UN DISPOSITIF DE RETENUE
- LES GARDE-CORPS
- LES BARRIÈRES DE SÉCURITÉ DE NIVEAU VL (Véhicule Léger)
 - partie 1 SUR ACCOTEMENT
 - partie 2 SUR TPC (glissière et grille de TPC)
 - partie 3 SUR MURS DE SOUTÈNEMENT
 - partie 4 AMÉNAGEMENT DE LA SÉCURITÉ SUR LES PONTS EXISTANTS (En niveau VL)
- LES BARRIÈRES DE SÉCURITÉ DE NIVEAU PL (Poids Lourds)
 - partie 1 SUR BORD D'OUVRAGE
 - partie 2 SUR MURS DE SOUTÈNEMENT
 - partie 3 AMÉNAGEMENT DE LA SÉCURITÉ SUR LES PONTS EXISTANTS (en niveau PL)

LA PROTECTION CONTRE LA CORROSION DES ÉQUIPEMENTS LATÉRAUX
(Publié en décembre 1996)

DÉFINITIONS DES ACTIONS SUR LES LAMPADAIRES, LES PORTIQUES DE SIGNALISATION,
LES ÉCRANS ACOUSTIQUES

CORNICHES
(Publié en décembre 1994)

Cette collection remplace le dossier pilote GC 77. Au fur et à mesure de la publication des fascicules, la partie correspondante du dossier GC 77 est annulée.

REMERCIEMENTS

Ce Guide a été préparé par M. Fragnet (SETRA/CTOA, Cellule Équipements des Ponts), sous la direction de M. C. Binet, chef du CTOA et de M. AL. Millan, chef de la DML du CTOA, avec la collaboration de :

M. **D. Cornet** (Chef de la DOA du CETE de l'Ouest) et M. **Humeau** (DOA du CETE de l'Ouest) pour l'annexe 2 présentant un modèle de note de calcul d'un garde-corps et traitant du dimensionnement des ancrages dans la structure.

Mme **M.L. Roux** (expert Finition au Centre Technique du Bois et de l'Ameublement) pour le § 3.3.3 sur les garde-corps comportant du bois.

M. **R. Arnould** (Société EBO) pour le § 3.3.6 sur l'utilisation du polyester.

Et M. **B. Favre** (SETRA-DREX/RN) pour l'annexe 3.

Nous remercions aussi les personnes suivantes pour leurs nombreux et précieux conseils et observations :

MM. Barbier (Société Présents pour le § 5.3), Dalla Ca (CMI), Delahaye (SETRA), Gélamur (Frameto), Haiun (SETRA), J.L. Jolin (Architecte), Kretz (SETRA), Labaste (DDE 31), Le Khac (SETRA), Mme Marchand (DDE 71), MM. Meuric (SETRA), Poineau (SETRA), Rigault (SATI), Roche (SETRA), Tassus (LPC/SOGAM), Thénoz (MISOA), Vicente (Comély).

Sans oublier les précédents rédacteurs du dossier pilote GC : MM. Mathieu, Vallantin et Baudrin.

Les dessins ont été réalisés par M. JP. Gilcart.

Sauf mention contraire, les documents photographiques proviennent de la photothèque du SETRA/CTOA.

Le suivi technique est assuré par **M. FRAGNET**.

Le texte comporte quelques sigles dont la signification est rappelée ci-après :

- CCM : Commission Centrale des Marchés.
- CCAG : Cahier des Clauses Administratives Générales.
- CCAP : Cahier des Clauses Administratives Particulières.
- CM : Code des Marchés Publics (Édition Janvier 1995).
- DIG : Guide à l'intention des Maîtres d'Ouvrage et d'Œuvre (Revue 2009 du JO - Éd. 1976)
Document ancien, mais jamais abrogé, qui comporte des informations utiles pour préparer les marchés publics.
- PGCSPS : Plan Général de Coordination de la Sécurité et de la Protection de la Santé.
- PPSPS : Plan Particulier de la Sécurité et de la Protection de la Santé.
- DIUO : Dossier d'Intervention Ulérieur sur l'Ouvrage.



SOMMAIRE

REMERCIEMENTS	3
GÉNÉRALITÉS - PRÉSENTATION	9
CHAPITRE 1	
FONCTIONS D'UN GARDE-CORPS	11
1.1 - QUAND FAUT-IL UN GARDE-CORPS ?	11
1.2 - CHOIX DU TYPE DE GARDE-CORPS EN FONCTION DE LA CATÉGORIE DE LA VOIE	11
1.3 - FONCTION ESTHÉTIQUE	11
1.4 - FONCTION DE RETENUE DES VÉHICULES	12
CHAPITRE 2	
CONCEPTION ET DIMENSIONNEMENT	13
2.1 - CONCEPTION ET CALCUL	13
2.1.1 - La réglementation	13
2.1.2 - Contenu de cette réglementation	13
2.1.3 - Principes d'application de cette réglementation	13
2.2 - CAS PARTICULIER DES PARAPETS ET DES MURETS BÉTON	16
2.3 - APPLICATION PRATIQUE DES RÈGLES DE CALCUL	16
CHAPITRE 3	
LES CRITÈRES DE CHOIX	17
3.1 - INTRODUCTION	17
3.2 - CRITÈRES DE CHOIX BASÉS SUR L'ESTHÉTIQUE	17
3.2.1 - Généralités	17
3.2.2 - Les observateurs d'un garde-corps	17
3.2.3 - Transparence. Barreaudage vertical ou horizontal	18
3.2.4 - Teinte et aspect	20
3.2.5 - Verticalité ou non des supports	20
3.2.6 - Coïncidence pile/montant de garde-corps	20
3.2.7 - Traitement des extrémités	20
3.2.8 - Autres aspects: ponts étroits, décrochements en plan,...	21
3.3 - CRITÈRES DE CHOIX DU MATERIAU	21
3.3.1 - L'acier	21
3.3.2 - L'alliage d'aluminium	24
3.3.3 - Le bois	26
3.3.4 - Les plaques transparentes	27
3.3.5 - Les garde-corps en béton armé	28
3.3.6 - Garde-corps utilisant du polyester renforcé de fibres de verre	29

3.4 - CRITÈRES DE CHOIX LIÉS À LA NATURE DU TRAFIC PIÉTON	29
3.4.1 - Classe de la voie	29
3.4.2 - Présence d'un fort trafic de jeunes enfants	29
3.4.3 - Passage de cavaliers ou de bétail	30
3.5 - BRUIT PROVOQUÉ PAR LE VENT	30
3.6 - GARDE-CORPS À DISPOSITIF D'ÉCLAIRAGE INCORPORÉ	32
CHAPITRE 4	
DISPOSITIONS TECHNIQUES	33
4.1 - FIXATION DANS LA STRUCTURE	33
4.1.1 - Dessins d'exécution. Coordination entre les divers intervenants	33
4.1.2 - Fixation par scellement dans des réservations	33
4.1.3 - Fixations par platines et tiges ou vis d'ancrages	35
4.1.4 - Autres modes de scellement	38
4.2 - MANCHONNAGE	39
4.2.1 - Pourquoi prévoir des coupures dans les garde-corps ?	39
4.2.2 - Le manchonnage	39
4.2.3 - Passage du joint de chaussée	40
4.3 - RESPECT DE LA RÉGLEMENTATION DU CODE DU TRAVAIL	41
4.4 - DISPOSITIONS POUR LA PROTECTION CONTRE LE JET D'OBJETS	44
4.4.1 - Pourquoi ces dispositifs de protection ?	44
4.4.2 - Les ouvrages à équiper	44
4.4.3 - Les dispositions techniques envisageables	44
4.5 - SÉCURITÉ AU DROIT DE FRANCHISSEMENT DE PONCEAU	46
4.5.1 - Les données du problème	46
4.5.2 - Solutions conseillées	47
4.6 - EMPLOIS PARTICULIERS : TRÉMIES, CARREFOURS DÉNIVELÉS,...	48
CHAPITRE 5	
FABRICATION ET MISE EN ŒUVRE	49
5.1 - FABRICATION	49
5.2 - MISE EN ŒUVRE	49
5.3 - SÉCURITÉ À LA MISE EN ŒUVRE DES GARDE-CORPS	50
5.3.1 - Importance de cet aspect de la sécurité au moment de la pose	50
5.3.2 - Cadre réglementaire	50
5.3.3 - Quelques éléments à intégrer dans le PPSPS	50
5.3.4 - Conclusions	50
CHAPITRE 6	
ENTRETIEN, RÉPARATION ET DURABILITÉ	51
6.1 - PROTECTION CONTRE LA CORROSION. DURABILITÉ	51
6.2 - SURVEILLANCE. ENTRETIEN. RÉPARATION. CHANGEMENT DES GARDE CORPS	51
6.2.1 - Surveillance	51
6.2.2 - Entretien et réparation	52
6.2.3 - Changement d'un garde-corps	56
6.3 - NOTICE ENTRETIEN	56

CHAPITRE 7	
RÉDACTION DES PIÈCES DU MARCHÉ - LISTE D'ATELIERS	57
7.1 - RÉDACTION DU CCAP ET ARTICLES TYPES DE CCTP	57
7.2 - AIDE À LA RÉDACTION DU MARCHÉ	57
7.3 - ATELIERS DE SERRURERIE	57
7.3.1 - Présentation	57
7.3.2 - Liste des ateliers de serrurerie	58
ANNEXE 1	
FICHES DE GARDE-CORPS	61
ANNEXE 2	
PRINCIPE DE JUSTIFICATION D'UN GARDE-CORPS	69
1 - PRÉSENTATION GÉNÉRALE	70
1.1 - CONSTITUTION DU MODÈLE FAISANT L'OBJET DE L'EXEMPLE TRAITÉ	70
1.2 - PRÉSENTATION GÉNÉRALE DU CALCUL	73
1.3 - EFFORTS ET SOLlicitATIONS	73
1.3.1 - Charges permanentes	73
1.3.2 - Charges sur le garde-corps	73
1.3.3 - Effets dus au vent	75
1.4 - JUSTIFICATION VIS-À-VIS DES ÉTATS LIMITES	75
1.4.1 - Garde-corps en acier	75
1.4.2 - Ancrage du garde-corps	77
2 - VÉRIFICATION DE LA LISSE DU GARDE-CORPS	81
2.1 - HYPOTHÈSES DE CALCUL	81
2.2 - VÉRIFICATION DE LA LISSE DU GARDE-CORPS SOUS LA CHARGE HORIZONTALE	83
2.2.1 - Détermination des efforts sous la charge répartie Q_1	83
2.2.2 - Détermination des contraintes	83
2.3 - VÉRIFICATION DE LA LISSE DU GARDE-CORPS SOUS LES CHARGES VERTICALES	83
2.3.1 - Détermination des efforts sous la charge répartie Q_2	83
2.3.2 - Détermination des efforts sous la charge ponctuelle Q_3	88
2.3.3 - Détermination des contraintes	85
2.4 - CONCLUSION	85
3 - VÉRIFICATION DE L'ATTACHE DE LA LISSE SUR LE MONTANT	87
3.1 - HYPOTHÈSES DE CALCUL	87
3.1.1 - Vérification de la soudure	87
3.1.2 - Matériau	87
3.1.3 - Dimensions des soudures	87
3.1.4 - Efforts à prendre en compte	87
3.2 - VÉRIFICATION DES SOUDURES	89
3.2.1 - Contraintes sous charges verticales	89
3.2.2 - Contraintes sous charge horizontale	89

3.3 - CONCLUSION	88
4 - VÉRIFICATION DU MONTANT	91
4.1 - HYPOTHÈSES DE CALCUL	91
4.2 - DÉTERMINATION DES CONTRAINTES	91
4.3 - FLÈCHE	91
4.4 - CONCLUSION	91
5 - VÉRIFICATION DE L'ANCRAGE	93
5.1 - HYPOTHÈSES DE CALCUL COMMUNES AUX DIFFÉRENTS TYPES D'ANCRAGE	93
5.2 - ANCRAGE NOYÉ DANS LE BÉTON	93
5.2.1 - Hypothèses de calcul particulières de l'ancrage noyé	93
5.2.2 - Contrainte de compression	93
5.2.3 - Conclusion	93
5.3 - ANCRAGE PAR TIGES DE SCELLEMENT (AVEC PLATINE)	95
5.3.1 - Hypothèses de calcul particulières de l'ancrage par tiges de scellement	95
5.3.2 - Détermination de la section d'acier ancrée dans le béton	95
5.3.3 - Détermination de l'ancrage	97
5.3.4 - Conclusion	97
5.4 - ANCRAGE PAR FIXATIONS SCÉLÉES DANS TROUS FORÉS (AVEC PLATINE)	97
5.4.1 - Hypothèses de calcul particulières de l'ancrage par fixations scellées dans trous forés	97
5.4.2 - Détermination de la charge appliquée à la fixation	97
5.4.3 - Choix de la fixation	99
5.4.4 - Conclusion	99
5.5 - CONCLUSION GÉNÉRALE SUR L'ANCRAGE	99
6 - VÉRIFICATION DE LA PLATINE	101
6.1 - VÉRIFICATION DE LA SOUDURE D'ATTACHE DU MONTANT SUR LA PLATINE	101
6.1.1 - Hypothèses de calcul pour la vérification de la soudure d'angle	101
6.1.2 - Vérification de la soudure d'angle	101
6.1.3 - Conclusion	101
6.2 - VÉRIFICATION DE LA PLATINE	103
6.2.1 - Dimensions de la platine	103
6.2.2 - Vérification du béton sous la platine	103
6.3 - CONCLUSION	103
7 - VÉRIFICATION DE LA SOUS LISSE	105
7.1 - HYPOTHÈSES DE CALCULS	105
7.2 - VÉRIFICATION DE LA SOUS LISSE SOUS CHARGES VERTICALES	105
7.2.1 - Détermination des efforts sous la charge concentrée Q_3	105
7.2.2 - Détermination des contraintes	105
7.3 - CONCLUSION	105
8 - CONCLUSION GÉNÉRALE	107

NOTATIONS ET UNITÉS	108
ANNEXE 3	
DÉVOLUTION DES TRAVAUX - SOUS-TRAITANCE - PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE	111
1 - PROPRIÉTÉS INDUSTRIELLES ET COMMERCIALES	112
1.1 - L'ARTICLE 6.1 DU CCAG	112
1.2 - LES DIVERS ASPECTS DES BREVETS, LICENCES, ... EN MATIÈRE D'ÉQUIPEMENTS	112
1.3 - PRÉCAUTIONS À PRENDRE	113
2 - SOUS-TRAITANCE	113
2.1 - LA LOI 75.1334 DU 31.12.75	113
2.2 - FOURNISSEUR OU SOUS-TRAITANT ?	114
2.3 - DÉSIGNATION ET RÔLE DU SOUS-TRAITANT, RESPONSABILITÉ DU MAÎTRE D'ŒUVRE	114
3 - PROCÉDURE DE DÉVOLUTION DES TRAVAUX	115
3.1 - CARACTÉRISTIQUES ET ASPECTS ADMINISTRATIFS LIÉS À CETTE TÂCHE	115
3.2 - POSSIBILITÉ DE CONSULTATION SÉPARÉE	115
BIBLIOGRAPHIE	117
ADRESSES UTILES	119

GÉNÉRALITÉS - PRÉSENTATION

Le fascicule « Choix du niveau du dispositif de retenue » de la collection du guide GC a présenté les éléments d'appréciation permettant de choisir le dispositif de retenue qu'il serait souhaitable d'implanter sur le bord droit du profil en travers d'un pont. Si une solution comportant un garde-corps a été choisie, le présent document se propose de traiter les divers aspects techniques, administratifs, esthétiques, etc. pour choisir le modèle de garde-corps, le concevoir, le dimensionner, préciser ses matériaux constitutifs, déterminer son implantation, etc.

Après avoir indiqué les fonctions d'un garde-corps et rappelé la réglementation générale concernant le choix d'un garde-corps, on aborde la conception et le dimensionnement sur la base des textes actuellement en vigueur ou prévisibles à court terme.

Les considérations esthétiques font l'objet d'un assez long développement qui s'explique par l'importance de l'impact visuel d'un garde-corps sur la silhouette d'un pont. Les conseils donnés dans ce chapitre ont pour objet d'aider le projeteur à bien préciser ce qu'il souhaite pour que l'architecte soit mieux guidé dans ses options.

Après avoir abordé tous les aspects techniques de fabrication et d'emplois particuliers d'un garde-corps, deux chapitres, nouveaux par rapport au GC 77, traitent l'un de la fabrication et de la mise en œuvre, sous l'angle, notamment, des systèmes qualité, l'autre de la durabilité des produits, de leur entretien et des techniques de réparation.

Depuis la publication du GC 77, la technique et la conception des garde-corps ont peu évolué et l'on retrouve les mêmes produits ou matériaux ne différant que par leur dessins. Certaines tendances, comme l'utilisation de plaques de verre ou de plastique, n'ont duré que le temps d'une mode. L'acier reste le matériau de base et les modèles en alliage d'aluminium ont fait une percée grâce à des conceptions modulaires faisant appel à peu de profilés (dans le souci d'une gestion et d'un entretien faciles) combinés différemment selon les modèles permettant ainsi de varier les formes des produits.

On ne retrouvera pas dans ce document les spécifications concernant les modèles types (S8, S9, etc.) pour les raisons suivantes :

- certains modèles ne sont plus fabriqués,
- un modèle (le modèle S8) a fait l'objet d'une présentation dans un fascicule de documentation publié par l'AFNOR,
- d'autres modèles (notamment ceux en alliage d'aluminium) faisaient l'objet de propriétés commerciales de la part de fabricant. Une telle présentation aurait été critiquable et aurait pu laisser penser aux projeteurs que le produit était libre de toute propriété et donc pouvait être fabriqué par n'importe qui,
- enfin, les fabricants de ces modèles précédent à des modifications/améliorations que la périodicité de nos publications ne permet pas de faire connaître en temps réel.

Pour permettre au projeteur de disposer d'informations sur les principaux modèles de garde-corps, l'annexe 1 contient, sous une forme synthétique, les dessins de quelques modèles courants et de grande diffusion.

CHAPITRE 1

FONCTIONS D'UN GARDE-CORPS

■ 1.1 - QUAND FAUT-IL UN GARDE-CORPS ?

La fonction de base d'un garde-corps est d'empêcher la chute d'un piéton circulant sur le trottoir d'un pont. Le garde-corps est donc un élément primordial de la sécurité de l'usager « piéton ».

Ceci étant posé, la réglementation ne précise pas, à notre connaissance, les exigences d'emploi d'un garde-corps. C'est-à-dire qu'elle ne définit pas la zone qui nécessite un garde-corps (par exemple : hauteur de chute régnant sur une longueur minimale). Ceci reste de l'appréciation du Maître d'Ouvrage qui a un devoir de construire des ouvrages assurant un certain niveau de sécurité à l'usager. Si cette liberté d'appréciation se discute peu dans le cas d'un pont franchissant une autre voirie ou un cours d'eau, elle est plus sujette à appréciation pour certains petits murs de soutènement ou pour un petit ouvrage franchissant un ru dans une zone peu fréquentée par des piétons.

A notre avis, il ne doit être fait usage de cette liberté qu'avec mesure ; il existe, en effet, des solutions pour équiper de petits ouvrages assurant un niveau minimal de sécurité (voir le § 4.5) et un garde-corps représente un investissement relativement modeste aussi il est conseillé d'en prévoir un sauf en l'absence de tout risque prévisible.

■ 1.2 - CHOIX DU TYPE DE GARDE-CORPS EN FONCTION DE LA CATÉGORIE DE LA VOIE

Deux classes de garde-corps ont été créées pour tenir compte de la présence normale ou non de piétons, selon le statut de la voirie¹. Les textes relatifs à ce point sont commentés dans le fascicule qui traite du choix d'un dispositif de retenue ;

nous y renvoyons le lecteur pour plus d'informations. Pour ce qui concerne les garde-corps, ceci entraîne la distinction suivante :

- Les autoroutes ou certaines voies rapides sont interdites par statut aux piétons ; la présence de piétons se limite à celle d'automobilistes en panne et au personnel de service. Les ponts portant ces voies pourront ne recevoir qu'un garde-corps dit de service (anciennement de série I, car il équipe le bord d'un tablier de passage Inférieur).
- Sur toutes les autres voiries où les piétons ont accès librement, les ponts reçoivent un garde-corps normal (anciennement dit de série S, comme passage Supérieur).

Le garde-corps n'aura pas la même conception ni la même résistance dans les deux cas et on devra faire son choix très tôt dans la définition du projet car cela peut influencer sur la géométrie et le ferrailage de la corniche ou de la zone d'ancrage du garde-corps.

■ 1.3 - FONCTION ESTHÉTIQUE

En rase campagne, sauf cas particuliers, les formes du garde-corps doivent rester simples. Par contre, selon l'importance du site, voire de l'ouvrage (cas de ponts en site urbain), il est justifié de procéder à une étude particulière du garde-corps qui est, avec la corniche, l'un des principaux éléments décoratifs, en même temps qu'indispensables, de l'ouvrage.

Dans ce domaine, tout en restant dans le cadre strict de la réglementation (voir § 2.1), il existe une infinité de possibilités.

Cependant, dès que l'on sort de modèles types, il convient de prévoir l'étude du garde-corps très en amont de la conception du projet, en précisant

1. Voir le Fascicule « Choix d'un dispositif de retenue » dans la même collection.

bien ce que l'on veut auprès de l'architecte, et en faisant participer un fabricant qui permettra d'éviter des conceptions inadaptées. Ceci permettra également de procéder à une vérification de la conformité à la réglementation (géométrie et résistance) de cet équipement.

Les possibilités offertes par les divers matériaux (forme, couleur, nature,...) participent aussi à cette diversité d'éléments décoratifs. (Voir le § 3.2).

■ 1.4 - FONCTION DE RETENUE DES VÉHICULES

Par définition un garde-corps n'a pas pour but de retenir les véhicules. Si tel était l'objectif, il devrait être examiné et homologué conformément aux exigences de la norme NF P 98.409.

Cependant, un garde-corps peut constituer un élément favorisant la retenue d'un véhicule dans certaines circonstances.

Il importe donc de tenir compte de cet aspect lors de sa conception en :

- prévoyant un renforcement des poteaux principaux,
- constituant un chaînage des panneaux par un traitement convenable des manchons de main courante et de la liaison support/main courante,
- fixant fortement le barreaudage intermédiaire pour éviter des projections,
- etc.

CHAPITRE

2

CONCEPTION ET DIMENSIONNEMENT

■ 2.1 - CONCEPTION ET CALCUL

■ 2.1.1 - La réglementation

La géométrie et la résistance des éléments du garde-corps, y compris son ancrage dans la structure, doivent être conformes aux règles définies par la norme expérimentale XP P 98.405 « Garde-corps pour ponts et ouvrages de génie civil - Conception, fabrication, mise en œuvre ». Cette norme reprend et complète les prescriptions du Fascicule 61 du CPC, titre II : « calcul et épreuves des ouvrages d'art », Chapitre IV : « Dispositifs de retenue et garde-corps » (articles 17.1, 17.21, 17.22, 17.3 et 18).

■ 2.1.2 - Contenu de cette réglementation

Nous ne détaillerons pas, dans le présent guide, l'ensemble des prescriptions de ces textes et nous y renvoyons le projeteur ou le Maître d'Œuvre.

Cependant, à titre d'information, le tableau de la *figure 1* résume les grandes lignes des prescriptions. On devra se reporter à la norme XP P 98.405 pour la vérification de la conformité d'un modèle de garde-corps. Pour aider à établir cette vérification, l'annexe 2 présente une note de calcul type.

■ 2.1.3 - Principes d'application de cette réglementation

Compte tenu de la diversité des modèles de garde-corps proposés d'une part, et de la grande variation de l'importance des linéaires concernés, il n'était pas envisageable de mettre en place une procédure d'homologation des modèles. Ceci explique que la norme fixe un niveau de performances à atteindre et les méthodes de calcul.

Le Maître d'Œuvre doit donc exiger, pour le modèle qu'il se propose d'implanter sur son pont, une note de calcul justificative de conformité à la norme, y compris son ancrage, ainsi que l'éventuel PV de résultat d'essai sous choc. Cette note doit faire l'objet d'une vérification par un projeteur compétent avant son acceptation. Cette acceptation vaut transfert de responsabilité.

Cette justification est à faire par le concepteur du garde-corps (serrurier pour les modèles catalogue, bureau d'études,...). Elle sera faite par le serrurier s'il propose en variante une structure ou un ancrage différents des prescriptions du marché.

Cette vérification est importante ; il existe un exemple, au moins, d'une erreur non détectée dans une note de calcul d'un modèle de garde-corps qui a été utilisé sur de nombreux ouvrages avant qu'un accident ne vienne attirer l'attention sur la résistance insuffisante du produit pour le domaine d'emploi considéré. *Fig. 2.*

S'agissant d'une norme expérimentale, la norme XP P 98.405 ne s'applique que si le marché y fait référence. De ce fait, le CCAP doit obligatoirement y faire référence et le CCTP en tenir compte pour la conception et la résistance du garde-corps.

Son statut de norme expérimentale permet de proposer des exigences complémentaires sur certains points, si le Maître d'Ouvrage l'estime nécessaire. Ainsi, dans le cas de passerelles ou d'ouvrages fréquemment empruntés par de très jeunes enfants, on peut proposer une réduction de l'espacement entre les barreaux (la norme prévoit 15 cm maximum, mais les normes de garde-corps de bâtiment réduisent cet espace à 11 cm). On peut, aussi, concevoir que sur certaines voiries de service minimum : chemins ruraux ou forestiers, par ex., on puisse tolérer un espacement des lisses moins strict que celui de la norme.

Figure 1 :
Norme XP P 98.405. Résumé des principales prescriptions.
On trouvera, en annexe, un modèle de note de calcul d'un garde-corps.

HAUTEUR

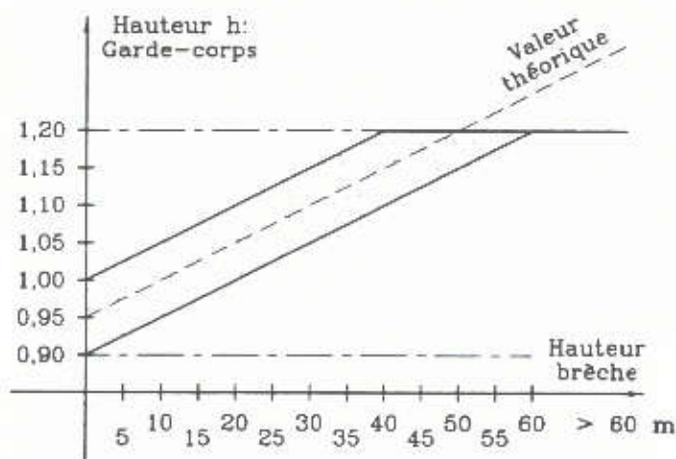
Cas des ponts avec trafic piétons autorisé

$$h = 0.95 + 0.005 H_c \pm 0.05 \text{ en m}$$

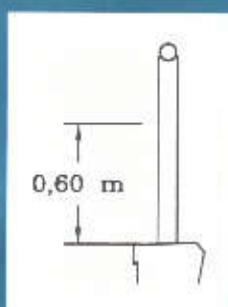
H_c : Hauteur de chute

Cas des ponts avec piétons interdits

$$h > 0.9 \text{ m}$$

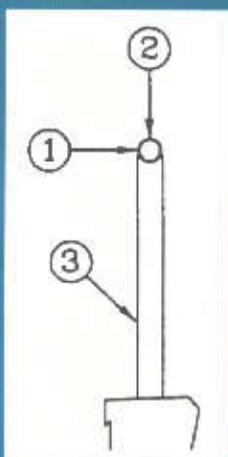


VIDES



Du rampant jusqu'à 0,6 m de hauteur :
pas de possibilités de passer un cylindre
de 15 cm de diamètre.

CHARGES STATIQUES



① q_1 uniforme, normale et horizontale

$$q_1 = 500 (1 + \text{largeur du trottoir en m})$$

en N par m

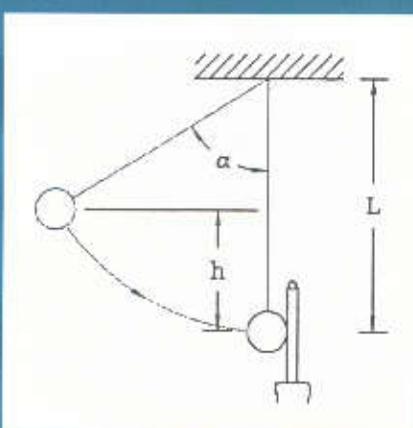
- Garde-corps sur ponts à trafic piétons autorisé
 $q_1 \text{ max} = 2500 \text{ N par m}$
- Garde-corps sur ponts à trafic piétons interdit
 $q_1 = 1000 \text{ N par m}$

② q_2 uniforme et verticale

$$q_2 = 1000 \text{ N/ml}$$

③ q_3 concentré sur tout élément non vertical du garde-corps
 $q_3 = 1000 \text{ N}$

CHARGES DYNAMIQUES



Essai au sac de sable ou à la bille d'acier

Sac de 50 Kg : $\alpha < 65^\circ$

Bille de 0,5 Kg : $L > 1,75 h$



Figure 2 :
Comportement des montants principaux d'un garde-corps après un choc par une berline.

Cas de certains modèles de garde-corps proposant la suppression de la main courante.

Ceci pose des problèmes de sécurité et de calcul.

Pour la sécurité des piétons, nous manquons d'éléments objectifs pour en apprécier l'incidence. Les informations en notre possession sur le suivi, depuis plusieurs années, d'un linéaire non négligeable de modèles selon cette conception ne font pas état de problèmes.

Pour la justification de la résistance de ces modèles, nous conseillons de garder l'esprit de la réglementation : faire en sorte que le garde-corps

retienne les corps et ne puisse pas être dégradé par les piétons.

- On conserve la poussée normale et horizontale en supposant une répartition uniforme sur chaque sommet de barre de telle sorte que l'on ait la charge q_1 . De même pour la charge verticale uniforme q_2 .
- Par contre, chaque barre sera calculé en lui appliquant en tête une poussée d'une valeur de 1250 N dans les deux directions d'un plan horizontal (une poussée selon la normale au plan du garde-corps et une poussée selon le plan de ce garde-corps).



Figure 3 :
La grille galvanisée et plastifiée est une solution élégante pour satisfaire à la règle du cylindre de 15 cm sans nuire à l'aspect général du garde-corps.

■ 2.2 - CAS PARTICULIER DES PARAPETS ET DES MURETS BÉTON

La norme XP P 98.405 ne concerne pas les parapets ni les murets béton et le commentaire de l'article 17.1 du F 61, titre II, du CPC les déconseille. Ceci ne constitue cependant pas un obstacle à leur emploi sous réserve de respecter certaines règles.

L'une des questions souvent posée est relative à la géométrie du parapet, notamment sa hauteur, dans le cas de remise en état d'un pont en maçonnerie avec reconstitution à l'identique. En l'absence de règles clairement énoncées, il semble possible de s'appuyer sur les textes réglementaires régissant la construction des voies à l'époque où ces ouvrages en maçonnerie constituaient le type courant de pont.

C'est ainsi que la Circulaire A38 du 18/11/42 (Instruction sur les conditions techniques d'aménagement des RN) précisait ce qui suit à l'article 16 : « *Pour les parapets en maçonnerie, la hauteur de 1 m ou 1,1 m indiquée pour les garde-corps pourra être réduite d'une quantité sensiblement égale au tiers de l'épaisseur du parapet* ». Un texte de 1958 reprend cette rédaction. Il semble que cette règle utilisée pendant de très nombreuses années n'a pas entraîné un danger particulier pour les piétons, aussi nous proposons de s'en inspirer lors de la restauration de ponts en maçonnerie, voire l'implantation de murets en béton sur certains ouvrages.

■ 2.3 - APPLICATION PRATIQUE DES RÈGLES DE CALCUL

Pour le calcul des garde-corps on appliquera les règlements des constructions métalliques, en béton armé et en alliage d'aluminium pour les produits constitués, en tout ou en partie, respectivement par de l'acier, du béton armé ou de l'alliage d'aluminium.

Pour les garde-corps en bois, le calcul sera réalisé en se conformant aux règles définies dans les normes de la série B 52 et notamment NF B 52.001-4 et NF B 52.001-5 pour la classe de résistance, et les règles CB 71 pour le calcul des éléments.

En général, l'effet du vent n'est pas déterminant dans le calcul d'un garde-corps. Par contre, si l'on s'oriente vers des garde-corps comportant des panneaux pleins, la tenue de ceux-ci et la stabilité de la structure sous l'effet du vent doivent être vérifiées dans les mêmes conditions que pour les écrans acoustiques sur un pont ; voir les règles définies dans les textes correspondants à l'emploi des écrans acoustiques sur les ponts.



CHAPITRE

3

LES CRITÈRES DE CHOIX

■ 3.1 - INTRODUCTION

Le choix d'un modèle de garde-corps est basé sur des critères nombreux et variés. Le premier et le plus important est celui de l'esthétique avec tous les paramètres qui s'y rattachent : aspect, couleur, transparence, lignes directrices, harmonie avec le reste de la structure, etc. Le second est le (ou les) matériau (x) constitutif (s) avec, souvent, des critères de durabilité et de facilité d'entretien. Le critère lié à la nature du trafic piéton n'est pas à négliger. Il y a aussi des éléments d'appréciation comme le risque de bruit par effet de vent dans les barreaux, l'intégration de systèmes éclairants, etc.

Il est important que le choix du niveau garde-corps comme celui du modèle soit arrêté dès le stade du projet car cela implique la mise en place de dispositions sur lesquelles il sera difficile de revenir.

■ 3.2 - CRITÈRES DE CHOIX BASÉS SUR L'ESTHÉTIQUE

■ 3.2.1 - Généralités

C'est un domaine largement subjectif, comme le prouve l'existence de modes avec les modèles de garde-corps, et les données sont très différentes d'un ouvrage à un autre. Ce qui suit ne prétend pas donner des règles sur ce sujet mais se propose de rappeler quelques conseils de bon sens. Au moment de la définition des options d'esthétiques d'un modèle de garde-corps, ces conseils pourront constituer une sorte de « check-list » des points que devra (devront) satisfaire le (les) modèle (s) que l'on souhaite.

Ces conseils montrent que l'esthétique d'un garde-corps est quelque chose de particulier. Il n'y a pas de règles générales et c'est l'analyse du site et de ses différents points de vue (sans en oublier) qui permettra de « réussir » un modèle de garde-corps.

L'assistance d'un architecte est recommandée quand elle n'est pas obligatoire compte tenu de la nature de l'ouvrage. Si c'est le cas, il importe qu'il soit bien informé des conditions générales à satisfaire (cf. le présent guide) et des conditions particulières résultant des données fonctionnelles de l'ouvrage. A cet égard la Circulaire du 24/9/84 « relative à la qualité paysagère et architecturale des ouvrages routiers » constitue un cadre dont il convient de s'inspirer dans le domaine des garde-corps et le présent chapitre s'appuie sur les conseils donnés dans ce texte.

«Le garde-corps fait partie, avec la corniche et le tablier, d'un ensemble qui doit être conçu comme tel et non comme un empilement souvent hétéroclite » (M. JL Jolin, Architecte). Cette prise en considération d'ensemble peut contribuer à accentuer la finesse d'un ouvrage (voir le 5ème alinéa de l'introduction de la circulaire citée ci-dessus).

Par contre, les garde-corps les plus compliqués ne sont pas obligatoirement les plus beaux ; mais ils sont souvent très coûteux et se démodent très vite !

■ 3.2.2 - Les observateurs d'un garde-corps

L'esthétique d'un garde-corps correspond aux réactions sensibles qu'il suscite chez un observateur. Mais qui sont les observateurs d'un garde-corps de pont et pendant combien de temps le voient-ils ? Ceci amène à distinguer :

- les conducteurs des véhicules empruntant l'ouvrage. Occupé à la conduite de son véhicule, le conducteur n'a du garde-corps qu'une vision imprécise accessoire au sujet principal : la route. En conséquence, la vision sur le côté ne sera que de très courte durée ;
- les passagers éventuels. Ils peuvent tourner la tête et souhaiter profiter d'une vision au travers du garde-corps. En zone suburbaine, ils sont relativement peu nombreux, car les véhicules

utilisés pour le trajet domicile-travail sont, le plus souvent, occupés par le seul conducteur ;

- les piétons sur le pont. Ils côtoient le garde-corps de leur trottoir et voient le paysage par dessus celui-ci, mais ils voient, par contre, le garde-corps de l'autre trottoir et le paysage correspondant ;
- les riverains, les promeneurs passant à quelque distance et les automobilistes passant sous l'ouvrage voient le garde-corps d'assez loin, pendant plus ou moins longtemps, mais ne le distinguent que peu de l'ensemble.

En conclusion, on devra rechercher le garde-corps s'intégrant le mieux dans le site et son dessin ne devra pas cacher le paysage aux différents observateurs.

■ 3.2.3 - Transparence. Barreaudage vertical ou horizontal

La notion de transparence va de pair avec les considérations de verticalité ou d'horizontalité des barreaux. Fig. 4.

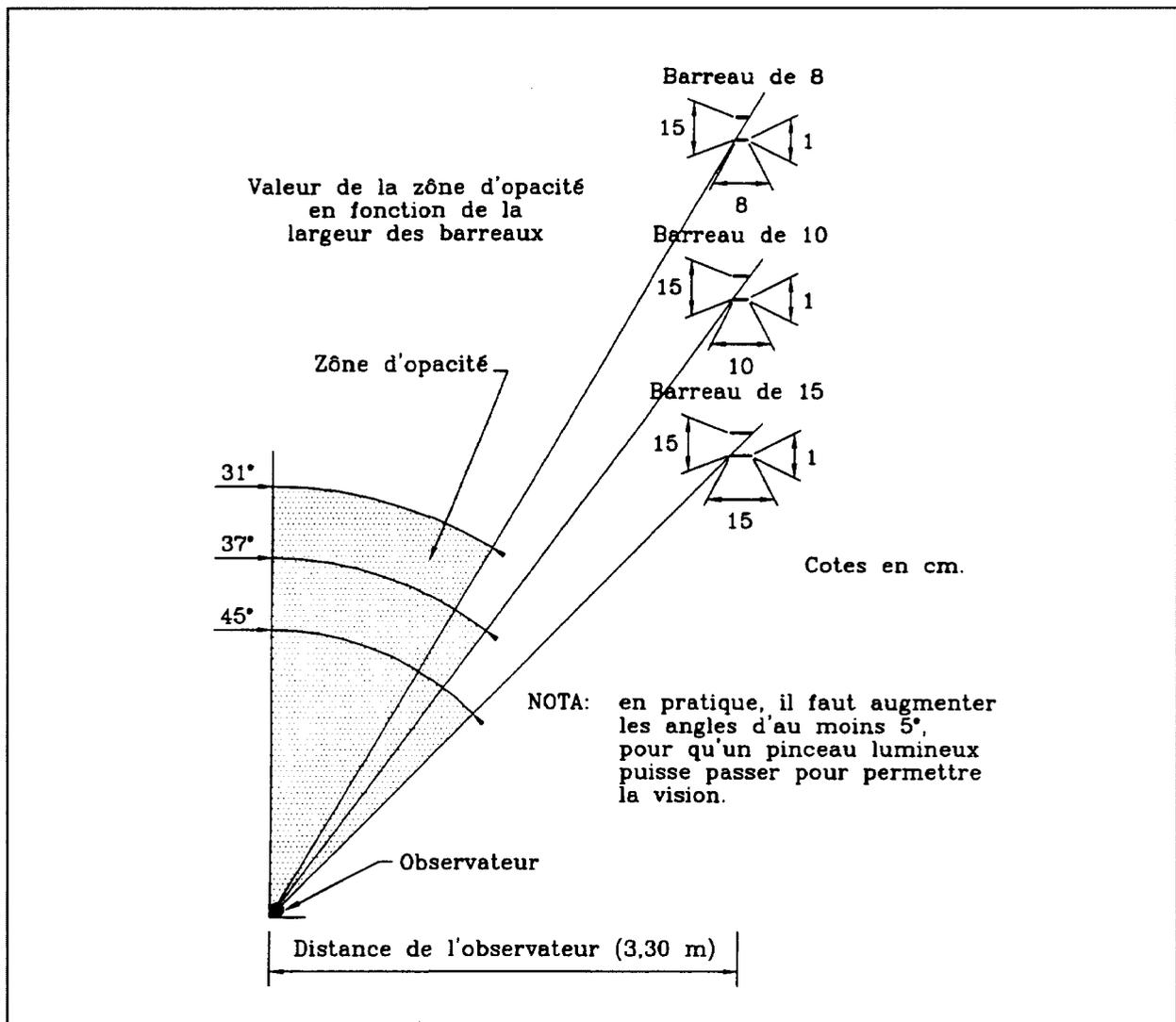


Figure 4 : « Transparence » d'un garde-corps.

La valeur de 3.3 m correspond à un trottoir de 1.3 m et à une position de l'œil à 2 m du bord droit (conformément aux Instructions sur l'aménagement des voiries).

Plus l'angle est faible, plus le garde-corps est « transparent ».

En effet, l'un des arguments avancés par les partisans de la verticalité des barreaux est de donner une « transparence » au garde-corps. En fait, cette transparence est surtout justifiée pour les usagers automobilistes circulant sur le pont ; l'effet de transparence est alors obtenu par la vitesse en regardant perpendiculairement le garde-corps ; cet effet ne peut s'adresser qu'au(x) passager(s) car il peut être dangereux, pour le conducteur, de quitter sa route des yeux. Cet effet est sans intérêt pour les autres usagers et, au contraire, le garde-corps donne une impression de mur. Pratiquement la transparence d'un garde-corps est une notion qui peut s'exprimer par un angle : celui que fera la droite passant entre deux barreaux successifs avec l'axe de la voie (ou la parallèle au garde-corps). Voir la figure 4. Plus cet angle est petit plus le garde-corps est transparent.

Il ne serait donc pas illogique de donner une valeur souhaitable d'angle de transparence lors de la définition des objectifs de spécifications d'un modèle de garde-corps.

Pour avoir la meilleure transparence, c'est-à-dire l'angle le plus faible, on recherchera le barreaudage horizontal avec des supports espacés (1,5 à 2 m) ou un barreaudage vertical avec des barreaux de faibles dimensions.

Par contre, le barreaudage vertical présente le grave inconvénient d'avoir une mauvaise efficacité

pour la retenue d'un véhicule léger. Certes, le garde-corps n'a pas vocation à retenir les véhicules, mais, à résistance égale, on observe, avec le garde-corps à barreaudage vertical, un mauvais comportement du véhicule : effet de râpe et blocage, avec, comme conséquence, des dégâts importants sur le véhicule et de fortes décélérations pour les occupants.

A l'encontre du barreaudage horizontal, on évoque fréquemment le risque d'escalade, surtout par de jeunes enfants. Malgré le nombre relativement important de garde-corps et de barrières installés (dans ce cas l'existence des lisses est justifiée pour permettre le glissement du véhicule lors du choc en évitant des blocages), nous n'avons pas eu connaissance d'accident imputable directement à cette disposition. Peut-être s'agit-il d'un faux problème. Cependant, dans le cas d'ouvrages installés dans certaines zones à risques : passerelles, proximité d'écoles ou de zones d'habitation, etc., cet aspect doit être pris en considération et des dispositions sont à prévoir pour éviter ce risque d'accident.

La solution à mettre en œuvre doit faire en sorte que l'individu soit en situation d'instabilité. On peut prévoir soit la lisse supérieure surplombante (Voir figure 5), soit mettre un remplissage entre les barreaux horizontaux empêchant la pose du pied.

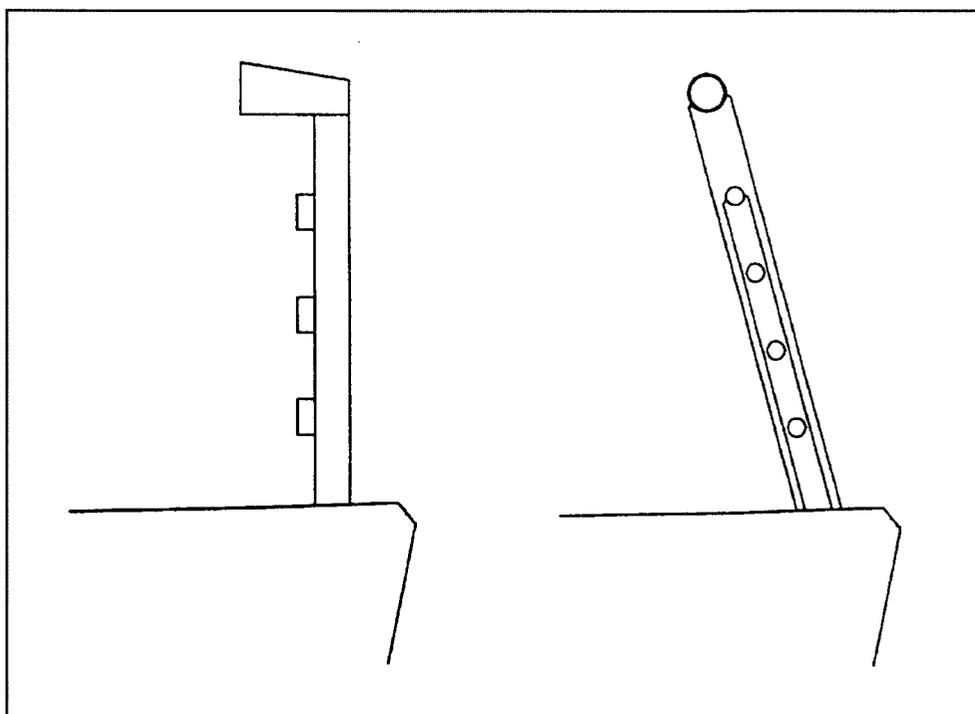


Figure 5 : Exemples de garde-corps avec main courante surplombante.

■ 3.2.4 - Teinte et aspect

Le choix de la teinte joue un rôle primordial dans l'esthétique d'un garde-corps. Ainsi certaines couleurs sombres ou discrètes par rapport à l'environnement rendent les garde-corps pratiquement invisibles sur un fond de ciel, ce qui contribue encore à la discrétion de la silhouette des PS en dalles. *Fig. 6.*

On peut aussi jouer avec des couleurs « agressives » pour surprendre, attirer l'attention ou marquer certaines lignes de l'ouvrage.



Figure 6 :

La teinte de ce garde-corps est en harmonie avec l'environnement et atténue l'effet de masque du barreaudage vertical.

■ 3.2.5 - Verticalité ou non des supports

La verticalité des montants et des supports doit être la règle pour les garde-corps des ponts routiers². Elle est préférable à la perpendicularité au profil en long, même dans le cas d'une pente de ce profil en long inférieure à 2 %.

Cette disposition permet un meilleur équilibre esthétique pour l'ouvrage et évite des dysharmonies avec d'autres parties d'ouvrages ou d'autres équipements qui seront obligatoirement verticaux : piles, lampadaires, portiques, etc. Elle présente, en outre, l'avantage d'être d'une exécution aisée sur le chantier : la verticalité se vérifie par le fil à plomb, alors que la perpendicularité au profil en long est d'un contrôle plus délicat.

Cette disposition de la verticalité sera de règle sauf cas particulier parfaitement identifié et dont les conséquences auront été bien pesées.

² Pour les montants inclinés vers l'intérieur ou l'extérieur (cf. figure 5), il importe de veiller à ce que le montant soit dans un plan perpendiculaire à l'axe de l'ouvrage.

■ 3.2.6 - Coïncidence pile/montant de garde-corps

Sur les ponts anciens, il était de tradition de faire coïncider un montant principal de garde-corps avec l'axe de chaque pile.

Actuellement, le biais de la plupart des ouvrages, combiné avec l'existence d'encorbellements qui provoque l'avancée du garde-corps par rapport aux appuis, rend imperceptible la nécessité d'une telle coïncidence. D'autre part, l'allègement des montants crée une forte discontinuité de masse qui n'est pas favorable à une telle disposition.

Cette coïncidence ne sera à rechercher que dans des cas bien particuliers de dessins de garde-corps et pour profiter d'un effet esthétique voulu.

■ 3.2.7 - Traitement des extrémités

Ce traitement des extrémités comporte deux volets selon que le garde-corps est relié ou non à un autre dispositif de retenue en section courante.

a) Le garde-corps n'est pas relié à un dispositif de retenue de section courante ou le passage piéton est protégé par un dispositif de retenue sur les accès et poursuivi sur l'ouvrage.

Les modèles classiques et standardisés proposés par les fabricants comportent des abouts relativement simples ; mais le projet peut en disposer autrement car le dessin des modèles permet une totale liberté sur ce point.

Figure 7 :

Exemple d'une liaison glissière/garde-corps. Le dessin du garde-corps assure une continuité d'aspect avec la glissière aux abords. Il faut profiter de cet élément pour avoir aussi une continuité de la résistance mécanique.



Il ne faut cependant pas oublier que complexité et prix sont liés : voir le guide GUEST 69 (p. 98 et 99).

Ces extrémités de garde-corps constituent fréquemment des obstacles dangereux pour la circulation des véhicules légers sur lesquels ils peuvent venir se bloquer. L'isolement de l'extrémité dangereuse, qui passe par l'installation de glissières, doit être étudié.

Dans le cas où un dispositif de retenue règne devant le passage piéton, on vérifiera simplement que la distance nu avant barrière/nu avant garde-corps soit conforme.

Dans le cas contraire, on se trouve, alors, placé dans la configuration du § b suivant.

b) Le garde-corps est prolongé par un dispositif de retenue de section courante.

Il s'agira, dans la majorité des cas, de glissières de sécurité. Ce mode de prolongement pose un certain nombre de problèmes importants qui mettent en jeu la sécurité des usagers alors que les questions esthétiques sont trop souvent mises en avant.

Ce point sera développé dans le fascicule « les barrières de sécurité de niveau véhicules légers ». On retiendra, ici, que le prolongement d'un garde-corps par une glissière en section courante ne constitue pas une disposition souhaitable puisque l'on passe à un niveau de sécurité inférieur sur le pont alors que l'ouvrage constitue, en principe, la zone la plus dangereuse. *Figure 7.*

Le traitement de l'extrémité comportant une liaison avec une glissière doit donc faire l'objet d'un examen sérieux de l'aspect sécurité avant d'aborder l'esthétique. Voir le fascicule « barrière de sécurité de niveau VL » dans la même collection du guide GC.

■ 3.2.8 - Autres aspects : ponts étroits, décrochements en plan,...

Sous certains angles (par exemple : usagers circulant sous un PS), un observateur verra, si le pont est étroit, les deux garde-corps en superposition. Si on souhaite éviter l'effet de mur puisque la densité des montants et des lisses est doublée, il est préférable de s'orienter vers des profilés minces.

Le décrochement en plan est, en général, à proscrire : voir GUEST 69, p. 99.

■ 3.3 - CRITÈRES DE CHOIX DU MATÉRIAU

■ 3.3.1 - L'acier

C'est, de loin, le matériau qui reste le plus utilisé. Ce large usage résulte des considérations suivantes.

a) Les projeteurs disposent d'une multitude de profilés dont les caractéristiques mécaniques sont bien définies et amplement suffisantes pour réaliser des garde-corps dont le rôle mécanique est limité.

b) Les formes disponibles sont d'une grande variété : plats, tubes ronds ou carrés ou rectangulaires, profilés H, I, U, C,... et profilés spéciaux (de main courante) mais de fabrication suivie, etc.

c) Ces formes sont normalisées, sauf pour certaines mains courantes, et resteront disponibles pendant de nombreuses années. Ceci devrait faciliter les interventions pour les réparations. Dans le cas de certaines fabrications, il reste la possibilité de fabriquer des profilés reconstitués. *Fig. 8b.*

Cependant pour faciliter les commandes et raccourcir les délais, il est recommandé de sélectionner des profilés à disponibilité immédiate ou courte chez les négociants.

d) La nuance habituellement demandée est courante : au moins S235 JR (anciennement Fe 360B) conforme à la norme NF EN 10025, apte à la galvanisation (classe I, II selon NF A 35.503).

e) La combinaison de ces différentes formes élémentaires par mécano-soudage permet l'obtention d'une multitude de modèles. Cette fabrication reste à la portée d'un serrurier possédant un outillage de base et une compétence en matière de soudage. Ceci permet de passer des commandes à des entreprises régionales (et disposant d'un système qualité conforme), assurant ainsi un volant d'activité au niveau local.

Les tentatives d'utilisation de l'acier inoxydable de nuance 18.8 au moins (main courante du pont du Garigliano à Paris, pont de la RN 186 sur la Seine à Choisy-le-roi [*Fig. 9*],...) n'ont pas eu de suite ou restent ponctuelles, à cause des coûts.

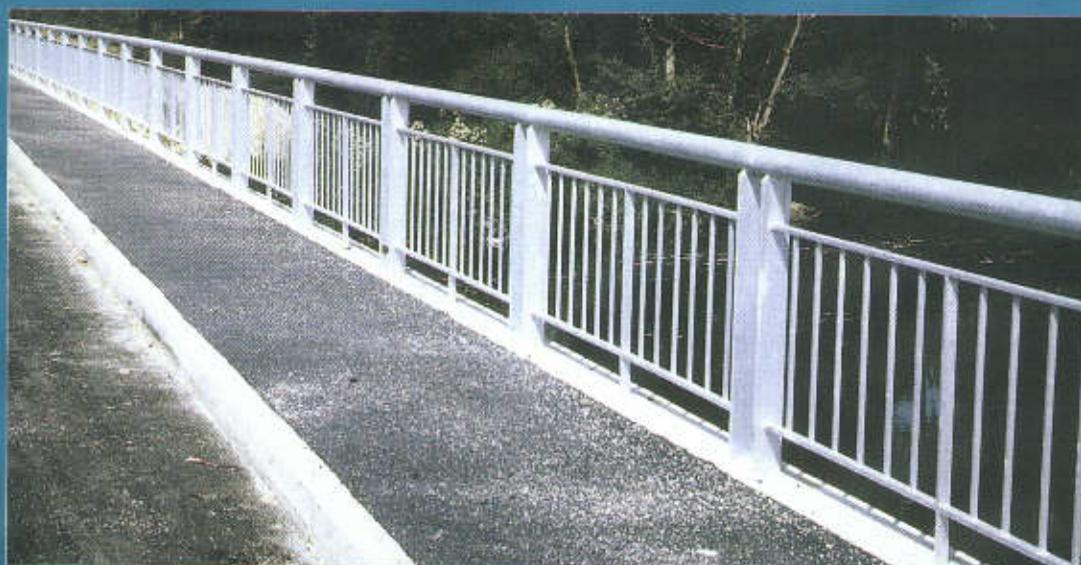
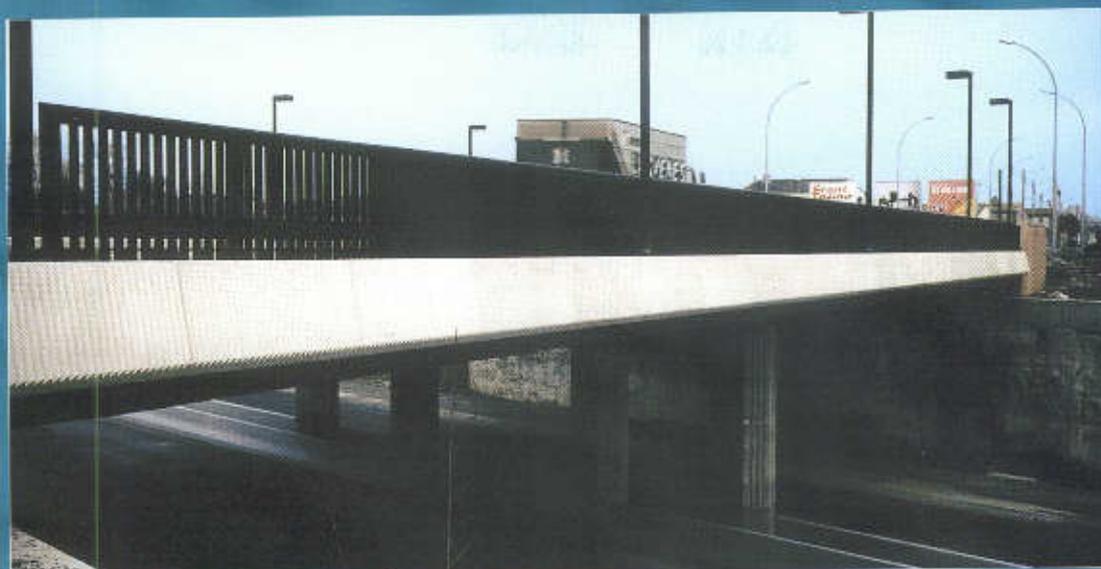


Figure 8 :
Garde-corps en acier.
a) modèle S7
b) modèle posé sur A 75



Figure 9 :
Garde-corps en acier inoxydable.
(RN 186/Seine à Choisy-le-Roi)



a)

Figure 10 :
Exemples de garde-corps
en alliage d'aluminium.



b)



Figure 11 :
Ce modèle de garde-corps
en alliage d'aluminium a
nécessité la mise au point de
plusieurs moules de
fonderie ; ceux-ci ont été
conservés par le gestionnaire
pour pouvoir faire face à
d'éventuelles réparations.

f) L'inconvénient principal concerne la tenue médiocre à la corrosion de l'acier nu. Il doit donc recevoir une protection. Des solutions de protection contre la corrosion efficaces existent aussi bien pour la construction que pour l'entretien ; le chapitre 6 et, surtout, le fascicule « protection contre la corrosion des équipements latéraux des ponts » dans la même collection traitent de ce sujet. La solution de base retenue est la protection par le zinc déposé par galvanisation à chaud ; elle sera, si l'on souhaite augmenter sa durabilité et améliorer l'aspect, complétée par une peinture.

Quant aux aciers patinables, les graves inconvénients (coulures, salissures des mains, hétérogénéité de teintes, coût,...) conduisent à en déconseiller fortement l'usage en garde-corps³. Le cas échéant, prendre contact avec le gestionnaire du présent guide.

■ 3.3.2 - L'alliage d'aluminium

L'emploi des alliages d'aluminium s'est très largement développé durant ces dernières années et les garde-corps constitués avec ce matériau représentent de 30 à 40 % du linéaire total de garde-corps fabriqués. Ce développement est la conséquence d'un certain nombre d'avantages apportés par ce matériau. *Fig. 10.*

a) La tenue à la corrosion dans les conditions normales d'utilisation des garde-corps est satisfaisante. Cette tenue à la corrosion est cependant fonction de la nature de l'alliage, de l'environnement et du traitement de surface complémentaire : anodisation ou non, peinture cuite au four, etc., aussi doit-elle faire l'objet d'une analyse préalable⁴.

Elle est aussi fonction de l'association avec d'autres métaux, par exemple l'acier de la boulonnerie d'assemblage ou de l'ossature. En effet, pour éviter des pièces trop coûteuses en alliage d'aluminium, on conçoit certains modèles de garde-corps avec une ossature en acier habillée par un capotage en alliage d'aluminium. Certains phénomènes de corrosion par couple galvanique peuvent se manifester. (Voir le fascicule « protection contre la corrosion des équipements des ponts » dans la même collection).

b) Le mode d'élaboration des produits permet une grande variété des formes. Mais cet avantage n'est pas sans inconvénient lors de l'entretien. Les formes sont créées par :

1) *filage*. On obtient, à partir de filières, des profilés :

- à sections constantes, pleines ou tubulaires, ces dernières pouvant être fermées ou ouvertes,
- avec des formes dont l'esthétique est particulièrement étudiée,
- où la matière est positionnée là où elle est utile.

Ces filières sont d'un prix raisonnable, à condition d'avoir un linéaire suffisant de profilés à passer pour en amortir son coût sur de grandes quantités (cf. commentaires à la fin de ce paragraphe).

2) *fonderie*. Les alliages d'aluminium se coulent très facilement dans des moules dit « au sable » pour de petites séries, ou en « coquille » si les séries le justifient.

L'utilisation de moules ou de filières pour la fabrication spécifiques d'éléments constitutifs d'un garde-corps, si cela permet une grande variété de formes, pose deux problèmes :

- la conservation de ces moyens de fabrication,
- la mise en route d'une nouvelle fabrication, pour remplacer des pièces accidentées.

Pour des modèles de garde-corps de grande diffusion, les serruriers qui sont souvent propriétaires du modèle (modèle déposé) détiennent des profilés en stock, ce qui permet de faire face, rapidement, à toute demande de dépannage pour réparation. Nous avons obtenu, de la part de ces fabricants, la garantie de conservation des filières et des moules pendant dix ans après la dernière fabrication.

Par contre, nous attirons l'attention de ceux qui voudraient réaliser un garde-corps « original » sur le fait qu'un garde-corps constitue un produit « consommable » (accident par exemple) et que sa fabrication doit être suivie d'un « service après vente ».

Un exemple récent qui a concerné un modèle de barrière en alliage d'aluminium illustre ces difficultés. A la suite d'un accident, il a fallu remplacer environ 80 m de lisses. En recherchant la filière, on a découvert que la société assurant le filage de l'aluminium s'était, lors de restructuration, débarrassée de la filière et qu'il fallait investir pour en refaire une nouvelle, ceci pour 80 m ! En n'oubliant pas qu'une fois la filière en place, le processus de filage oblige à filer un minimum de plusieurs centaines de mètres !

3. Voir, notamment, la circulaire du 26.09.85. (DR-SETRA/DOA)

4. Pour aider au choix de la l'alliage, outre les normes, voir le document « Note générale provisoire sur l'utilisation des alliages d'aluminium ». (SETRA/CTOA-LCPC - 1976)

La situation est identique pour les moules. (Il en existe des exemples)

La précaution consistant à conserver, pour un modèle « original », le (s) moule (s) ou la (les) filière (s) au parc du service gestionnaire de l'ouvrage ou dans une culée creuse de l'ouvrage est une précaution nécessaire mais non suffisante. Il peut être aussi nécessaire de conserver un certain stock de pièces élémentaires. Ce qui grève d'autant le coût du garde-corps. *Fig. 11.*

c) **Les caractéristiques mécaniques** sont variables selon les alliages et leur mode d'élaboration. Elles sont, en principe, inférieures à celles de l'acier S235 (anciennement Fe 360) ; mais à condition de choisir convenablement les alliages et de dessiner les pièces en évitant des concentrations de contraintes (variations brusques de section, angles vifs rentrants, etc.) il est possible d'obtenir des pièces de résistance satisfaisante à volume comparable.

Pour les alliages utilisés dans les garde-corps :

- la limite d'élasticité est supérieure à 150 MPa,
- l'allongement à la rupture varie de 10 à 25 % pour les alliages aptes au filage et 2 à 7 % pour les alliages de fonderie. Ces allongements assurent une relaxation correcte des contraintes pour les premiers et sont suffisants pour les pièces de fonderie, compte tenu des nécessités de tracés indispensables pour obtenir des pièces conformes.

d) **Le coût** au mètre linéaire d'un garde-corps en alliage d'aluminium n'est que de très peu supérieur à celui d'un garde-corps acier comparable. Cet écart qui reste inférieur à 15 %, est acceptable compte tenu du faible coût à l'entretien (absence de remise en peinture), des possibilités esthétiques et de la valeur de récupération du métal de base (lors des réparations).

e) **Les assemblages** peuvent se faire :

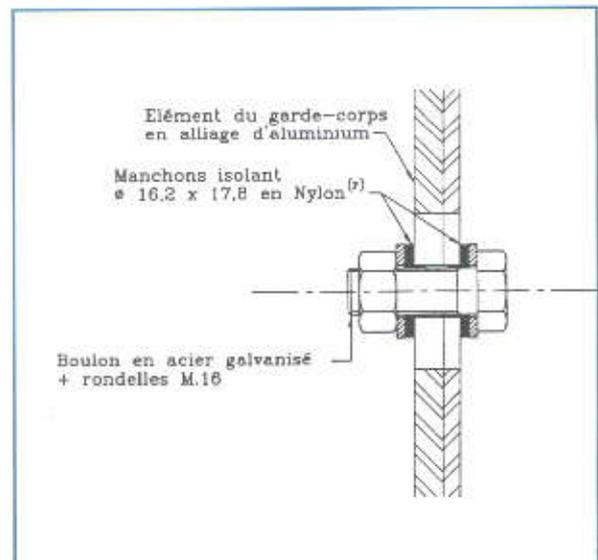
- par soudage, mais le procédé est d'une technologie spécifique qui est plus du domaine de l'atelier que du chantier.
- Par boulonnage. Pour éviter les phénomènes de corrosion par couple galvanique, il faudrait faire appel à de la boulonnerie en acier galvanisé isolée de la pièce ou en alliage d'aluminium. Ce n'est malheureusement pas le cas actuellement. *Fig. 12 & 13.*

- Par clipage. Ce mode d'assemblage est bien adapté à ce produit, mais il n'assure qu'une résistance réduite. La conception du clipage doit être étudiée pour éviter le démontage sans outils spéciaux.



Figure 12 :
Corrosion de vis en acier galvanisé fixant des pièces en alliage d'aluminium sans isolation.

Figure 13 :
Dispositions à prévoir pour assurer une isolation correcte entre une visserie en acier (galvanisé ou inoxydable) et des éléments de garde-corps en alliage d'aluminium.



■ 3.3.3 - Le bois⁵

Ce matériau est parfois utilisé pour constituer des habillages de garde-corps, rarement un garde-corps complet ; il apporte une tonalité souvent appréciée dans certains contextes où l'on souhaite se fondre dans un environnement naturel.

Le choix de l'essence est certes primordial pour obtenir une durabilité satisfaisante mais la conception de l'ouvrage sera également très importante. Le bois est un matériau hétérogène, anisotrope et hygroscopique. Pour un emploi à l'extérieur, il vaut mieux choisir une essence présentant des variations dimensionnelles réduites et le sécher jusqu'à une humidité qui sera proche de celle de son emploi extérieur (soit 15-16 % environ).

Toutes les essences ne sont pas équivalentes vis-à-vis du risque biologique (dans ce cas principalement la pourriture).

Deux choix sont alors possibles :

- l'essence est suffisamment durable pour l'emploi visé,
- l'essence n'est pas suffisamment durable pour l'emploi mais elle peut être traitée avec un produit et un processus appropriés.

Pour cela les normes à utiliser sont les normes européennes :

- NF EN 350.2 (IC B 50.103.2) : Durabilité du bois et des matériaux dérivés du bois. Durabilité naturelle du bois massif — Guide de la durabilité naturelle du bois et de l'imprégnabilité d'essences de bois choisies pour leur importance en Europe.
- NF EN 335.1 (IC B 50.100.1) : Durabilité naturelle du bois et des dérivés du bois. Définition des classes de risque d'attaque biologique. Partie I : généralités.

Pour l'emploi en garde-corps, en fonction de la conception et de la place dans l'ouvrage vis-à-vis du sol, les classes de risques biologiques à considérer sont les classes 3 et 4 et plus particulièrement 4.

Dans ces conditions, on choisira :

- soit une essence ayant une durabilité de 1 selon NF EN 350.2,



Figure 14 :
Exemple d'un garde-corps comportant du bois dans un village de montagne.

- soit une essence non durable mais ayant une imprégnabilité de 1 selon NF EN 350.2 qui sera traitée avec un produit de classe 4 et un processus pour obtenir les pénétrations requises pour la classe 4 selon NF EN 335.2 (exemple : un pin sylvestre traité par autoclave par des sels de type CCA ou CCB).

Cette durabilité naturelle ou conférée n'exclut en rien une bonne conception (par exemple en évitant les pièges à eau).

En terme d'aspect, deux possibilités s'offrent en fonction :

- de l'esthétique recherchée,
- du coût d'entretien envisagé et accepté.

S'il n'est pas possible de réaliser un entretien, en particulier pour des raisons de crédits disponibles, la solution sera de ne pas mettre de finition. Le bois grisailera au cours du temps. Cette solution est tout à fait pérenne à condition d'avoir respecté ce qui est demandé dans le paragraphe durabilité ci-dessus. Il faut accepter l'esthétique du bois grisailé mais en général cet aspect s'intègre bien dans l'environnement. Seul un nettoyage de temps en temps pour enlever la mousse, les moisissures et les salissures est à prévoir.

S'il est possible d'envisager de consacrer des crédits à l'entretien, une finition peut être appliquée sur le bois. Là encore, deux possibilités peuvent s'envisager :

⁵ Chapitre rédigé en février 1995 par le CTBA, Centre Technique du Bois et de l'Ameublement. Voir coordonnées dans la partie « adresses utiles ».

a) *Garder l'aspect du bois.* Les produits potentiels sont du type lasure transparente pigmentée. Leur entretien est annuel pour les ouvrages très exposés sinon tous les deux ans environ. La meilleure durabilité sera obtenue avec des produits ou des systèmes de teinte moyenne.

b) *Garder la texture du bois mais pas son aspect.* Les produits envisageables sont les lasures opaques ou les peintures. Les lasures opaques demandent un entretien tous les 2-3 ans environ alors que les peintures peuvent attendre tous les 3-4 ans environ. Ces durabilités sont fonction des essences, des expositions et des couleurs (donc des pigments) des produits. La meilleure durabilité sera obtenue avec des produits clairs. Une peinture sur un garde-corps mal conçu et une essence non durable sera encore plus néfaste.

■ 3.3.4 - Les plaques transparentes

La mode des garde-corps avec remplissage à plaques transparentes est un peu passée. Cette disposition copiait des modèles de garde-corps de bâtiment. L'emploi reste donc assez rare mais nous donnons ici quelques éléments d'information sur les matériaux et les précautions d'emploi.⁶

■ 3.3.4.1 - Le verre trempé, armé ou feuilleté (Fig. 15)

Nous déconseillons l'usage des deux premiers dont la résistance au choc et aux actes de vandalisme est insuffisante, à notre avis. L'article 5.2.4 de la norme XP P 98.405 exige un essai de choc au sac de sable et à la bille qui risque d'être très sélectif.

Le verre feuilleté est un vitrage composé de deux, au moins, vitres simples collées intimement par interposition de film(s) de butyral de polyvinyle. Ce vitrage présente toutes les qualités du verre : transparence, résistance à l'abrasion, inaltérabilité, entretien aisé, ... La présence du (ou des) film(s) de butyral jouant le rôle d'une armature donne au produit une bonne résistance à l'enfoncement. En cas de bris, les morceaux restent collés au film et ne sont pas dangereux.

Il est notamment commercialisé par STADIP (Saint Gobain vitrage)⁷.



Figure 15 :
Garde-corps avec remplissage en plaque de verre.

■ 3.3.4.2 - Les plaques plastiques transparentes

Elles sont faciles à travailler et résistent bien aux chocs dans les conditions normales d'usage des garde-corps et pour les plastiques actuellement commercialisés : polycarbonate et acrylique⁸.

Par contre :

- la résistance à l'abrasion est faible (2,5 à l'échelle de Mohs, soit la dureté de l'ongle), d'où risque de rayures volontaires par vandalisme,
- le coefficient de dilatation est deux fois celui du béton, d'où la nécessité de précautions dans la conception des feuillures pour éviter des déformations ou des contraintes,
- le matériau a des propriétés électrostatiques, c'est-à-dire qu'il attire la saleté, d'où un encrassement rapide qui fait perdre le bénéfice de la transparence.

■ 3.3.4.3 - Conclusions sur ces produits

IMPORTANT

A notre avis, ce type de remplissage doit être réservé à des ouvrages dont le gestionnaire peut assurer une surveillance et un entretien constants. En effet, l'absence d'une plaque (par bris ou autre) présente peu de différence avec la plaque en place d'où un risque non négligeable pour l'utilisateur. A la suite d'un accident mortel récent, la Commission de la Sécurité des Consommateurs a émis l'avis que : « le verre non coloré ou complètement transparent devrait être interdit » et que « les

6. Les garde-corps comportant ces matériaux ou les matériaux eux-mêmes font l'objet, le plus souvent, de propriétés industrielles et commerciales. Il est conseillé au futur utilisateur de s'informer de l'existence de ces droits.

7. Voir en « adresses utiles ».

8. Ils sont diffusés sous les marques Plexiglas, Altuglas, ...

systèmes devraient être conçus de manière à ce que, même en cas de disparition soudaine d'un élément de la protection, il ne se trouve en aucun cas un vide permettant le passage d'un corps d'un enfant ». Ce complément pourrait être valablement constitué, par exemple, par une lisse à mi-hauteur ou par une série de câbles tendus formant filet jusqu'à 0.6 m de hauteur.

La mise en œuvre doit respecter les règles de la profession en la matière, notamment les plaques doivent parfaitement tenues dans leur pareclose.

Enfin, les plaques nécessitent un entretien (enlèvement de l'affichage sauvage, nettoyage, réparation, etc.) qui fait que, parfois, le gestionnaire est amené à les remplacer par des garde-corps plus « classiques » (cf. § 6.2.2.3).

Toute intervention sur ce type de garde-corps nécessite la mise en place immédiate de mesures de sécurité ; par ailleurs, nous rappelons que la norme fixe des prescriptions pour une utilisation normale et que tout Maître d'Œuvre a la possibilité de fixer des prescriptions plus élevées (§ 5.2.1.1 de la norme) en fonction de son contexte local (risque de heurt par des véhicules, vandalismes, etc.).



Figure 16 :
Garde-corps en béton armé.

■ 3.3.5 - Les garde-corps en béton armé

Le commentaire de l'article 17.1 du F 61, titre II du CPC, en déconseille l'usage sans expliciter les raisons de cette position. D'après le contexte, on semble considérer le matériau comme fragile donc inapte à cet emploi. Cette position ne paraît pas cohérente avec l'emploi de barrières de sécurité en béton qui sont, elles, parfaitement admises. *Fig. 16.*

Cette réticence semble se fonder sur une mauvaise tenue de certains modèles de garde-corps et de murets en béton armé. Il est bien évident que si l'on ne respecte pas les Règles de l'Art en matière de conception et d'exécution du béton armé constitutif de ces garde-corps on aboutira inéluctablement à des désordres à court terme. *Fig. 17.*

Les principales règles à observer sont :

- respect des enrobages d'armatures. Compte tenu de l'environnement du bord d'une route avec, parfois, des sels de déverglaçage, cet enrobage doit être, au minimum, de 4 cm, sauf à utiliser des armatures galvanisées (2 cm dans ce cas).
- La formule du béton doit comporter un dosage minimal en ciment (400 kg/m^3) et le béton doit avoir une bonne tenue aux cycles de gel/dégel. Sur ce point, on fera référence au document « Recommandations spécifiques à l'élaboration des bétons pour les parties d'ouvrages non protégées des intempéries et soumises à l'action du gel » (cf. Bibliographie).

Figure 17 :
État de montant de garde-corps en béton armé après quelques années de service.



- La conception évitera des parties trop fines ou des angles trop fragiles. Les inserts éventuels de fixation d'éléments métalliques devront être conçus pour ne pas être le départ d'une corrosion ou d'une fissuration (les inserts type «Plastirail»⁹ sont, en revanche, très intéressants).
- On ne devra pas hésiter à surdimensionner ces garde-corps par rapport aux modèles en métal, car la réparation, après un accident est plus délicate et coûteuse avec le béton et le risque de projection d'éléments serait plus grave de conséquences (du fait de leur poids), semble-t-il.

Enfin, le poids de ces garde-corps en béton armé constitue un handicap souvent mis en avant.

■ 3.3.6 - Garde-corps utilisant du polyester renforcé de fibres de verre

Il existe des possibilités de fabrication de garde-corps à partir de profilés obtenus par pultrusion¹⁰ de résines renforcées de fibres de verre et dont les éléments constitutifs sont assemblés soit par collage ou stratification, soit par rivetage ou boulonnage (en acier inoxydable).

L'intérêt principal de l'emploi de ces produits composites réside dans l'excellente tenue à la corrosion, la tenue mécanique malgré leur souplesse naturelle (la règle de l'article 5.2.3 de la norme XP P 98.405 sur la limitation de la flèche pose quelques problèmes de respect avec ce matériau très souple) et la bonne résistance dans le temps de ce matériau, sous réserve d'une formulation correcte de la résine ainsi que d'une bonne définition du cahier des charges du produit fini à utiliser. Il faut savoir qu'il existe une grande variété de résines allant d'une qualité courante à une qualité très largement élaborée, principalement employée dans des milieux de technologie avancée ou spécifiques. Pour cette raison, il ne faut pas utiliser des résines dites « standards » dans des endroits très agressifs comme la proximité d'usines à effluents corrosifs ou en bord de mer, alors qu'il existe des résines spéciales plus appropriées.

L'inconvénient réside dans les possibilités de définition des formes des profilés. En effet, les outillages étant très coûteux, la technique de pultrusion est intéressante pour des séries de fabrications moyennes ou grandes. Néanmoins, presque toutes les formes sont réalisables aujourd'hui sous réserve de s'adresser à des spécialistes et de bien définir là encore les pro-

priétés techniques du produit désiré. Les colorations sont possibles mais il est préférable d'utiliser des couleurs claires afin de limiter la dégradation de celles-ci dans le temps.

Les produits finis « pultrudés » peuvent également être peints.

De même, ces produits peuvent être œuvrés sur site, mais pour cela il faut respecter certaines Règles de l'Art en ce qui concerne les coupes, les modes de percement (la distance des percements par rapport au bord doit être de 3 diamètres) et d'usinage, ainsi que la tenue au contact avec d'autres matériaux tels que l'acier, le béton, l'aluminium, etc.

L'emploi de ces divers matériaux n'est pas nouveau mais compte tenu de la technique évolutive dans les différents domaines d'application, nous conseillons de prendre contact avec le gestionnaire du présent guide ou les spécialistes pour connaître l'état de la situation si l'on envisage l'usage de ces matériaux en garde-corps.

Pour la rédaction des pièces du marché, on pourra, si nécessaire, s'appuyer également sur les conseils donnés dans le guide « Corniches » de la même collection du guide « GC ».

■ 3.4 - CRITÈRES DE CHOIX LIÉS À LA NATURE DU TRAFIC PIÉTON

Les considérations liées à la nature du trafic piéton vont orienter le choix du modèle. Ces considérations seront les suivantes.

■ 3.4.1 - Classe de la voie

Dans le § 1.2, il a été indiqué qu'il existait deux types de voirie : celle interdite aux piétons, de type autoroute ou voie rapide, et celle à piétons autorisés. La norme XP P 98.405 (reprenant le F61, titre II) précise, articles 5.1 et 5.2, les résistances et les règles géométriques à respecter dans l'une et l'autre situation.

■ 3.4.2 - Présence d'un fort trafic de jeunes enfants

Ce peut être le cas sur une passerelle proche d'une aire de loisirs, ou d'un ouvrage à proximité d'une école, par exemple.

9. Commercialisé par ETIC, Voir « adresses utiles ».

10. La pultrusion est un procédé de filage dans lequel le produit est tiré en sortie de filière, contrairement au filage classique où on exerce une poussée sur le matériau en amont de la filière.

On privilégiera des modèles à barreaudage vertical (ou à barreaudage horizontal sans possibilité d'escalade, voir figure 5). Si nécessaire, on n'hésitera pas à prévoir un espacement de barreau intermédiaire entre la règle du cylindre de 15 cm (article 5.1.2.2 de la norme XP P 98.405) et celle du remplissage pour les garde-corps de bâtiment (environ 11 cm). Pour cela on pourra faire appel à des produits comme celui décrit au § 4.4 ci-après et dont la figure 3 en donne une illustration.

Dans les zones « sensibles », pour éviter les jets d'objets sur la voirie inférieure, il faudra équiper le garde-corps de dispositions adéquates : voir le § 4.4 ci-après qui présente quelques dispositions envisageables.

■ 3.5 - BRUIT PROVOQUÉ PAR LE VENT

Le vent soufflant au travers de garde-corps comportant un barreaudage vertical constitué de plat en acier provoque un bruit dont l'intensité est telle qu'il génère une gêne auprès des riverains. Le rédacteur du présent guide l'a constaté, de nombreux exemples de plaintes existent et les essais en soufflerie l'ont montré.

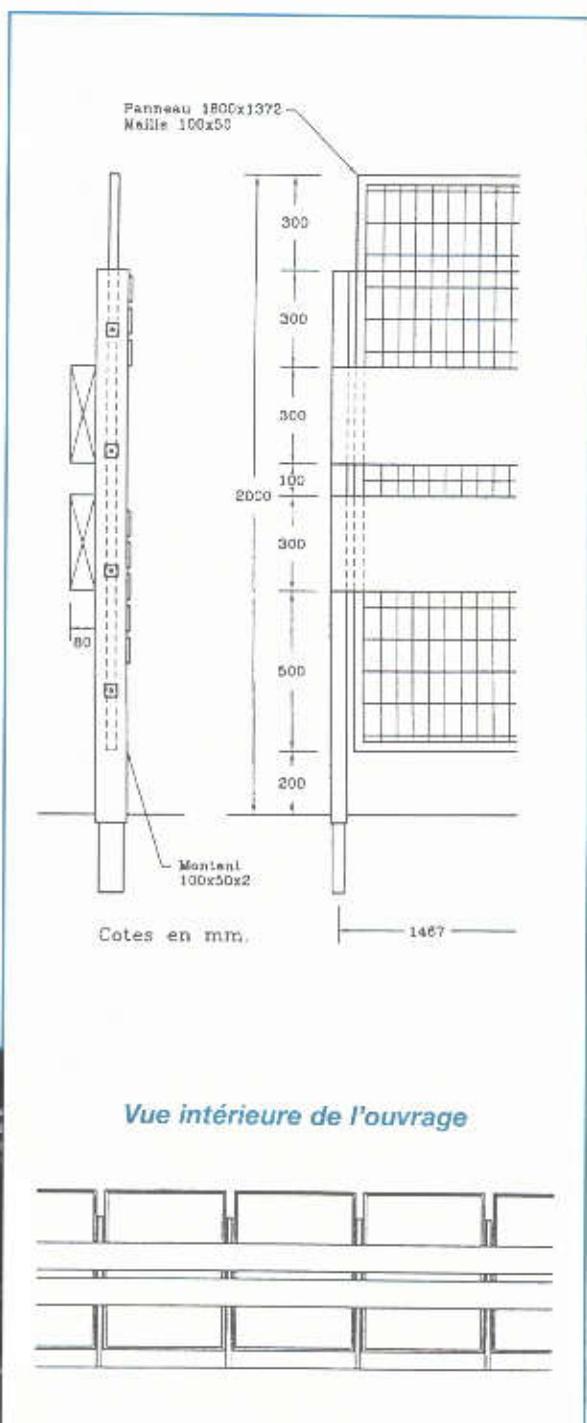
■ 3.4.3 - Passage de cavaliers ou de bétail

En principe, il est recommandé des garde-corps pleins pour le passage de bétail sur les PS¹¹, voire même légèrement plus haut que celle découlant de la stricte application de l'article 5.1.2.1 de la norme : une hauteur entre 1,2 m et 1,5 m semble valable.

On n'oubliera pas de justifier le garde-corps aux efforts au vent résultant des règles énoncées par ailleurs. D'autre part, pour tenir compte de la poussée des animaux, les hypothèses de la norme (poussée horizontale, uniforme et normale) peuvent être majorées par un coefficient de 1,5 à 2.

Pour les garde-corps longeant des pistes cavalières, la partie pleine du garde-corps semble pouvoir être limitée à ce qui correspond à la position de la tête du cheval. Un exemple d'un tel modèle est présenté. *fig. 18.*

Figure 18 :
Passage supérieur équipé d'un garde-corps pour piste cavalière.
(Modèle étudié par la Sté Équipement Routier)



11. Ceci afin que les animaux ne puissent être effrayés par la vue du trafic.

Le cas s'est présenté avec un garde-corps comportant des plats en acier de 170-120 x 10 mm et avec la barrière à barreaudage vertical, dite BNBV (voir guide sur les dispositifs de retenue pour poids lourds) dont les plats de 108-160 x 10 sont aussi positionnés avec la surface du grand côté perpendiculaire à l'axe de l'ouvrage.

Pour ce dernier modèle de barrière, les mesures en soufflerie ont montré l'apparition d'un bruit de 17,2, 10 et 26,3 dB (A) pour un vent (perpendiculaire à l'axe de l'ouvrage) respectivement de 46,8, 57,6 et 66,6 km/h et des fréquences respectives aussi de 315, 400 et 500 Hz (*fig. 19a*). On notera que les essais ont montré que l'émergence du bruit est, en général, dans une plage de direction très étroite par rapport au plan du plat : moins de $\pm 15^\circ$.

Les solutions seront fonction de la conception du garde-corps ou de la barrière et elles ne sont pas transposables d'un cas à un autre. On relèvera, cependant que l'on peut :

- éviter des conceptions de garde-corps à barreaudage vertical par plats dans des zones ventées et où l'orientation du plat (c'est-à-dire sa tranche) correspond à la direction du vent la plus fréquente (se référer à la rose des vents pour la zone).
- Pour la BNBV, les solutions les plus efficaces passent par un dessin particulier des plats. Les plats disposés selon la *figure 19 b*) donne un bruit de 11,3, 18 puis 15 dB (A) pour des vents respectifs de 67,7, 77,4 et 83,9 km/h à des fréquences de 500 et 630 Hz. Le dessin de la *figure 19 c*) donne 5.1, 16.9, 10.7 et 14.7 dB (A) pour des vents respectifs de 59,4, 69,1, 78,8 et 88,9 km/h pour des fréquences de 400, 500, et 630 Hz respectivement¹². Ces dispositions ne sont pas obligatoirement transposables à d'autres conceptions de garde-corps : une étude en soufflerie peut s'avérer nécessaire, mais elle est longue et coûteuse.

En ce qui concerne l'aménagement de situation existante, chaque cas nécessite une étude et nous conseillons de prendre contact avec le gestionnaire pour rechercher, en fonction de la conception du garde-corps, du contexte, etc. la solution la mieux adaptée en s'appuyant sur des expériences menées dans ce domaine (certaines dispositions étudiées se sont avérées n'apporter aucune amélioration).

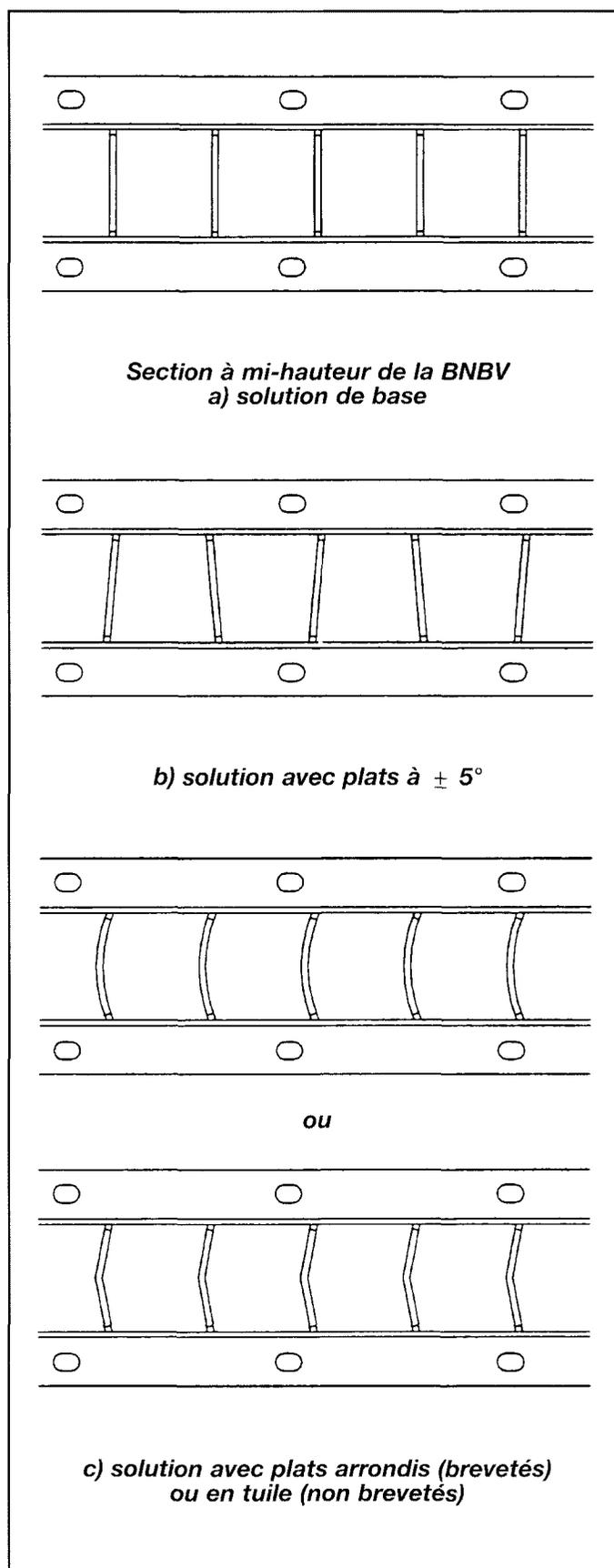


Figure 19 :
Les différentes dispositions des plats permettant d'atténuer le bruit provoqué par le vent soufflant sur le garde-corps. (cas de la BNBV)

¹². Ces résultats sont extraits d'une étude menée par le CEBTP pour le compte de la DDE de la Somme (MM. Néron et Rossigny).

■ 3.6 - GARDE-CORPS À DISPOSITIF D'ÉCLAIRAGE INCORPORÉ

Ils sont peu utilisés car ils présentent de nombreux inconvénients importants que nous rappelons pour éviter des applications « irréflechies » :

- ils sont très coûteux à l'achat, même si le supplément de coût est compensé par une économie sur l'installation de lampadaires ;
- les optiques se salissent très rapidement du fait de la proximité du trafic, ce qui fait perdre beaucoup d'efficacité à l'éclairage. Ceci oblige à un entretien fréquent coûteux et pas toujours effectué *Fig. 20* ;
- le dispositif d'éclairage n'assure bien sa fonction qu'au niveau du trottoir, voire pour une voie, mais très mal une deuxième voie (effet de masque de la circulation de la première voie sur une chaussée à 2 x 2 voies) ;

- la position de l'éclairage à un mètre du sol est telle que, surtout par temps de pluie, ils aveuglent les conducteurs plus qu'ils n'éclairent la chaussée ;
- la possibilité de corrosion par l'existence de courants vagabonds ;
- le vandalisme est fréquent sur les protections d'optique, d'où un coût d'entretien élevé pour maintenir un éclairage satisfaisant ;
- enfin, en cas de choc sur le garde-corps, il y a risque pour l'accidenté.

Rappelons que l'incorporation d'un système d'éclairage dans un dispositif de retenue est formellement déconseillée pour des raisons évidentes de sécurité et de bon fonctionnement du dispositif. Si une telle disposition était envisagée, il faudrait demander une autorisation d'emploi conformément à la Circulaire n° 88.49 du 09-05.88 (cf. Bibliographie).

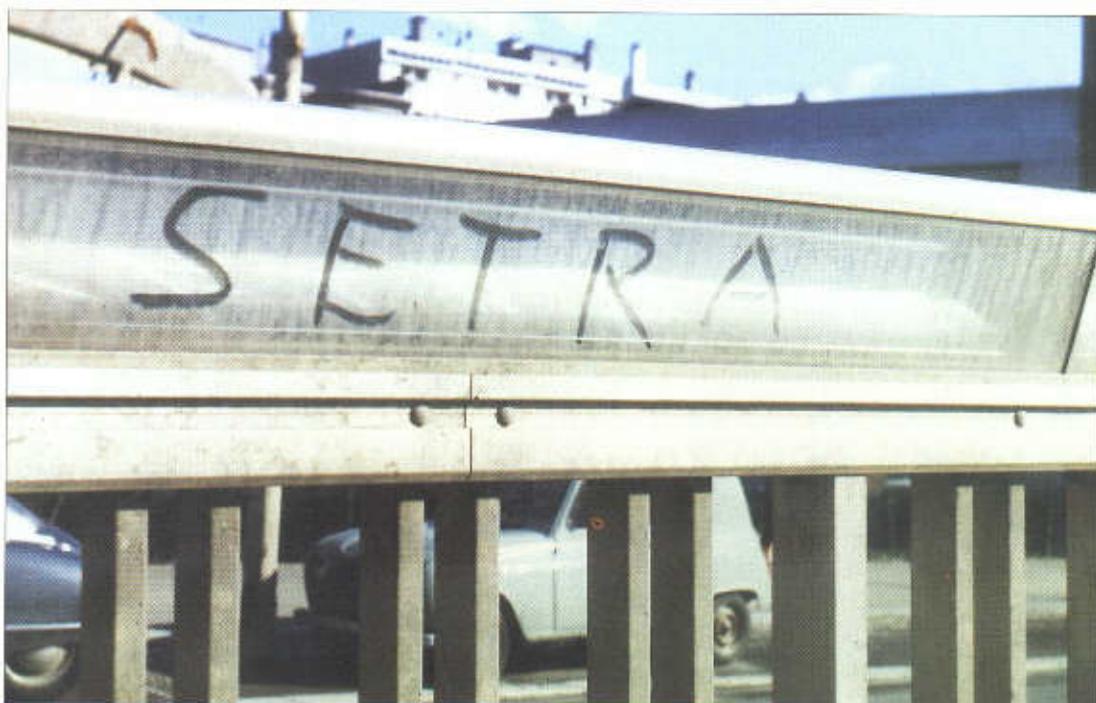


Figure 20 :
Les projections de boues sur ce garde-corps éclairant diminuent l'efficacité de l'éclairage.

CHAPITRE 4

DISPOSITIONS TECHNIQUES

4.1 - FIXATION DANS LA STRUCTURE

4.1.1 - Dessins d'exécution. Coordination entre les divers intervenants

Le serrurier va avoir à intervenir sur des parties d'ouvrage qui vont lui être livrées par l'entreprise de gros œuvre. Il est indispensable qu'il y ait coordination entre ces deux intervenants.

Tout d'abord, on veillera à ce que le serrurier soit systématiquement consulté dans le cas de garde-corps particulier ou complexe et dispose, pour l'établissement des dessins d'exécution du garde-corps, des plans d'exécution à jour de la partie de la structure sur laquelle les garde-corps seront posés. (Fig. 21)

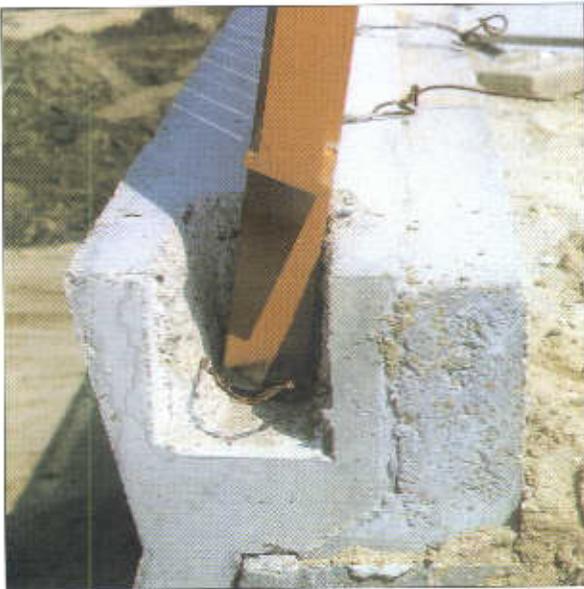


Figure 21 : La profondeur de la réservation ne correspondait pas à celle portée sur les plans mis à la disposition du serrurier : il a fallu découper au chalumeau tous les supports de ce garde-corps.

À l'arrivée du poseur du garde-corps sur le chantier, on procédera à un POINT D'ARRÊT afin de réceptionner les zones d'ancrages (réservations, douilles en attente, etc.) et le niveau fini du dessus de la corniche.

Cette réception est importante car elle permettra de déterminer les aménagements à prévoir et qui en prendra la charge. Les erreurs d'espacement ou de dimensions des réservations sont fréquentes et créent des problèmes au poseur du garde-corps pour mettre en place un équipement conforme et satisfaisant. On notera que la difficulté est accrue dans le cas de corniches préfabriquées (avec une fixation du garde-corps dans la partie préfabriquée) ; les erreurs à la préfabrication et à la pose s'ajoutent aux autres imprécisions. Ceci est encore plus délicat si l'ouvrage est courbe et long du fait de la différence de longueur des courbes en fonction des rayons. Dans ce cas, il est souhaitable que les plans de fabrication du garde-corps soient établis après un relevé des réservations réalisées par l'entreprise de génie civil.

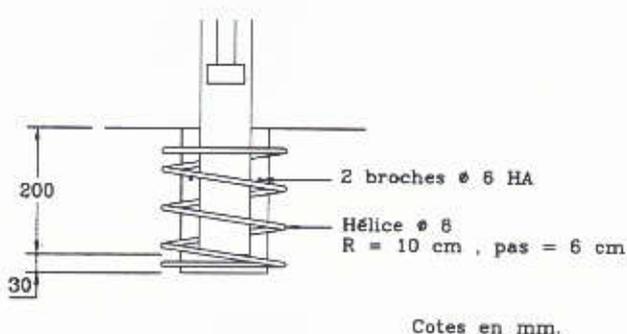
4.1.2 - Fixation par scellement dans des réservations

Ce type de scellement est le plus courant et le plus facile à mettre en œuvre, aussi doit-il constituer la solution de base. Son efficacité est satisfaisante, sous réserve de respecter quelques règles de bonne construction.

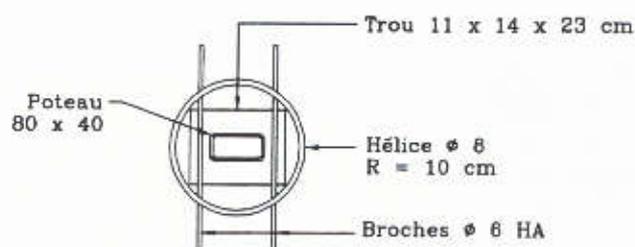
Lors du bétonnage de la zone d'ancrage, il est préconisé de matérialiser la réservation par du polystyrène expansé (densité 13 ou 16¹³) monobloc. Ce matériau, facile à découper et à détruire et économique, peut être embroché par des fers de positionnement qui coudront la reprise. S'agissant d'un matériau plein, il évitera, dans l'attente de la pose du garde-corps, l'éclatement de la réservation en hiver sous la poussée du gel de l'eau stagnant dans celle-ci. Fig. 22.

13. Qualité Q₂ ou Q₃ selon la norme NF T 56.201.

Vue en élévation



Vue en plan



Perspective du scellement

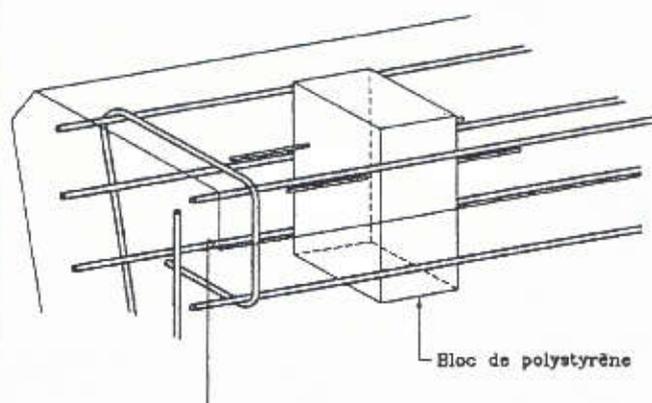


Figure 22 :
Dessin type d'une réservation avec polystyrène.



Figure 23 :
Un coffrage de réservation en moule en acier, un mortier avec un léger retrait, de l'eau qui pénètre dans la reprise de bétonnage et du gel donnent ce résultat. On aurait pu l'éviter avec la solution polystyrène.

Le bois est à exclure car il peut gonfler avec l'humidité et provoquer l'éclatement du béton de la corniche. Le coffrage avec le bois ou le métal nécessite une dépouille pour le décoffrage, ce qui peut, surtout avec le métal qui donne une surface lisse, rendre difficile l'accrochage du béton de la réservation. Des soulèvements de tout le scellement par le gel ont été constatés. *Fig. 23.*

Certains pays étrangers préconisent des drains en fond de ces réservations. Cette précaution ne nous paraît pas indispensable avec la méthode utilisant le polystyrène expansé.

Le béton de scellement sera un B35, éventuellement d'une formulation étudiée pour la tenue aux cycles de gel/dégel et aux sels de déverglaçage. Compte tenu des faibles quantités mises en œuvre, une surveillance sur le délai entre la fabrication et la mise en œuvre est de règle. On peut prévoir l'utilisation de mortier de scellement à la marque NF dans la catégorie « produits de scellement » de la norme P 18.821.

Lors des opérations de positionnement, il est déconseillé de caler les poteaux dans les réservations, notamment avec des cales en bois sec qui, en gonflant, risquent de faire éclater la paroi de la corniche (*fig. 24*). Le maintien provisoire des panneaux peut s'effectuer à l'aide de gabarits et de potences.

Le bétonnage n'interviendra qu'une fois les panneaux bien positionnés en alignement, en nivellement et en espacement et après avoir obtenu l'accord de bétonnage par le Maître d'Œuvre ou son représentant.

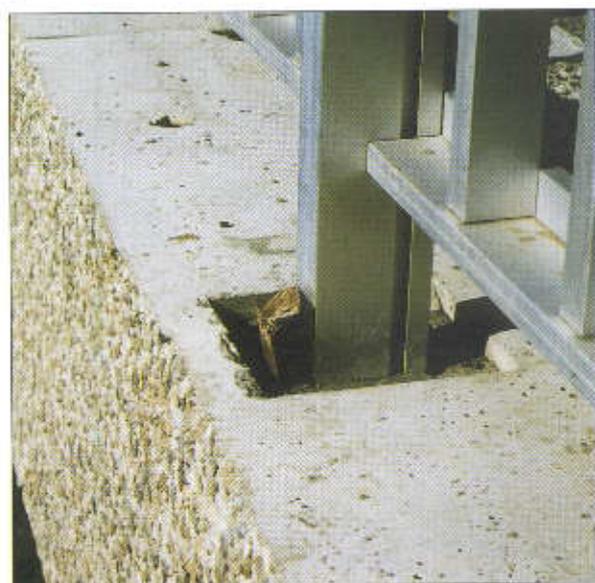
La granularité du béton doit être adaptée au volume à remplir. Ce béton sera correctement surfacé, sans rajout de matière, pour éviter des entrées d'eau.

■ Ceci constitue un nouveau **POINT D'ARRÊT**.

Figure 24 :

Ces calages provisoires en bois ont gonflé avec l'eau et commencent à provoquer une fissuration de la corniche.

On ne doit les utiliser que pour un calage provisoire de très courte durée.



■ 4.1.3 - Fixations par platines et tiges ou vis d'ancrages

Dans ce mode de fixation, le poteau du garde-corps comporte, en pied, obligatoirement, une platine selon le plan d'appui. C'est par l'intermédiaire de cette platine que l'on va ancrer le garde-corps dans la zone d'ancrage. La liaison de la platine à la structure est réalisée par des vis ou des tiges filetées fixées dans des inserts positionnés dans le béton. Ces dispositions comportent nombre d'inconvénients qui ne sont souvent qu'imparfaitement traités, quand ils peuvent l'être !

■ 4.1.3.1 - Les inserts

a) Mis en place au moment du coulage du béton de la zone d'ancrage.

Il s'agit de rails d'ancrage type Halfen ou similaire, d'étriers ou de tiges filetées en attente, douilles d'ancrage, etc.

Ce mode de scellement ne laisse aucune possibilité de réglage et celui-ci n'est permis que par les lumières ménagées dans la platine. Ce système n'est donc valable que pour des modèles de garde-corps dont l'espacement des supports n'est pas imposé ou dont la conception s'adapte à ce cas de figure.

La tenue à la corrosion de ces inserts n'est pas excellente, notamment les rails d'ancrage où l'eau (salée en hiver) peut stagner et entraîner l'attaque de la boulonnerie ou pénétrer dans le béton. On peut améliorer la durabilité de ces ancrages par vis, écrous, tiges filetées, douilles en assurant une protection adéquate de la fixation.

Pour traiter ce délicat problème, il existe plusieurs solutions. La plus intéressante par son efficacité et sa durabilité pour toutes les fixations autres que par rails semble être le procédé « Comprigum »[®] qui fait l'objet d'une présentation en page spéciale.

Les autres solutions (mastic, graisse,...) qui sont parfois proposées, si elles ne sont pas aussi complètes que le procédé « Comprigum[®] », constituent une alternative intéressante.

b) Mis en place par scellements dans le béton durci.

L'insert est introduit dans un trou foré dans le béton et l'ancrage est réalisé soit avec des chevilles à expansion, soit avec des remplissages chimiques. Ces procédés sont très appréciés dans le domaine du Génie Civil car ils permettent des scellements rapides, immédiatement utilisables et ne nécessitant pas de réservation. Cependant, ils n'ont pas que des avantages aussi il paraît utile de rappeler leurs limites et leurs principaux inconvénients dont on tiendra compte dans le cas d'emploi lors de réparations ou pour des implantations sur des ponts en maçonnerie.

La cheville à expansion constitue le dispositif d'ancrage le plus fréquent et le plus connu. Malgré la multitude des procédés et des différences portant sur des détails technologiques leur principe est basé sur l'ancrage, dans un trou foré au préalable dans le béton, d'une partie de la cheville qui va subir une expansion annulaire pour venir se bloquer au contact de la paroi du trou. De ce principe découlent les inconvénients suivants :

- l'expansion crée une poussée perpendiculaire à l'axe de la tige très importante qui risque de faire éclater le béton si l'ancrage est à proximité d'une paroi ; *Fig. 25.*
- le percement préalable d'un trou est impossible si l'on rencontre une armature (les moyens de forage pour cette opération sont inefficaces en présence d'un acier). Il faut alors déplacer le scellement à condition que les lumières de la platine le permettent et en espérant que le nouveau percement ne rencontrera pas un autre acier ! *Fig. 26.*
- Les trous doivent avoir une profondeur suffisante pour assurer un ancrage efficace. Or certains procédés, notamment les chevilles dites « auto-foreuses » n'intéressent, du fait de leur faible longueur, qu'un volume de béton insuffisant, surtout si l'ancrage n'est pas cousu par des armatures. Si, en plus, un enduit de rattrapage a été mis sur la corniche (technique prohibée mais parfois utilisée), la résistance à l'arrachement en est réduite dans des proportions importantes : c'est celle du cône de béton intéressé et non la valeur (plus grande) du frottement de la tige sur la paroi du trou.



Figure 25 :
Conséquence de l'expansion d'une cheville à expansion lors du serrage à proximité d'une paroi, dans un béton peu armé.

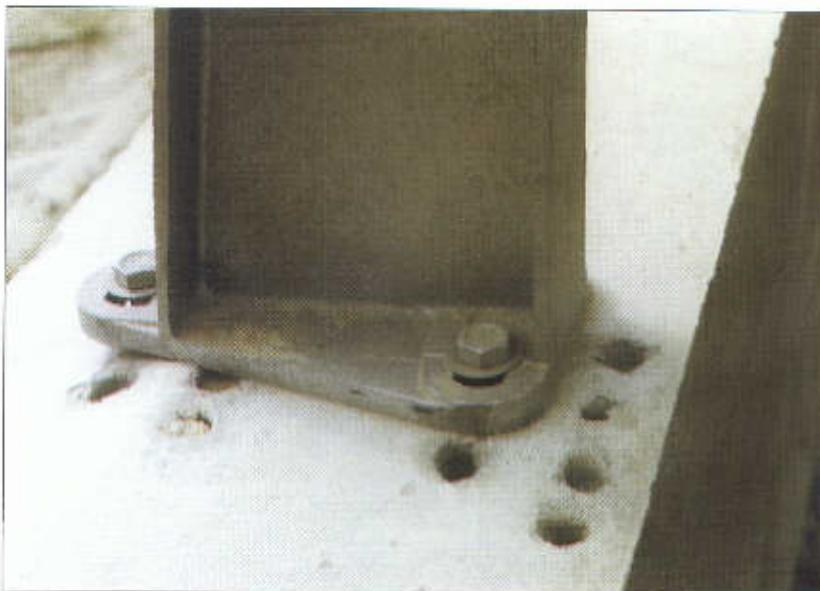


Figure 26 :
De la difficulté de trouver une zone d'ancrage efficace et sans armatures !

PROTECTION D'ANCRAGE PAR LE PROCÉDÉ COMPRIGUM®

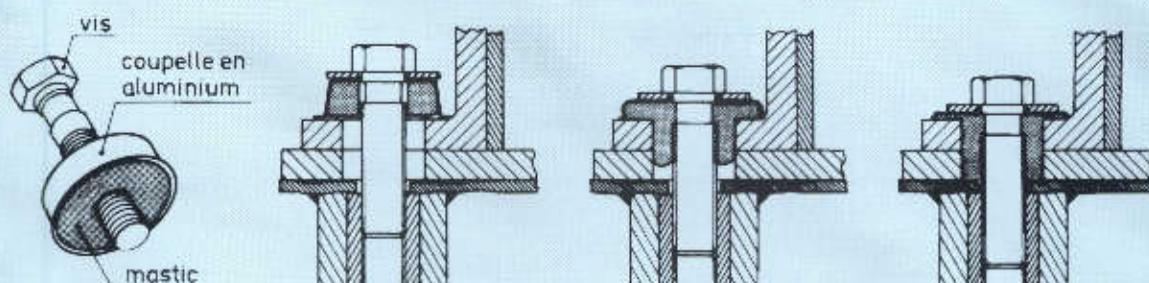
Le dispositif se présente sous la forme d'une rondelle épaisse en matériau flexible, en forme de coupelle, de dimensions, de volume et de résistance déterminés. Cette coupelle est remplie d'un produit pâteux adéquat choisi pour sa résistance aux agents chimiques, sa fluidité, etc.

Lors de la fixation d'une semelle ou d'une platine par vis, il suffit de placer cette coupelle entre la pièce à fixer et la rondelle ou la plaquette, côté ouvert contre l'orifice à obturer, et serrer la vis ou l'écrou.

La pression exercée par le serrage, sur la rondelle ou la plaquette, est transmise à la coupelle en matériau flexible, qui s'écrase mais dont le côté ouvert reste maintenu sur son pourtour empêchant le produit pâteux de s'échapper sur les côtés.

Sous la pression, le produit pâteux s'engage dans tous les orifices qu'il remplit rapidement, et le volume de la coupelle étant supérieur aux orifices à remplir, le solde du produit, soumis à très forte pression, flue de toutes parts et bouche ainsi tous les interstices.

Dans le cas de semelle en acier, fixée sur un béton brut et rugueux, le produit d'étanchéité s'infiltré entre la semelle et le béton et colmate toutes les cavités. Dans tous les cas, les filets sont parfaitement protégés : le produit s'infiltrant dans ceux-ci.



Dessins décrivant le principe du procédé.

Le démontage des pièces reste possible à tout moment si l'on utilise un produit ne durcissant pas ; par contre, on peut faire appel à des produits durcissant en place, ce qui peut éviter le desserrage. En hiver, par température basse, passer les capsules au bain marie à 50°.

Ce procédé breveté (Brevet n° 84.17686) est commercialisé par la Société Color Métal Industries (voir « adresses utiles »).

Le prix (fourniture seule) est de l'ordre de 4 à 8 F/unité (TTC), selon la pièce, sa dimension, la nature du produit et les quantités.

Les essais au brouillard salin sont très probants et les premières applications confirment, après démontage, l'efficacité du dispositif.

Il est important d'enlever, ce qui est facile après serrage, la partie de coupelle en alliage d'aluminium subsistant autour de la tête d'ancrage pour éviter une corrosion par couple galvanique (parfois constatée).

Quant aux scellements chimiques, la variation des caractéristiques des résines peut entraîner une diminution de la valeur du scellement (c'était le cas de certaines résines polyester il y a quelques années). Les scellements à base de liants hydrauliques améliorés n'ont pas ces inconvénients, à condition de prévoir un trou à paroi rugueuse ou un bulbe en fond de trou.

Est-ce à dire que ces modes de scellements doivent être interdits ? Ce n'est pas notre propos mais il importe de connaître ces inconvénients et de faire respecter les règles d'emploi de ces scellements notamment sur les points suivants :

- Disposer de plans de ferrailage très précis et conformes à l'exécution ;
- prendre en compte les charges admissibles sous efforts statiques en traction et en cisaillement telles qu'elles résultent des essais effectués selon la norme NF E 27.815. Les valeurs de ces charges admissibles sont données dans les tableaux de produits (ou les cahiers des charges approuvés par les bureaux de contrôle) de chaque fabricant ;
- tenir compte des facteurs d'influence sur la charge admissible en fonction de l'implantation. Ces facteurs sont les suivants :
 - R : distance entre une cheville et un bord libre,
 - Z : distance entre deux chevilles,
 - A₁ : distance entre deux chevilles voisines d'un même groupe,
 - G : distance entre les chevilles les plus proches appartenant à deux groupes voisins.

Les valeurs R et Z sont les plus couramment usitées et les plus prépondérantes. Elles sont valables autant pour les ancrages par chevilles à expansion que pour les scellements chimiques.

- Annuler dans le calcul, comme le prévoit la norme XP P 98.405, art 4.3.3.1, la couche de béton d'enrobage des armatures dans la longueur efficace d'ancrage de la cheville,
- utiliser, pour les scellements chimiques, des produits ayant obtenu la marque NF de conformité aux normes P 18.821 et P 18.822 dans la catégorie « produits de scellement ». Le respect des règles de mise en œuvre de ces produits est aussi un point important ; ainsi, il est conseillé de remplir le trou avec le produit de

scellement avant de pénétrer la tige filetée. Pour les matériaux avec capsules prédosées, vérifier que le volume du trou moins celui de la tige est légèrement inférieur à celui du matériau de scellement de la capsule.

■ 4.1.3.2 - Platine et embase des montants

Les scellements autres que par réservation ne peuvent se faire que par l'intermédiaire d'une platine sur laquelle est soudé le montant du garde-corps. Cette platine ajoute des inconvénients à ceux du mode de scellement qui lui est lié :

a) les possibilités de réglage en nivellement sont quasi nulles et celles en plan sont très limitées puisque ce sont celles apportées par les lumières (cf. Annexe 2, § 5.4.1) ;

b) la prise en compte de la pente longitudinale ou transversale du dessus de la corniche. En effet, il est conseillé de donner une pente transversale de 4 %¹⁴. Quant à la pente longitudinale elle est éminemment variable sur un pont ! Ceci oblige :

- soit à disposer d'une platine soudée en fonction de cette pente, variable d'un scellement à l'autre, d'où une grande complication de fabrication et un risque d'erreur au montage ;
- soit à souder perpendiculairement la platine au montant avec le risque d'un défaut d'appui sur la corniche, donc une diminution de l'efficacité de l'ancrage, sauf à prévoir un mortier de calage entre le béton et la platine.

Dans les deux cas, il convient de bien avoir les douilles correctement positionnées relativement à la platine pour que les têtes de vis portent bien sur cette dernière.

Toutes ces dispositions sont bien difficiles à faire respecter et l'on a le plus grand risque d'un ancrage de montant non conforme en résistance et en durabilité.

■ 4.1.4 - Autres modes de scellement

D'autres modes de fixation de garde-corps dans la structure ont été parfois utilisés : garde-corps lié à la corniche et posé en même temps qu'elle, garde-corps/corniche en bandeau de béton, etc. Ces cas sont exceptionnels. Ils devront faire

14. Cf guides "assainissement des ponts routes" (§ 2.3.3, page 10) et "Corniches" (Annexe 2).

l'objet d'une étude particulière en étant bien vigilant sur certains points de détail qui sont, souvent, le siège de désordres ultérieurs car souvent négligés. Les conseils donnés dans ce guide devraient aider le projeteur et les gestionnaires du présent fascicule sont à sa disposition pour lui apporter les compléments d'information.

- il y a les mouvements irréversibles de la structure (retrait-fluage, tassement,...) qu'il est souhaitable de ne pas transmettre car cela donnerait des déformations permanentes inesthétiques ;

- l'excentricité de la lisse par rapport à la fibre neutre impose des déformations au garde-corps, surtout sur les structures souples.

■ 4.2 - MANCHONNAGE

■ 4.2.1 - Pourquoi prévoir des coupures dans les garde-corps ?

S'il paraît séduisant et simple de réaliser des garde-corps monoblocs, cette solution doit être absolument déconseillée pour éviter des désordres. C'est pourquoi il est conseillé de réaliser les garde-corps par panneaux élémentaires de 6 m de long maximum. Ceci permettra de tenir compte des effets suivants :

- il existe un différentiel de dilatation entre le garde-corps et la structure. Pour les garde-corps en acier, le coefficient de dilatation est proche de celui de la structure et on pourrait penser que la dilatation thermique suit celle de la structure. En fait, le garde-corps, bien aéré, souvent plus foncé, de faible inertie thermique, plus exposé subit des variations de température sans commune mesure avec celles de la structure. Dans le cas d'autres matériaux (alliage d'aluminium, bois, matière plastique,...), le coefficient de dilatation est très différent de celui du matériau de la structure, ce qui risque d'accentuer le différentiel ;

■ 4.2.2 - Le manchonnage

Ces considérations conduisent donc à prévoir des garde-corps constitués de panneaux élémentaires d'une longueur de l'ordre de 1,5 m à 6 m maxi comportant un jeu entre deux panneaux consécutifs de l'ordre de 5 à 10 mm selon le matériau, la longueur d'un panneau élémentaire, l'ouvrage, etc. Ces panneaux sont plus faciles à fabriquer (avec un minimum de chutes à partir des profilés du commerce), à manutentionner et à poser. En cas de réparation d'un panneau accidenté, on n'intervient que sur le panneau concerné.

Il est cependant nécessaire d'assurer la continuité mécanique des sollicitations sur un panneau au panneau voisin. Les éléments horizontaux de deux panneaux voisins sont reliés par des pièces spéciales : les manchons. Leur longueur doit être suffisante pour éviter tout déboîtement ; la norme conseille une longueur minimale égale à celle du plus grand côté de la section de la main courante (Art. 5.2). Ces manchons doivent être tels que la résistance de cette zone soit équivalente à celle des pièces raccordées adjacentes.

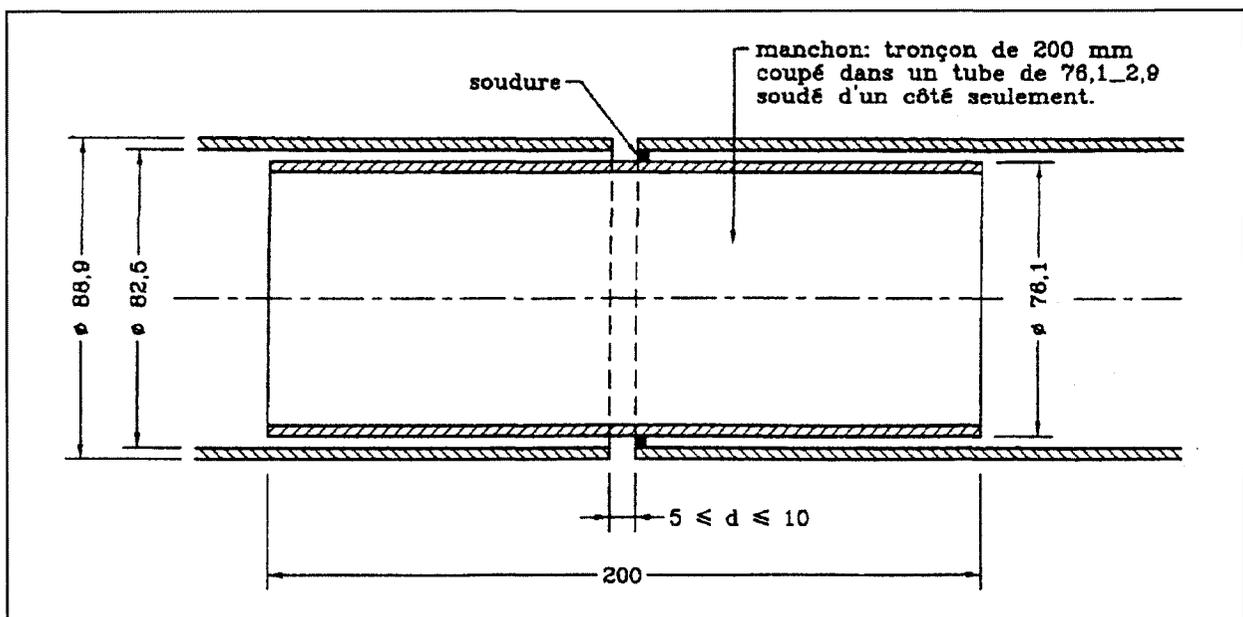


Figure 27 :

Exemple d'un manchon simple de raccordement n'assurant pas de transmission d'efforts longitudinaux.

Bien que le garde-corps ne soit pas conçu pour assurer la retenue de véhicules légers (cf. § 1.4), il peut arriver qu'il soit heurté accidentellement. Le comportement du garde-corps est fonction de sa conception et de la résistance des montants mais, pour une grande part, l'aptitude à la retenue sera d'autant mieux assurée que la liaison entre les panneaux, au droit des manchons, sera apte à transmettre les efforts horizontaux de traction induits par le choc.

C'est pourquoi, si l'on souhaite disposer d'un garde-corps susceptible de jouer ce rôle de retenue d'un véhicule léger, il convient de prévoir des manchons capables de transmettre des efforts horizontaux suivant l'axe des lisses (main courante et sous-lisse). Ceci peut se réaliser, par exemple, par une fixation par boulon passant dans des trous ovalisés de la lisse.

■ 4.2.3 - Passage du joint de chaussée

Au droit d'un joint de chaussée, les mouvements relatifs entre la structure et la culée sont loin d'être négligeables : de l'ordre du cm à la dizaine de cm, voire plus. En premier lieu, il importe de ne pas oublier de traiter ce point et on voit trop souvent des ouvrages dont la dilatation est bloquée par la pose d'un garde-corps sans joint de dilatation. *Fig. 28.*

Pour permettre cette dilatation, les éléments horizontaux du garde-corps comporteront des manchonnages capables d'accepter des mouvements équivalents à ceux du joint de chaussée. Ces manchons spéciaux nécessitent un calage à la pose qui tiendra compte de la température du pont. Pour autoriser certaines interventions sur l'ouvrage comme un soulèvement de tablier pour un changement d'appareil d'appui ou une pesée de réactions d'appui, le manchon devra être démontable, ce qui incite à le prévoir fixé par boulonnerie. Le dessin de la *figure 29* donne le principe d'une solution dont on pourra s'inspirer pour chaque modèle de garde-corps.

On s'efforcera, lors du calepinage des supports de garde-corps, de ne pas mettre un support au droit du joint de chaussée *Fig. 31.*



Figure 28 :
Conséquence de l'absence d'un manchon de dilatation au droit du joint de la structure.

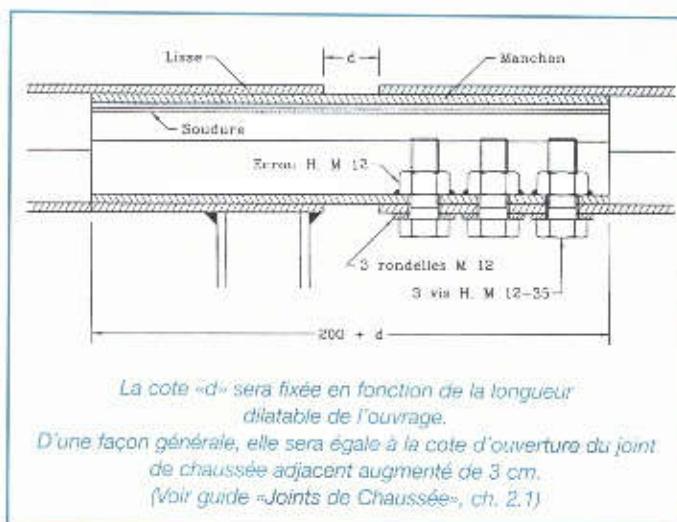


Figure 29 :
Principe d'un manchon de dilatation démontable au droit d'un joint de dilatation de structure.

Figure 30 :
Le manchon de dilatation ne fonctionne pas correctement.



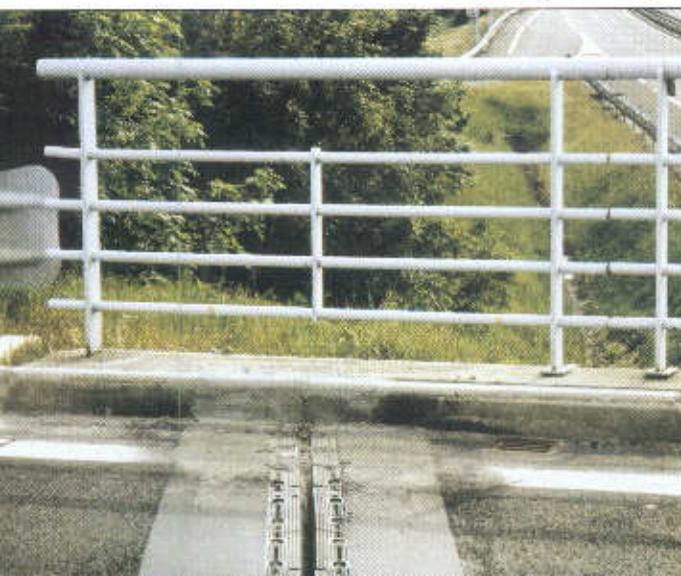
■ 4.3 - RESPECT DE LA RÉGLEMENTATION DU CODE DU TRAVAIL

Les garde-corps de pont ne sont pas soumis à la réglementation des garde-corps de travail tels qu'ils sont définis dans le code du travail. Cependant il existe des situations où le garde-corps joue le rôle de garde-corps de travail. C'est notamment le cas des ponts portant une voirie interdite à la circulation des piétons. Ces garde-corps, dits de série I, ont vu leur hauteur portée à un minimum de 0,9 m (au lieu de 0,75 m du précédent dossier GC 77 en conformité avec la réglementation de l'époque) qui est la hauteur minimale imposée pour assurer la sécurité du personnel (chargé des visites, de l'entretien ou de la réparation d'un pont) lorsqu'il travaille ou circule à une hauteur de plus de trois mètres.



Figure 31 :
Calepinage mal calculé : le support tombe dans le vide du joint et reprend donc aucun effort. A noter que le panneau ne comporte pas de joint. (Cf. fig. 32)

Figure 32 :
Le panneau est posé à cheval sur le joint de dilatation de la structure : il n'y a pas de joint de dilatation en correspondance dans le garde-corps.



En outre, le garde-corps doit comporter des plinthes de 15 cm de hauteur au moins pour éviter la chute d'objets sur la chaussée inférieure. D'autres dispositions comme des plaques de protection sur toute la hauteur du garde-corps ne sont pas à exclure si on le juge nécessaire.

Référence : Code du travail, livre II « *Réglementation du travail* », titre III : « *hygiène et sécurité* », article L. 233.3 complété par le Décret N° 65.48 du 08/01/65 et la circulaire d'application du 29/03/65, Titre I « *mesures générales de sécurité* », chapitre II « *mesures de protection collective destinées à empêcher les chutes de personnes* », article 5.

Le respect de cette réglementation s'impose aussi pour les garde-corps mis en place en divers points de l'ouvrage et devant assurer la sécurité du personnel chargé de l'entretien et de la visite de ces parties : plate-forme, culées, piles de grande hauteur, etc.

Figure 33 :
Garde-corps de service en limite d'un escalier d'accès à la culée d'un pont.

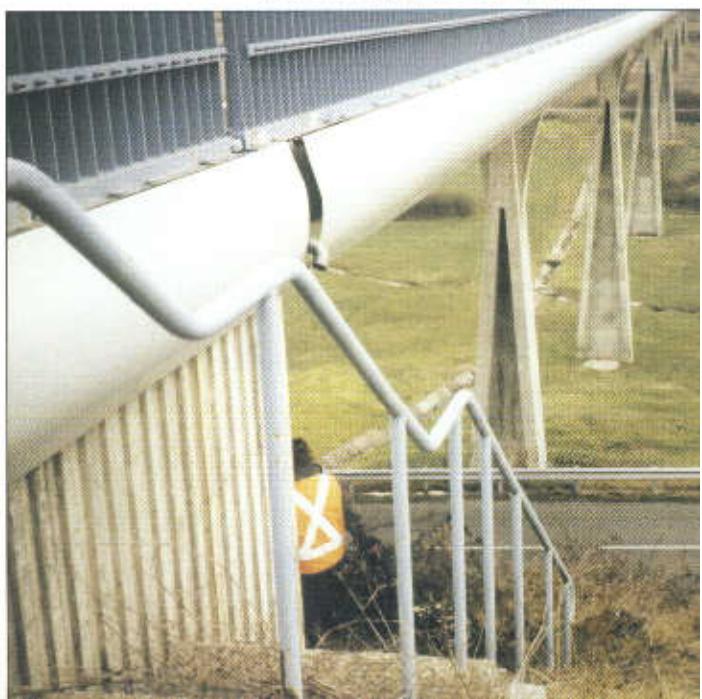
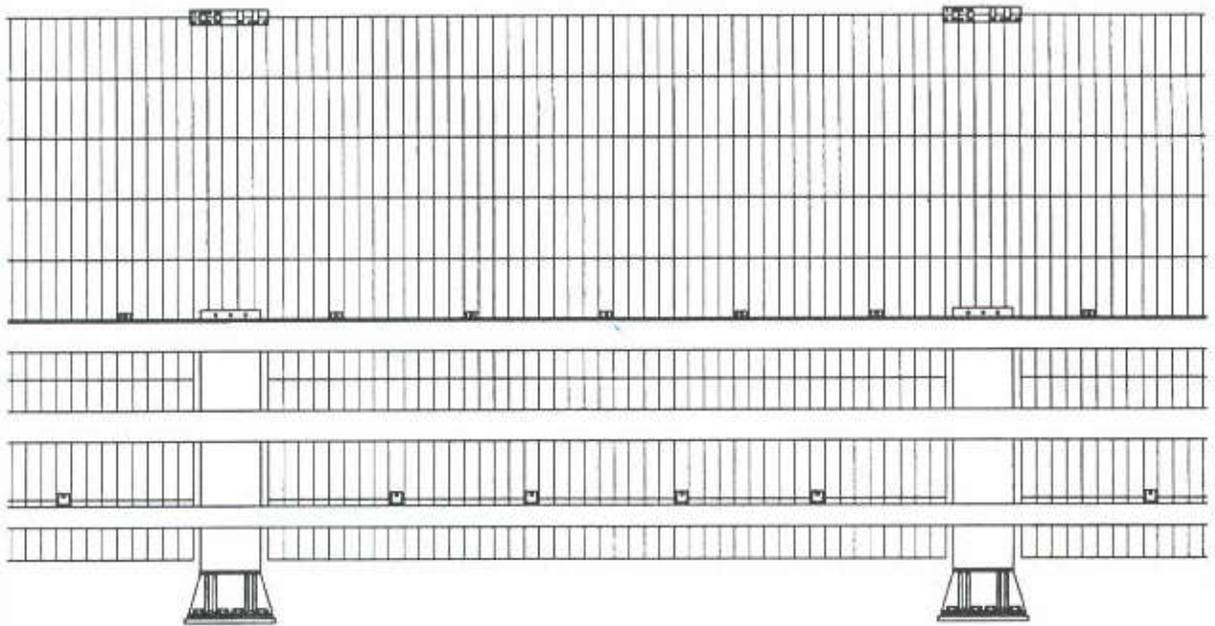


Figure 34 :
Exemple de solution d'écran de retenue d'objet. Dessin fait dans le cas d'une BN4,
une adaptation est à faire pour d'autres modèles de garde-corps ou barrière.

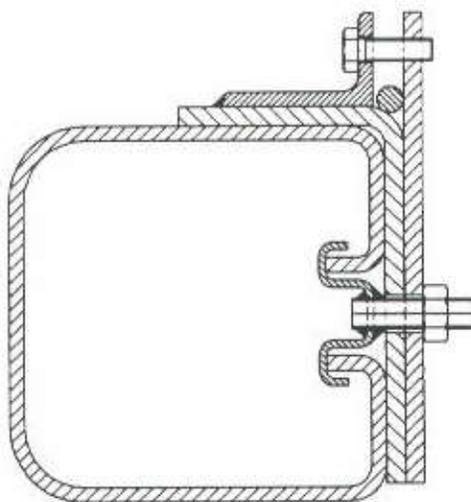
Élévation



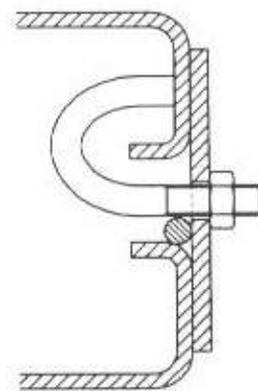
Échelle 1/25

Détails de la fixation sur les lisses

Solution
SETRA - Eurofence



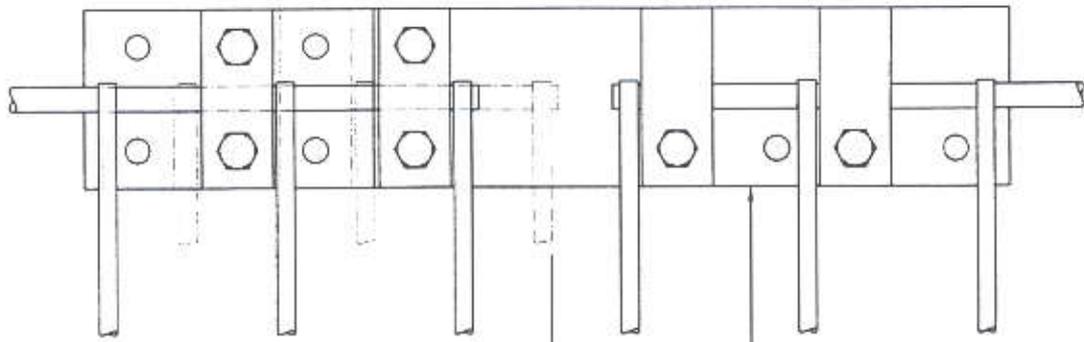
Solution
Équipement routier



Prévoir en moyenne, une fixation tous les 50 cm de lisse.

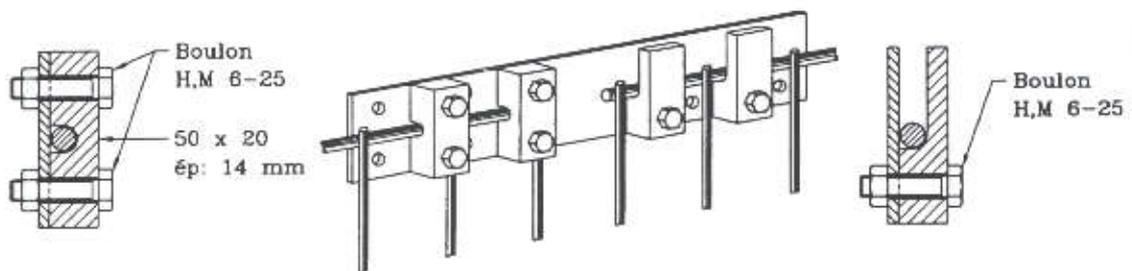
Échelle 1/2

Liaison des panneaux



Possibilité de réglage ~ 5 cm

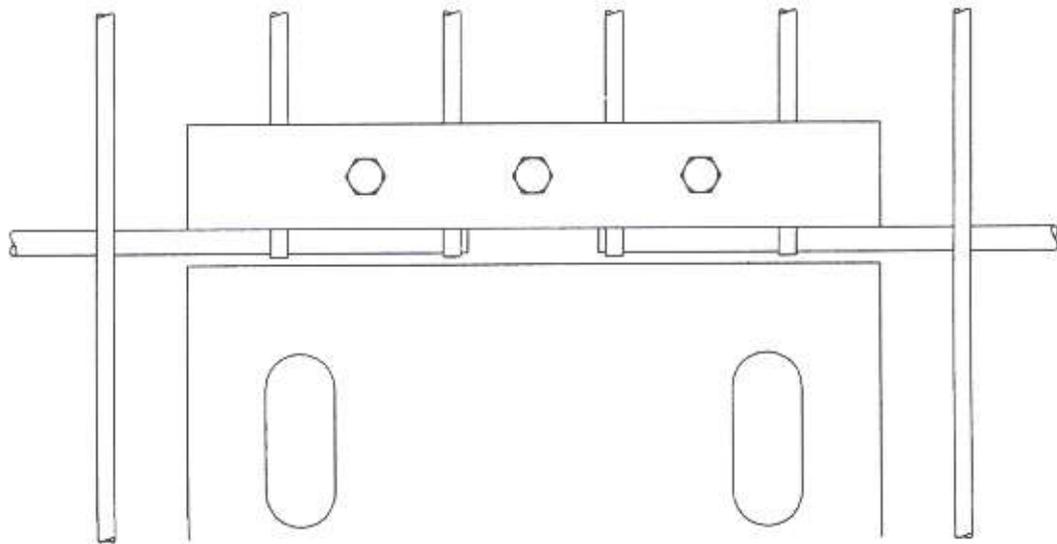
Plat de 260 x 50 mm



Boulon
H,M 6-25

50 x 20
ép: 14 mm

Boulon
H,M 6-25



Plat de 200 x 30 mm

Vis H,M 6-20

Plat de 200 x 30 mm

■ 4.4 - DISPOSITIONS POUR LA PROTECTION CONTRE LE JET D'OBJETS

■ 4.4.1 - Pourquoi ces dispositifs de protection ?

La chute d'objets à partir de voies routières est un sujet qui fait périodiquement parler de lui en fonction des accidents ou incidents relevés. Ce risque de chute d'objet à partir d'un pont est de plus en plus grand au fur et à mesure du développement du réseau des autoroutes et des voies rapides urbaines. Il peut être parfois à l'origine d'accidents graves, notamment quand il met en cause des voies ferrées ; il est toujours une nuisance pour les tiers habitant en contrebas de grands ouvrages.

Il convient de bien distinguer les différentes origines des objets tombant d'un pont. On peut recenser, de ce point de vue, quatre origines :

- les maniaques. Toutes les dispositions prises ne seront que d'un effet très limité car ils déplaceront leur aire de « jeux » ou leurs moyens (carabines au lieu de cailloux) ;
- les enfants. Ils agissent en totale inconscience mais certaines dispositions devraient les dissuader ou ne pas les inciter à ces « jeux ».
- les éléments de chargements mal arrimés. Il semble que ce cas de figure soit le plus fréquent mais aussi le plus difficile à traiter car diffus, avec des objets de nature et de masse variées (planches à voiles, plaques de contre-plaqué, roues, etc.) ;
- les projections provoquées par la circulation d'un véhicule : projection de cailloux par les pneus, d'enjoliveurs, par ex. ou les projections d'objets par les passagers (bouteilles vides).

On se doit de s'efforcer de limiter le risque ; mais celui-ci est très différent suivant qu'on se trouve sur une route où circulent des véhicules, sur un chantier où l'on travaille, ou dans un lieu où l'on habite. En effet, sur une route, le passage d'une personne quelconque en un point donné et à l'instant précis où un objet tombe involontairement du pont est d'une relativement faible probabilité. A l'opposé, le risque est très grand pour une personne habitant au-dessous d'un ouvrage car tous les objets tombant à proximité de son habitation la menacent directement.

Le cas des franchissements de voies ferrées n'est pas évoqué ici car il a fait l'objet d'une réglementation particulière de la SNCF qui impose des dispositifs spéciaux adaptés à ce contexte, notamment de protection caténaire (cf. Instructions internes à la SNCF).

■ 4.4.2 - Les ouvrages à équiper

L'efficacité à 100 % des dispositifs n'existe pas sauf à construire des ponts tunnels.

Avant de s'orienter vers un quelconque dispositif de retenue d'objets, il convient de bien analyser les objectifs et de déterminer les origines des objets. Une protection contre des chargements mal arrimés ne sera pas la même que contre des « jeux » d'enfants. En outre, on ne devra pas négliger les considérations économiques ou esthétiques. Enfin, il ne faut pas oublier l'aspect psychologique de tels dispositifs qui feront dire à certains qu'on les met en cage et inciteront d'autres à franchir ces limites parce qu'elles sont là !

Avant de prendre une décision, il est conseillé de recueillir les informations sur :

- l'origine des objets dont on veut empêcher la chute ;
- la nature de l'habitat. Les zones non aedificandi peuvent servir à éviter ces nuisances,
- les ouvrages d'où peuvent venir les objets : les passerelles sont plus à risques, surtout dans certaines zones d'habitats,
- l'existence de zones ventées propices à « décoiffer » des chargements,
- les aspects esthétiques.

■ 4.4.3 - Les dispositions techniques envisageables

■ 4.4.3.1 - Les produits

Divers produits peuvent donner satisfaction. Le produit suivant est l'un de ceux qui paraissent apporter la solution la plus efficace et la plus élégante à ce problème tout en restant d'un coût acceptable : les grilles en acier galvanisé complétées par une thermoplastification de couleur (blanc, vert ou marron, mais d'autres couleurs sont possibles sous réserve de quantité justifiant une fabrication spéciale). Ces grilles sont décrites sur la *figure 34* et la photo de la *figure 3* illustre l'aspect esthétique de ces grilles¹⁵.

¹⁵ Voir, aussi, la figure 15, p. 67, du guide "assainissement des ponts routes".

La maille est de 200, 100 ou 150 x 50 mm avec des fils 7 horizontaux et 5 verticaux. Le poids est de l'ordre de 4,6 kg/m² (maille 200 x 50).

On trouvera, en annexe, une liste non limitative de fabricants proposant ces produits.

D'autres solutions sont parfaitement envisageables telles que celles présentées sur les *figures 35 et 36*. A noter que dans le cas d'emploi d'écran plein, on vérifiera la stabilité de l'écran et de la structure sous l'action du vent comme s'il s'agissait d'écrans acoustiques (Voir § 2.2 du présent guide).



Figure 35 :
Type d'écran à base
de charpente aluminium
et de plaques
transparentes.

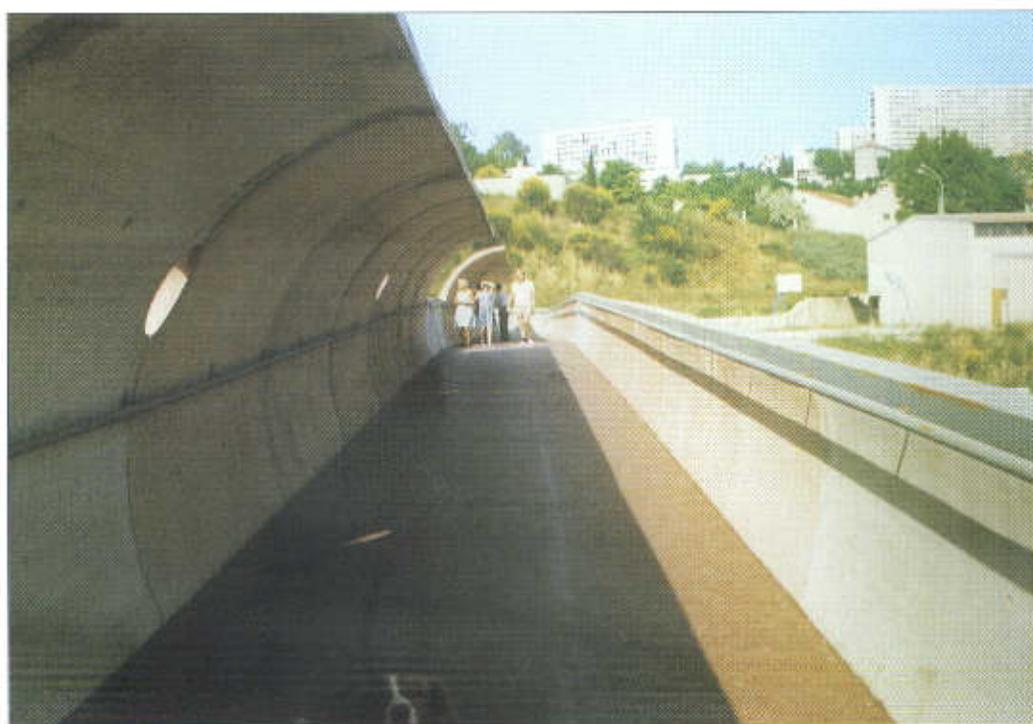


Figure 36 :
Coque en béton.

■ 4.4.3.2 - Spécifications

a) Hauteur

On peut envisager plusieurs hauteurs selon le niveau d'efficacité souhaité et la nature du risque.

- 1 m, c'est-à-dire la hauteur du garde-corps. Cette disposition permet de retenir les objets projetés par la circulation des véhicules légers ;
- avec 1,5 m, on peut « récupérer » les objets lancés par les occupants des véhicules légers, les objets appartenant à un chargement de petits camions, etc. L'intérêt de cette hauteur est qu'elle est au gabarit des passerelles de visite, donc l'écran ne sera pas une gêne pour une intervention d'inspection par ces engins ;
- la sécurité maximale semble obtenue, pour la retenue d'objets (et non de chargement en cas de choc de camion sur un dispositif de retenue¹⁶), avec la hauteur de 2,5/3 m. Cette hauteur nécessite une structure portant la grille avec des cadres et des montants (cf. Figure 34).

b) Résistance

Pour éviter des dégâts trop importants au moindre choc d'un objet, nous avons essayé de définir des spécifications de résistance de ce genre d'écran. Pour le moment, nous nous sommes arrêtés sur les conditions suivantes.

L'écran doit résister à l'impact d'un objet mou de 50 kg tombant d'une hauteur de 4 m en un mouvement pendulaire. Des essais ont été faits sur un modèle d'écran avec un pneu lesté à 50 kg, ce qui est assez favorable mais que l'on peut garder. On peut prendre également un colis d'une dimension équivalente et d'un même poids. Le pneu était suspendu à une potence par un filin d'au moins 4 m de long et tombait, sans vitesse initiale, sur l'écran. L'essai a été réalisé 2 fois au même endroit. L'objet doit être retenu au premier choc avec une légère déformation permanente et avec quelques détériorations sur l'écran au deuxième choc.

c) Fixation et structure de l'écran.

Les dessins de la figure 34 donnent quelques exemples de solutions possibles. D'autres sont envisageables (cf. Figures 35 & 36) **et on doit y réfléchir lors de la mise au point du dossier et du marché.**

■ 4.4.3.3 - Autres aspects liés à l'emploi de ces écrans

La présence de ces écrans peut être une gêne pour l'accès aux parties d'ouvrage situées en arrière. La sécurité du personnel doit y être assurée correctement, notamment dans le cas d'équipements latéraux implantés derrière le dispositif de retenue (corniche, corniche-caniveau, lampadaires, etc.). Par exemple en prévoyant un « fil de vie » pour assurer la sécurité du personnel ayant à intervenir derrière l'écran. (Voir la photo de la figure 15 dans le guide « assainissement des ponts routes », page 67).

■ 4.5 - SÉCURITÉ AU DROIT DE FRANCHISSEMENT DE PONCEAU

■ 4.5.1 - Les données du problème

Il n'existe pas, à notre connaissance, de réglementation définissant les ouvrages devant recevoir un équipement assurant la sécurité des piétons. En d'autres termes, quelle est la définition de la zone minimale (hauteur de chute et longueur de la zone dangereuse) à partir de laquelle on doit prévoir un garde-corps ? Certains très anciens textes réglementaires (circulaire A38 du 18/11/42, par exemple) indiquaient que « *des dispositifs de protection doivent, en règle générale, être employés lorsque la route est en remblai d'au moins 2 m de hauteur... Ou 1 m en cas de dénivellation brutale (mur de soutènement par exemple)* », sans précision sur la longueur minimale à partir de laquelle on doit réaliser cet équipement. **Ces dispositions n'ont pas été reprises dans les textes actuels.**



Figure 37 :
Quand est-il justifié de prévoir un garde-corps ?

16. Il existe des dispositifs homologués adaptés à chaque modèle de barrière.

Au droit d'un petit ponceau, le risque de chute d'un piéton n'est pas exclu, aussi, il paraîtrait logique d'envisager l'implantation d'un garde-corps. Un tel garde-corps doit alors être conforme aux textes réglementaires, or les extrémités de ces dispositifs peuvent constituer un obstacle dangereux pour les automobilistes : des blocages aggravant les conséquences d'une perte de trajectoire ont été observés.

■ 4.5.2 - Solutions conseillées

Pour essayer de résoudre ce délicat point d'aménagement, les solutions suivantes peuvent être envisagées.

a) Utiliser un garde-corps double fonction au droit du ponceau avec prolongement de la glissière en amont et en aval, conformément aux dispositions types (voir Guide sur les barrières pour véhicules légers).

b) Mettre une main courante fixée sur les montants de la glissière de sécurité. Ceci n'est possible que si une glissière est prévue de façon continue sur les accotements aux abords de l'ouvrage. Cette disposition n'est pas conforme aux textes sur les garde-corps, aussi il peut y avoir problème en cas d'accidents. En outre, elle suppose qu'une glissière soit prévue sur la zone délicate.

c) Implanter un garde-corps symbolique. Cette disposition est à rejeter du fait de sa non conformité qui peut engendrer des accidents en cas d'insuffisance d'efficacité sous la poussée des piétons.

d) Mettre en place un garde-corps « fragile » à base de matériau type plastique (polyester armé de fibres de verre, par ex.). Le garde-corps est conforme aux prescriptions réglementaires portant sur les garde-corps mais, en cas de chocs par une berline le prenant en extrémité, il « s'efface » sans bloquer le véhicule. De tels modèles de garde-corps existent mais ils sont coûteux.

e) Examiner si certains points dangereux pour les piétons ne pourraient pas, compte tenu de certaines possibilités du site, être aménagés de telle sorte qu'il n'y ait plus de danger : prolongement du ponceau, couverture, aménagement de la tête de buse, etc.

Enfin, dans des cas comme celui de la *figure 39*, il serait judicieux d'étudier les dispositions adéquates pour assurer la sécurité pour le personnel chargé de l'entretien des accotements amené à travailler en bord d'un vide. Quant à la sécurité des usagers circulant sur la berme, les protections seront fonction du contexte, de la largeur de l'accotement, de la hauteur de couverture à la clé, etc.

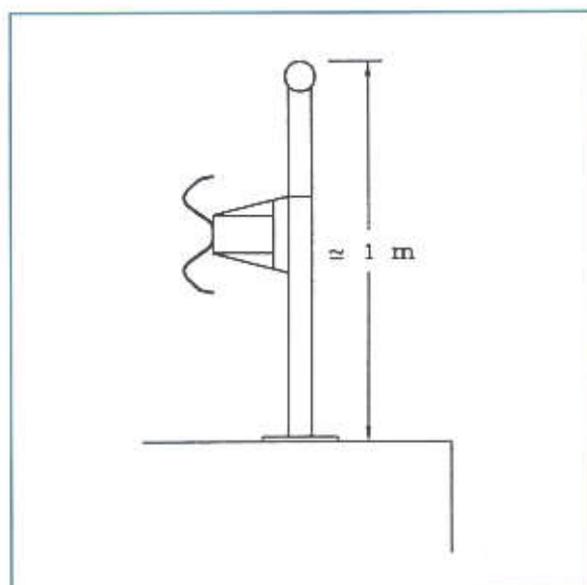


Figure 38 : Une glissière surmontée par une main courante peut constituer un compromis valable entre la sécurité des usagers piétons et automobilistes.

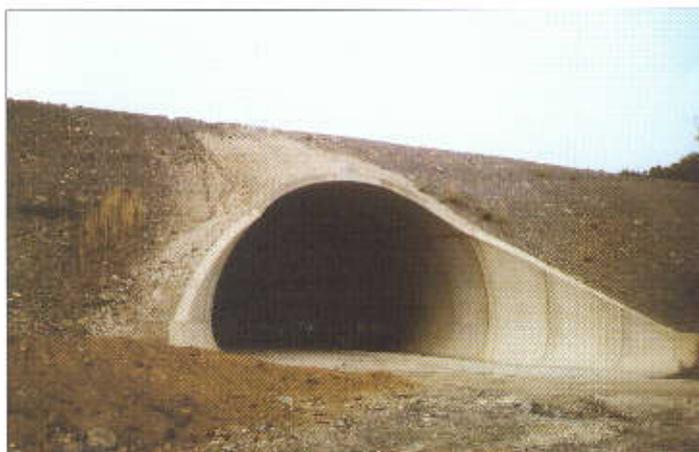


Figure 39 : Autre cas délicat : la sécurité au droit des ouvrages voûtés.

4.6 - EMPLOIS PARTICULIERS : TRÉMIES, CARREFOURS DÉNIVELÉS,...

L'équipement des zones de dénivellations brutales surplombant la voirie inférieure d'une trémie ne se limite pas au choix d'un modèle de garde-corps. C'est un choix de niveau de sécurité, mais on doit prendre en considération les problèmes de liaisons entre les divers dispositifs de retenue (sur et hors ouvrages), la visibilité, la protection des usagers de la voie inférieure, les protections contre les projections, etc. qui dépassent le cadre de ce document.

Dans le cas où le choix se porterait sur une solution de type « garde-corps », nous donnerons les conseils suivants, en complément :

a) En général, s'il y a une circulation à proximité du bord de la trémie, il est recommandé de prévoir un niveau de sécurité véhicules légers. Ceci peut être du type « muret VL » (cf. NF P 98.430). Une remontée du mur de soutènement de la trémie peut constituer ce muret.

Ce muret jouera aussi le rôle d'écran contre la chute des objets et de l'eau projetés par la circulation supérieure sur celle de la voie inférieure.

Pour dimensionner le mur de soutènement supportant ce muret, on tiendra compte du fait que l'on a une circulation de type urbain donc à faible vitesse et avec des véhicules légers (si tel n'était pas le cas, il faudrait envisager un niveau de sécurité adapté et prendre les valeurs d'efforts induits par les barrières). Nous proposons de prendre en considération, par mètre, un moment de 0,2 kN/m et un effort tranchant de 0,1 kN au niveau du revêtement.

Figure 41 :
Exemple d'un garde-corps « mixte ».



La figure 40 donne une coupe d'une telle disposition illustrée par la photo de la figure 41.

b) A l'arrivée de la bretelle sur le carrefour à niveau, il est souhaitable d'assurer une certaine visibilité par le choix d'un barreaudage adapté. Cet aspect peut trouver une solution par l'implantation d'une signalisation à feux ou par un élargissement du trottoir sur l'ouvrage pour éloigner l'un des courants de circulation à une distance de visibilité satisfaisante pour l'insertion des trafics.

Dans le cas des carrefours giratoires dénivelés et autres échangeurs de type losange avec des caractéristiques réduites, voir les documents traitant de ces ouvrages (par exemple ARP5, § 5.5) et pour lesquels une réflexion sur la sécurité doit être prise en considération pour les aménagements dès le stade du projet (et non quand les emprises sont définies !).

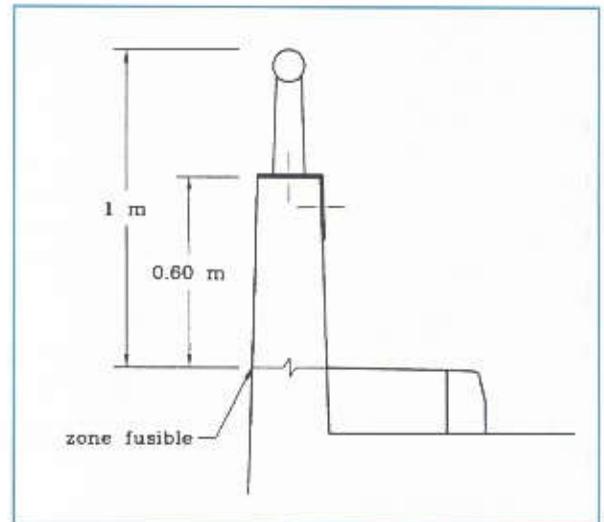


Figure 40 :
Dessin type d'un garde-corps « mixte ».



Figure 42 :
Visibilité nulle à l'arrivée de la bretelle sur la voie supérieure en raison de la superposition des deux garde-corps à barreaudage vertical.

CHAPITRE
5

FABRICATION ET MISE EN ŒUVRE

5.1 - FABRICATION

Il n'existe pas de procédure d'agrément de fabricant de garde-corps. Par ailleurs, la fabrication d'un garde-corps de pont ne demande pas un équipement technique complexe et coûteux.

Aussi, un serrurier convenablement équipé en matériel (découpage de tôle, perceuse,...) et disposant d'un atelier de soudure avec un personnel qualifié par l'Institut de Soudure est apte à fabriquer un garde-corps. Il ne doit donc pas y avoir de choix préétabli en la matière, ceci est d'autant plus important que cette partie d'ouvrage peut être l'occasion de fournir une activité à des entreprises régionales bien connues du Maître d'Ouvrage pour leur compétence¹⁷.

Ceci ne doit pas autoriser à faire n'importe quoi et un contrôle de la qualification et de la qualité de fabrication est nécessaire.

La mise en place des systèmes d'assurance de la qualité est devenue de plus en plus courante mais l'application à de petites entreprises à personnel limité n'est pas toujours évidente. Si une ou deux entreprises ont des systèmes qualité très proches du niveau de la certification de conformité aux normes EN 29000, certaines autres ne savent pas ce qu'est un système qualité ! Aussi, on adaptera le contrôle extérieur en fonction du niveau de qualité de l'entreprise.

On trouvera, en annexe, une liste, non limitative, des principaux serruriers connus pour fabriquer des garde-corps de ponts routiers avec leur spécialisation éventuelle.

NOTA IMPORTANT

La présence sur une telle liste n'est pas un label de qualité, même si, pour la plupart, nous avons eu l'occasion de visiter les ateliers, voire d'examiner leur système qualité à un moment donné.

5.2 - MISE EN ŒUVRE

La mise en œuvre des garde-corps ne nécessite pas de compétences particulières. A ce stade de l'exécution, il convient d'être vigilant sur les principaux points suivants, qui pourraient apparaître, entre autres, sur les fiches chantiers ou, **MIEUX, SUR LES PAQ DE MISE EN ŒUVRE :**

- point d'arrêt sur la conformité des scellements (dimensions, calepinage,...), Figures 21 et 22.
- Montage des parties, absence de soudage sur chantier, reprise de zones de protection contre la corrosion abîmées,
- calage correct des joints entre panneaux (prévoir une ouverture maxi de 10 mm) et, surtout, calage correct du manchon au droit du joint de chaussée,
- respect des tolérances de pose (nivellement, verticalité, alignement, etc.),
- et point d'arrêt à ce niveau avant bétonnage,
- vérification de la qualité et de la nature du béton de scellement. Vérification que la quantité de béton fabriqué permettra sa mise en œuvre dans un délai compatible avec la durée de prise du matériau (on observe très fréquemment un « remouillage » du béton de scellement pour lui conserver une maniabilité satisfaisante alors que la prise est en cours !),
- etc.

Figure 43 :
Éraflures ou éclats du zinc de la galvanisation à reprendre par une peinture riche en zinc.
(Cf. fascicule « protection contre la corrosion des équipements »).



17. Voir notamment la Circulaire n° 92.37 du 06.07.92 relative aux marchés publics de travaux ; en particulier l'article 1 : « s'attacher au développement d'un tissu économique favorisant le jeu de la concurrence » et l'article 2 « favoriser les démarches de qualité ».

■ 5.3 - SÉCURITÉ À LA MISE EN ŒUVRE DES GARDE-CORPS

NOTA IMPORTANT

Ce chapitre sur la sécurité à la mise en œuvre des garde-corps concerne aussi la pose des barrières de sécurité. Ce qui est écrit ici sera donc valable pour les barrières et les guides correspondants feront des renvois à ce chapitre. Le présent chapitre vise à attirer l'attention du projeteur sur ce sujet et à l'amener à une réflexion préalable telle que prévue par la loi.

■ 5.3.1 - Importance de cet aspect de la sécurité au moment de la pose

Comme tous les travaux en bord de tablier, la mise en œuvre des garde-corps (ou des barrières de sécurité) comme celle des corniches, comporte des phases délicates pour la sécurité du personnel chargé de l'exécution. La mise en place nécessite une intervention en bord du vide, alors que les garde-corps provisoires de chantier qui sont souvent fixés dans les scellements des garde-corps, doivent être démontés pour pouvoir poser les protections définitives.

Comme dans les autres fascicules, il nous a semblé utile de donner quelques indications sur la conduite à tenir et d'attirer l'attention sur cet aspect de la sécurité pour qu'une réflexion préalable soit menée avec tous les intervenants lors de la mise au point du Plan Général de Coordination en matière de Sécurité et de Protection de la Santé (PGCSPS) et du Plan Particulier de Sécurité et de protection de la Santé (PPSPS).

■ 5.3.2 - Cadre réglementaire.

Il existe de nombreux textes légaux ou réglementaires sur la sécurité des chantiers et nous ne pouvons tous les énumérer ici.¹⁸

Les textes de base, pour ce qui concerne la pose des garde-corps et des barrières en bord de tablier, sont les suivants, à la date de rédaction du présent guide :

- décret 65-48 du 8/1/65 (circulaire d'application du 29/3/65, publiée au JO) ;
- le Code du Travail (principalement Livre II, Titre III) ;
- la loi 76.1106 du 6/12/76 et les divers décrets la complétant ;
- la loi 82.1097 du 23/12/82 (circulaire N° 14 du 25/10/83 et le décret 83.844 du 23/9/83) ;

- loi 93.1418 du 31.12.93 transposant la Directive CEE 92.57 du 24.6.92 ;
- décret 94.1159 du 26.12.94 ;
- décret 95.543 du 4.5.95.

Il est essentiel de connaître ces textes lors de la mise au point de la conception du garde-corps et de son exécution.

■ 5.3.3 - Quelques éléments à intégrer dans le PPSPS

Les principales recommandations sont les suivantes :

- travailler, de préférence avant la dépose du cintre ou des garde-corps provisoires,
- sinon, équiper les poseurs d'un harnais de sécurité rattaché à une ligne de vie,
- dans le cas exceptionnel où l'on utilise une passerelle faisant fonction de protection provisoire pendant les travaux de mise en place du garde-corps, on se reportera aux conseils donnés dans le § 4.4.3.2 du guide « corniches »,
- préparer, au sol, les panneaux de garde-corps,
- préparer la zone d'ancrage (dégagement du polystyrène, percement des trous,...),
- s'assurer que les engins de manutention sont adaptés au travail à effectuer et peuvent évoluer sur l'ouvrage sans danger pour le personnel ou pour des tiers (notamment pendant les phases de translation),
- définir les points de manutention,
- vérifier que le garde-corps provisoire ne va pas gêner la mise en place du garde-corps définitif,
- si nécessaire, imposer les coupures de circulation sur les voies inférieures pendant les phases de pose en surplomb de ces voies,
- prévoir les calages provisoires efficaces en attendant la fixation définitive,
- etc.

■ 5.3.4 - Conclusions

Ces quelques conseils peuvent sembler disproportionnés avec l'importance des travaux et les conditions de chantier. La sécurité des chantiers est à ce prix. Ce n'est pas en fonction de l'importance du coût des travaux que l'on doit traiter la sécurité, d'autant que le risque est aussi grand sur les petits chantiers alors que l'on table justement sur leur faible durée pour ne pas justifier une réflexion sur les aspects de la sécurité.

Le simple respect de quelques règles de sécurité allié à l'utilisation de matériels ou de dispositifs types disponibles (en location par exemple) devraient éviter bien des risques inutiles.

18. Le SETRA et La Sté Présents (voir en « adresses utiles ») tiennent à disposition une liste à jour de ces textes.

ENTRETIEN, RÉPARATION ET DURABILITÉ

6.1 - PROTECTION CONTRE LA CORROSION. DURABILITÉ

La protection contre la corrosion des garde-corps, qu'ils soient en acier ou en alliage d'aluminium, est un élément important de la durabilité de cet équipement et de la diminution des coûts d'entretien pour le gestionnaire. Le choix de la solution est important mais les techniques sont identiques que ce soit un garde-corps, une glissière de sécurité, une barrière ou un caillebotis. Cet aspect technique est donc développé dans le fascicule « protection contre la corrosion des équipements latéraux des ponts » dans la même collection « GC ».

D'une façon générale, pour les garde-corps en acier, le choix du type de protection contre la corrosion a été fait a priori dans les normes : la technique retenue est la protection par le zinc déposé par galvanisation à chaud. Cette protection peut être complétée par un revêtement de couleur qui assure un complément de protection, certes, mais est surtout là pour donner la touche finale d'aspect.

Les nouvelles techniques de protection contre la corrosion de l'acier dont la galvanisation est complétée par une peinture poudre cuite au four arrivent à concurrencer fortement les solutions « aluminium » en tenue à la corrosion et sur les aspects de la qualité, du coût et de la durabilité. Alors que durant de longues années, la bonne tenue à la corrosion de l'aluminium (pour les alliages utilisés en garde-corps) constituait un élément de choix dans un bilan global, ceci est moins évident maintenant et d'autres critères de choix sur le matériau peuvent être sélectionnés.

Le fascicule sur « la protection contre la corrosion des équipements » (dans la même collection) donne des éléments d'appréciation des différentes techniques et les solutions à choisir si l'on souhaite s'orienter vers d'autres modes de protection. Il donne, en outre, quelques éléments d'information sur les techniques, leurs avantages et leurs inconvénients.



Figure 44 :
Résultats d'un choc sur un parapet.

6.2 - SURVEILLANCE, ENTRETIEN, RÉPARATION, CHANGEMENT DES GARDE-CORPS

6.2.1 - Surveillance

Cette surveillance sera exercée conformément aux conseils formulés, pour ce qui est relatif aux garde-corps, dans le Fascicule 21 « Équipements des ouvrages » de la 2^{ème} partie de l'Instruction pour la Surveillance et l'Entretien des Ouvrages d'Art. Nous ne reprendrons pas ici le détail du fascicule 21 de cette Instruction ni celui du « guide de visite » (de Février 83) qui la complète et nous y renvoyons le lecteur. Cependant, il a paru intéressant de rappeler, ci-après, les points importants de cette surveillance.

a) Défaut de géométrie

Ils peuvent être d'alignement et sont alors souvent, quand ils ne sont pas d'origine (erreur d'implantation, déformation de l'ouvrage à la construction,...), des symptômes d'un mouvement anormal de la structure.

Ces défauts, quand ils sont localisés, peuvent provenir d'un problème de dilatation au droit d'un joint de chaussée par exemple (cf. figure 30) ou des traces de chocs ou d'actes de vandalisme .
Fig. 44.

b) Altération par corrosion ou vieillissement des matériaux

C'est l'une des principales causes à l'origine des opérations d'entretien (voir le fascicule sur « la protection contre la corrosion » et le § 6.2 ci-après sur l'entretien).

c) Désorganisations des liaisons entre les parties du dispositif

Il s'agit de désordres au niveau des soudures, de la boulonnerie, etc.

d) Déformation locale de certaines parties du garde-corps

Ces déformations concernent principalement les profils en acier formés à froid et fermés ou non par soudures. On peut observer une fissuration dans les angles par écrouissage de l'acier dont les conséquences peuvent être graves et nécessiter un remplacement du ou des panneaux incriminés. Ce peut être une déformation ou un éclatement par le gel de l'eau ayant pénétré et stagné à l'intérieur d'un profil. Le § 6.2.2 ci-après décrit une technique de réparation pour ce cas de figure.

e) Désordres sur les liaisons à la structure, notamment au droit des réservations ou des fixations du poteau dans la corniche (cf. figure 23).

Ce sont là les principaux points qu'il importe de bien examiner lors des opérations de surveillance et d'inspection.

■ 6.2.2 - Entretien et réparation

L'Instruction Technique citée ci-dessus distingue l'entretien courant, effectué directement par le gestionnaire de l'ouvrage, et l'entretien spécialisé ou la réparation qui fait l'objet de travaux par une entreprise spécialisée. Dans le cas des garde-corps, nous ne ferons pas la distinction en laissant au gestionnaire le soin d'apprécier en fonction des travaux et des moyens du service gestionnaire.

■ 6.2.2.1 - Reprise de la protection contre la corrosion, remise en état de la peinture

Le maintien en bon état de la protection contre la corrosion et de la peinture complémentaire

constitue l'une des tâches principales des gestionnaires. Pour les divers aspects de la durabilité des différentes techniques et les moyens de remises en état, on se reportera au fascicule traitant de la protection contre la corrosion dans la même collection des guides GC.

■ 6.2.2.2 - Entretien des parties mobiles

Il a été indiqué dans le chapitre 4.2 pourquoi les garde-corps comportent des parties manchoonnées : passage du joint de dilatation de la structure, liaison entre panneaux, dilatation différentielle, etc.

Il importe que ces parties conçues pour avoir un certain degré de liberté conservent, durant la vie de l'ouvrage, ce degré de liberté. Les opérations d'entretien viseront donc à faire en sorte que la libre dilatation soit maintenue.

Au droit du joint de chaussée, on vérifiera que la longueur du manchon est en cohérence avec la valeur du souffle du joint de l'ouvrage et que le calage est correct, en fonction de la température de l'ouvrage. Ceci permettra d'une part, de vérifier qu'une possibilité de dilatation a bien été prévue (les visites de joints de chaussée montrent une très grande fréquence de blocage de dilatation au droit du garde-corps !) et, d'autre part, que le dispositif en place fonctionne correctement, ce qui est un indice intéressant du fonctionnement de l'ouvrage.

L'entretien va donc consister, après avoir constaté l'existence d'un manchon de dilatation, à vérifier :

- s'il fonctionne correctement,
- l'absence d'usure anormale des pièces frottant les unes sur les autres,
- le serrage ou la fixation correcte de ces pièces,

En l'absence d'un manchon, on procédera à la mise en place d'un manchon adapté.

L'entretien portera aussi sur les liaisons entre les panneaux dont on s'attachera à vérifier leur bonne tenue, leur état de protection contre la corrosion, leur bon fonctionnement, etc.

■ 6.2.2.3 - Lutte contre l'affichage sauvage, le vandalisme, etc.

Ceci n'est pas spécifique aux garde-corps, mais certains modèles sont plus sensibles que

d'autres à ces actes. Les panneaux de verre sont souvent l'objet d'actes de vandalisme ou servent de support à des affiches, aussi, on pourra être amené à les transformer en garde-corps moins sensibles.

Ainsi, un garde-corps comportant un remplissage par des plaques de verre sur une passerelle dans une zone inscrite d'un site protégé avait été choisi pour ses qualités de transparence. Après quelques années, il était tellement dégradé par des bris, des affiches, etc. que cela mettait en jeu la sécurité des usagers (absence de remplissage, danger du verre, chute d'objets sur la voie inférieure,...) tout en coûtant cher en entretien. La décision du gestionnaire a été de le transformer en garde-corps avec barreaudage vertical !
Fig. 45.

Un autre aspect du vandalisme est le vol d'éléments, voire de panneaux entiers, de garde-corps, principalement en alliage d'aluminium. Ces faits s'observent régulièrement et le gestionnaire doit être vigilant car la disparition d'un garde-corps peut mettre en jeu la sécurité des piétons si une protection provisoire n'est pas mise en place rapidement. La solution passe par des garde-corps assez difficiles à démonter sans outillage adapté ; elle peut être complétée, lors de l'enquête, par une tournée des ferrailleurs de la région en leur demandant de ne pas accepter certains profilés sous peine d'être accusés de recel. Ces précautions ont donné de bons résultats là où il y avait eu des vols jusqu'à maintenant.

L'entretien s'attachera à remettre en place certains profilés en alliage d'aluminium dont le « clipage » est en cours de rupture. On évitera des blessures aux mains des usagers ou une tentative de démontage plus importante.

■ 6.2.2.4 - Réparation de profilés fermés

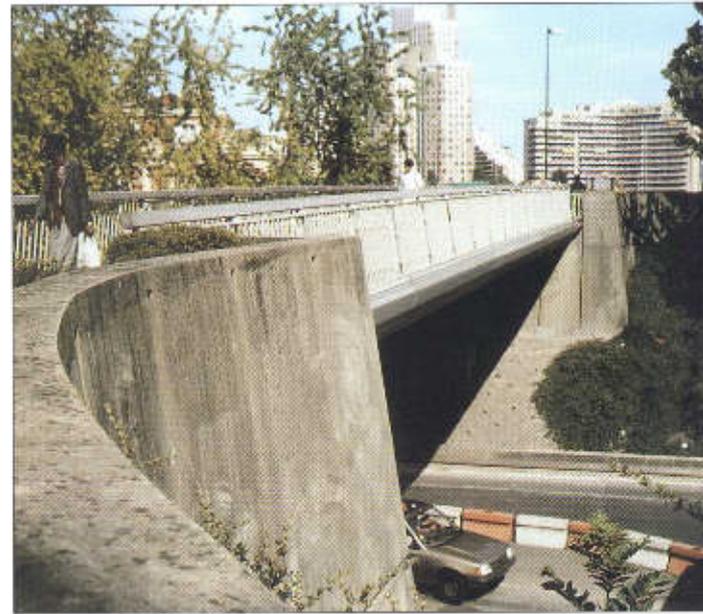
Si le garde-corps a été mal conçu, il arrive que l'eau puisse pénétrer à l'intérieur de certains profilés ou tubes constituant le garde-corps sans possibilité d'évacuation. Si le volume d'eau devient important, en cas de gel, l'expansion provoque la déformation, voire l'éclatement du profilé. (*Fig. 47*)

Cette eau peut pénétrer par un évent ménagé pour assurer la libre circulation des fluides lors de la galvanisation, par une soudure non continue ou non parfaitement étanche, etc.



Figure 45 a) :
Vue de la passerelle avec son garde-corps à plaques transparentes.

Figure 45 b) :
État actuel.



Les opérations de remise en état seront fonction du degré de dégradation du profilé.

a) le garde-corps ne porte pas de traces de détérioration mais sa conception rend possible l'apparition du phénomène.

Prévoir un percement systématique en pied du support ou du barreau concerné avec un reconditionnement de la zone de l'acier mise à nu par une peinture riche en zinc (voir fascicule « protection contre la corrosion »). Ensuite,



Figure 46 :
Trou de drainage d'un profilé creux.

remplir, si nécessaire, par un coulis de ciment par exemple, le support jusqu'au niveau du trou (sans obturer le trou !). *Figure 46.*

b) Le garde-corps présente un désordre d'ampleur limitée.

- reconstituer le cordon de soudure continu et étanche là où c'est nécessaire,
- réaliser le percement décrit précédemment,
- redonner au profilé sa forme initiale à l'aide d'un petit vérin de formage,
- souder les lèvres fissurées,
- apporter un renfort par une cornière soudée,
- reprendre l'ensemble de la protection contre la corrosion (cf. fascicule « protection contre la corrosion »). *Figures 47-48.*

c) Le garde-corps est très abîmé. Si la détérioration paraît remettre en cause la résistance du garde-corps, donc sa fonction de sécurité des usagers, il convient de prendre la décision de le déposer et de le remplacer. Voir § 6.2.3 ci-après.

Bien évidemment, il a été tenu compte de ces désordres pour revoir la conception des garde-corps comportant de tels profilés (par exemple le S8). Ceci doit conduire à exiger :

- des cordons de soudure parfaitement étanches et continus,
- des événements de galvanisation positionnés ou conçus de telle façon que l'eau ne puisse y pénétrer. *Fig. 49.*
- des événements de drainage si nécessaire (les concevoir pour qu'ils ne fonctionnent que dans le bon sens !).

Figure 48 :
Principe de réparation¹⁹.

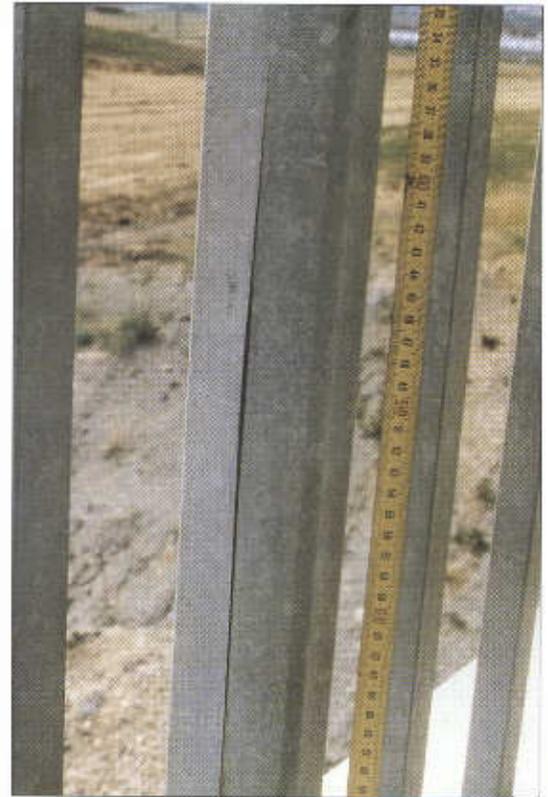
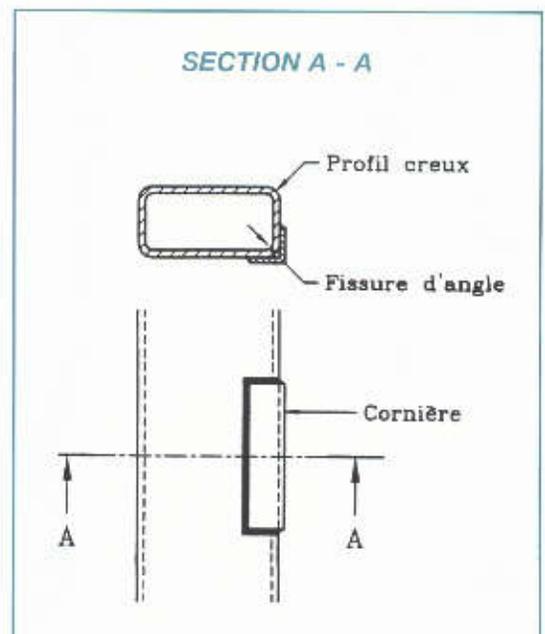


Figure 47 :
Déformation d'un profilé creux par le gel.
(Photo du LRPC de Nancy)



19. Extrait d'un article traitant de l'effet du gel sur les profilés creux retenant de l'eau et paru dans la revue « Construction Métallique », n° 352, 10/81.

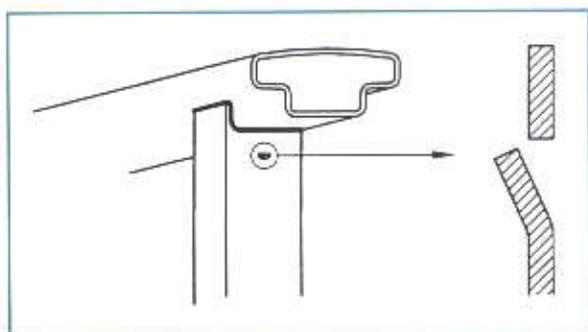


Figure 49 :
Exemple d'un évent pour la galvanisation évitant la pénétration de l'eau.

■ 6.2.2.5 - Remise en état des scellements ou des fixations dans la structure

a) Scellements dans des réservations

Les désordres nécessitant des interventions d'entretien sont principalement liés à la qualité de fabrication et de mise en œuvre du béton de scellement dans la réservation.

Ces bétons présentent fréquemment des détériorations liées à une mauvaise tenue aux cycles de gel-dégel et aux sels de déverglaçage²⁰.

La réparation consistera à les déposer pour les remplacer par des matériaux adaptés (voir § 4.1.2 correspondant). Pendant cette phase, il conviendra d'éviter la chute de matériaux sur la chaussée inférieure et d'assurer la tenue provisoire du garde-corps (ne faire les interventions que support par support).

Un autre type de désordre est l'arrachement total du béton de la réservation comme un bouchon. Ceci est la conséquence d'un mode de coffrage des réservations déconseillé dans le présent document (voir § 4.1.2, alinéa 3).

De même que précédemment, la réparation consiste à reprendre ces réservations avec traitement de la reprise de bétonnage et choix de matériaux de scellement adaptés.

b) Scellements par tiges d'ancrage

Les désordres sont consécutifs soit à une corrosion diminuant de manière importante la résistance de l'ancrage, soit à une rupture. Les réparations consistent en un carottage concentrique au droit de l'ancrage et scellement d'une tige neuve par un produit de scellement conforme

aux normes P 18.800 et suivantes (et inscrit à la marque NF pour ce type d'utilisation).

■ 6.2.2.6 - Changement d'un panneau

Le changement d'un panneau abîmé par un neuf est une intervention importante qui mérite une réflexion préalable.

a) En premier lieu, il importe d'assurer la sécurité des usagers dans les plus brefs délais : balisage immédiat de la zone, mise en place de barrières solidement arrimées au garde-corps en place, élimination d'éléments pouvant tomber sur la voirie inférieure. *Fig. 50.*

b) Pourquoi le panneau est-il abîmé ? Est la question suivante à poser.

Si c'est à la suite d'un heurt par un véhicule (fig. 50 par exemple), il convient de s'interroger sur le niveau de sécurité que l'on devrait avoir sur l'ouvrage et déterminer ce niveau par l'analyse des causes de l'accident, le comportement des usagers, le risque, etc.

Ceci afin de déterminer si l'on doit conserver le niveau garde-corps ou passer à un niveau de sécurité véhicule léger (Voir le fascicule correspondant de la collection « GC »).

S'il s'agit d'actes de vandalisme, déterminer les mesures pour en éviter le renouvellement (modification de la conception du garde-corps, par exemple, voir § 6.2.2.3 ci-dessus).



Figure 50 :
Mise en place d'une protection provisoire rapidement après un accident.

²⁰. Souvent par suite d'erreurs d'exécution : cf. § 5.2.

c) Le garde-corps accidenté est-il conforme aux normes actuelles ?

On doit se poser cette question pour décider d'une réparation ponctuelle ou d'une remise à neuf complète. Dans le cas d'un garde-corps non conforme et si le linéaire à reprendre représente plus du tiers du total en place, on peut considérer comme opportun de reprendre l'ensemble du garde-corps pour le mettre aux normes actuelles.

Dans le cas d'une réparation ponctuelle ou d'un changement d'un panneau, le gestionnaire appréciera l'intérêt d'avoir un modèle de garde-corps standard ou fabriqué à partir d'éléments courants du commerce. Nous avons eu à connaître une affaire portant sur un garde-corps à réparer, suite à un accident, et dont le coût nécessité par la reconstitution de moules ou de formes pour un matériau onéreux (le cuivre en l'occurrence), faisait que le coût du mètre linéaire de garde-corps réparé ressortait à 10 fois celui d'un garde-corps de luxe !

C'est aussi le cas de certains garde-corps en alliage d'aluminium dont les formes tarabiscotées demandées par un architecte ne sont plus fabriquées ! (voir le § 3.3.2). Il est souvent possible de passer par d'autres solutions comme le pliage de tôle.

Il est conseillé de se méfier du « standard » et d'exiger une vérification des cotes sur place par le serrurier, avant toute cotation de prix. On peut, cependant, admettre de légères modifications de cotes ou de profilés si cela peut diminuer le coût de fourniture sans nuire à la résistance ni à l'aspect d'ensemble.

■ 6.2.3 - Changement d'un garde-corps

Qu'il s'agisse du changement d'un panneau ou de tout un linéaire de garde-corps, les conseils seront les mêmes. En premier lieu cette opération doit être étudiée pour que la sécurité des usagers tant de la voie portée que ceux de la voie franchie ne soit pas mise en cause. D'autre part, cette intervention comporte un moment où le personnel chargé de l'intervention est sans garde-corps. A ce moment, il doit donc être prévu des dispositions particulières spécifiques à des travaux en bordure du vide et conformes à la législation sur la sécurité des ouvriers.

21. Conséquence de l'application du décret n° 94.1159 (art. R 238.37 et 39) avec la mise en place du DIUD (Dossier d'Intervention Ultime sur l'Ouvrage).

Les dispositions à appliquer seront celles déjà définies au § 5.3 « sécurité à la mise en œuvre des garde-corps ».

Dans le cas illustré par la *figure 51* un filet est tendu sur des massifs implantés aux extrémités du pont. Ce filet a été calculé pour résister à la chute d'un ouvrier, sans engager le gabarit de la voie inférieure. Il existe aussi des solutions à base de passerelles (éprouvées et vérifiées par un organisme agréé) et à partir desquelles le personnel peut intervenir dans des conditions de sécurité maximales. Voir le chapitre 4 du guide « corniches ».

■ 6.3 - NOTICE ENTRETIEN

La réception du garde-corps par le Maître d'Œuvre devrait être subordonnée à la fourniture d'une notice d'entretien. Cette notice, qui commence à être demandée par certains²¹, paraît constituer un élément important pour faciliter la tâche du gestionnaire. Elle pourrait contenir les informations suivantes, sans être limitatif.

- description du type de garde-corps et, s'il s'agit d'un modèle standard, ses particularités éventuelles par rapport au standard ;
- nature et caractéristiques des matériaux constitutifs, ainsi que de la protection contre la corrosion ;
- points à surveiller : pièces mobiles, ancrages, serrage de boulonnerie, évolution de l'épaisseur de zinc, ... ;
- précaution lors des interventions d'entretien, notamment : points d'ancrage éventuels de ceintures anti-chute ;
- emplacement du stockage ou références des moules ou filières spéciaux ;
- etc.



Figure 51 :
Protection de la voirie inférieure pour une reprise complète d'un garde-corps.

RÉDACTION DES PIÈCES DU MARCHÉ - LISTE D'ATELIERS

■ 7.1 - RÉDACTION DU CCAP ET ARTICLES TYPES DE CCTP

La norme XP P 98.405 constitue une base sur laquelle on peut construire et poser un garde-corps sur un pont ; elle doit donc être nommément visée dans le CCAP²². Selon les cas de figure rencontrés, nous conseillons de compléter la norme par les clauses suivantes de CCTP :

- *Les trous évents nécessaires pour la libre circulation des bains de galvanisation devront être hors des cordons de soudure.*
- *Dans le cas où les trous de scellement sont déjà réalisés au moment de l'établissement des dessins d'exécution du garde-corps, le serrurier (fournisseur, sous-traitant de l'entreprise ou entrepreneur) dressera les dessins d'exécution des éléments à partir du relevé d'implantation des réservations que lui fournira l'entreprise de gros œuvre.*

Ces dessins seront soumis à l'acceptation du Maître d'Œuvre.

Dans le cas où les trous de scellement ne sont pas encore réalisés, le serrurier dressera les plans d'exécution des éléments avec, notamment, l'implantation des scellements. Ils seront soumis au Maître d'Œuvre. Dans le cas de serrurier entrepreneur, le Maître d'Œuvre notifiera ces plans à l'entrepreneur de gros œuvre pour l'implantation des scellements.

Dans tous les cas, les emplacements des scellements constituent un POINT D'ARRÊT du système qualité et une réception devra intervenir pour lever ce point, en présence du sous-traitant.

■ 7.2 - AIDE À LA RÉDACTION DU MARCHÉ

Outre les articles cités dans le paragraphe précédent que nous conseillons de reprendre systématiquement dans le marché, le présent guide donne des conseils sur les précautions à prendre en fonction de la nature du garde-corps. Dans ce cas, pour faciliter la mise au point du marché, le tableau page suivante a été établi avec les points qui sont éventuellement à examiner avec la référence du paragraphe et la partie du marché concerné.

■ 7.3 - ATELIERS DE SERRURERIE

■ 7.3.1 - Présentation

Les ateliers cités ci-après :

- connaissent le présent fascicule et la collection GC,
- disposent en stock des profilés courants nécessaires à la réalisation des modèles standards,
- connaissent les divers problèmes de fabrication et de pose de ces modèles.

Ils sont donc théoriquement à même de fournir une offre tenant compte des diverses sujétions. Mais ceci ne veut absolument pas dire :

- que toutes leurs réalisations soient à l'abri de tout reproche : le contrôle reste indispensable. Sur cet aspect « qualité de fabrication et de pose », certains ont mis en place des systèmes qualité performants et efficaces, d'autres n'en sont encore qu'aux balbutiements !
- Qu'ils soient les seuls à pouvoir réaliser des garde-corps. Bien au contraire, les modèles standards ont été conçus assez simple pour que tout serrurier convenablement équipé puisse les réaliser. Et ceci est le cas d'ateliers de serrurerie régionaux bien connus des Maîtres d'Œuvre.

²². Voir le paragraphe 2.1.1 présentant le contenu de cette norme en comparaison avec le F61, titre II, du CCTG.

■ 7.3.2 - Liste des ateliers de serrurerie

AVERTISSEMENTS

- a) Ceci n'est pas une liste d'homologation,
- b) Elle n'est pas limitative,
- c) elle est donnée par ordre alphabétique.

ÉQUIPEMENT ROUTIER

Parc d'activités « les cèdres bleus » Niévroz
BP 69
01123 - MONTLUEL CEDEX
Tél. : 04.72.25.28.88 - Télécopie : 04.72.25.28.90

ROUSSEAU

Z.A. des 4 voies
22170 PLELO
Tél. : 02.96.79.55.55 - Télécopie : 02.96.74.39.21

EUROÉQUIPEMENT

ZI
Rue du clos barrois
60180 NOGENT-SUR-OISE
Tél. : 03.44.55.36.11 - Télécopie : 03.44.54.34.14

SATI (Garde-corps en alliage d'aluminium)

21, avenue F. Verdier
31170 TOURNEFEUILLE
Tél. : 05.61.86.21.53 - Télécopie : 05.61.85.97.05

FRAMETO

ZI
Rue de Bellevue
BP 47
14650 CARPIQUET
Tél. : 02.31.75.23.80 - Télécopie : 02.31.26.99.63

HORIZONTAL (Un produit en alliage d'aluminium)

RN6 Domarin
BP 408
38309 - BOURGOIN JALLIEU CEDEX
Tél. : 04.74.93.25.35 - Télécopie : 04.74.93.10.54

LPC-SOGAM

BP 72
03500 SAINT POURCAIN SUR SIOULE
Tél. : 04.70.45.95.44 - Télécopie : 04.70.45.98.93

PERRIN

Fosse neuve
37210 PARCAY MESLAY
Tél. : 02.47.29.10.98

PONT ÉQUIPEMENT

13, rue des Marmousets Droué sur Drouette
BP 93
28232 ÉPERNON CEDEX
Tél. : 02.37.83.45.85 - Télécopie : 02.37.83.58.17

Tableau d'aide à la rédaction des pièces d'un marché pour la partie relative à la fourniture et la pose d'un garde-corps

Sujet à examiner	Paragraphe	Partie du marché
Choix de la série S ou I et du modèle	1.2 & 3.1	Projet de pont
Référence à la norme, établissement d'une note de calcul de justification et éventuelles exigences particulières	2.1.3	CCAP CCTP
Traitement des extrémités	3.2.7	Projet
Modalités de conservation des filières et des moules des parties de garde-corps en aluminium	3.3.2 b	CCTP
Résistance au choc des remplissages	3.3.4	CCAP
Formulation du béton des garde-corps en béton armé	3.3.5	CCTP
Consultation du serrurier et mise à sa disposition des plans d'exécution à jour de la partie de structure concernée	4.1.1	CCTP
Point d'arrêt de réception des zones d'ancrage	4.1.1	CCTP et PAQ
Choix du mode d'ancrage (réservation par polystyrène)	4.1.2	CCTP
Point d'arrêt avant bétonnage des réservations	4.1.2 Dernier alinéa	CCTP et PAQ
Précautions pour l'emploi des inserts par chevilles à expansion	4.1.3.1 b	CCTP
Dimension maximale des panneaux	4.2.1	CCTP
Manchonnage	4.2.3	CCTP
Écran de retenue d'objet. Spécifications	4.4.3.2	CCTP
Niveau de qualification des soudeurs de l'atelier	5.1	CCTP
Mise en œuvre	5.2	PAQ
Sécurité à la mise en œuvre	5.3	PPSPS -PGCSPS
Notice d'entretien	6.3	DIUO

ANNEXE 1

FICHES DE GARDE-CORPS

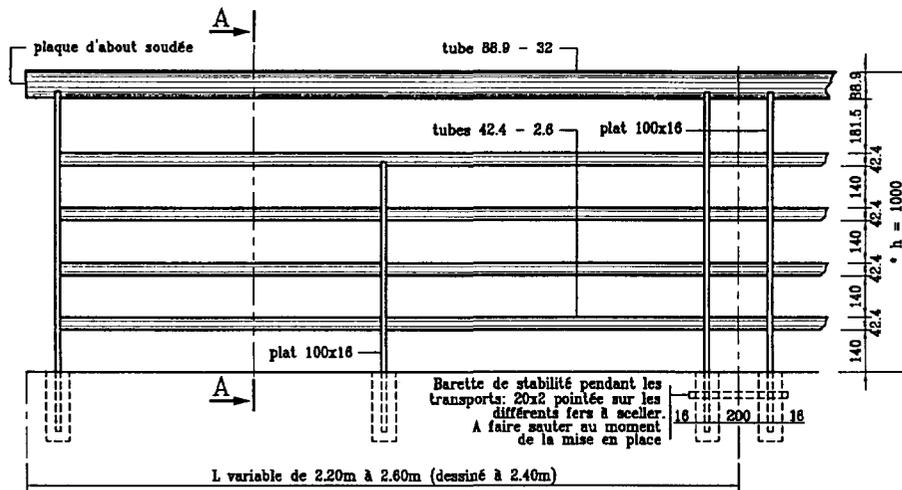
Les modèles de garde-corps qui font l'objet des fiches de cette annexe sont en acier pour deux d'entre eux (S3 et S7) et en alliage d'aluminium pour les trois autres. Avec le modèle S8 qui est décrit dans un fascicule de documentation (FD P 98.406), ils devraient répondre à une grande majorité des cas de figures où le Maître d'Œuvre ne souhaite pas étudier un produit pour un contexte qui ne le justifie pas.

Les modèles S3 et S7 sont identiques à ceux qui étaient présentés dans les spécifications de l'ancien dossier GC77 (sous-dossier 2). Ils ne font pas l'objet d'une propriété industrielle ou commerciale et n'importe quel serrurier convenablement équipé peut les fabriquer. La courte note accompagnant la fiche donne quelques précisions sur le domaine d'emploi.

Les modèles en alliage d'aluminium sont des produits d'entreprise qui font l'objet de modèle et/ou de marque déposée (cf annexe 3) et seules les sociétés indiquées sur la fiche peuvent, sauf accord particulier, fabriquer ces modèles. Pour ce qui est relatif au domaine d'emploi et bien que la note de calcul nous ait été fournie, **nous invitons les Maîtres d'Œuvre à demander la justification de la bonne adaptation du produit réellement mis en œuvre au contexte de l'ouvrage.**

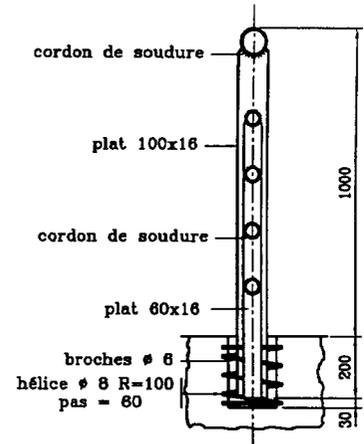
Garde-Corps modèle S3

- Il répond aux spécifications de la Norme XP P 98.405 pour les largeurs de trottoirs jusqu'à 4 m.
- L'acier est un S235 au moins.
- La fabrication et la mise en œuvre sont faites conformément aux spécifications de la norme XP P 98.405.
- Poids : environ 32 kg/ml.



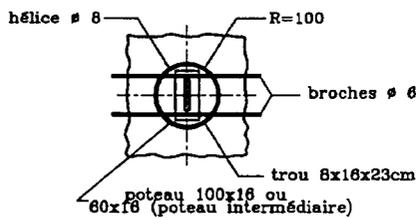
* Dessin fait dans le cas d'une hauteur maximale du trottoir au-dessus du niveau franchi inférieure à 20m

Coupe A-A

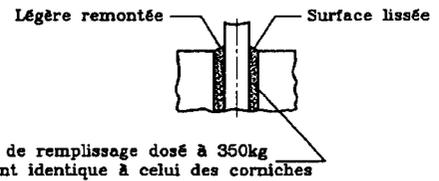


Échelle : 1/25
cotes en mm

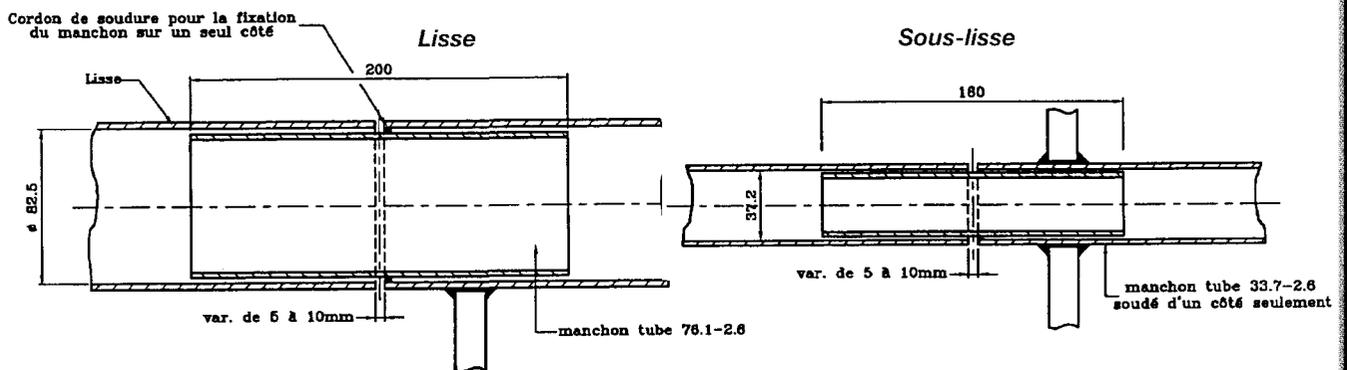
Vue en plan



Détail du scellement



Détail des manchons

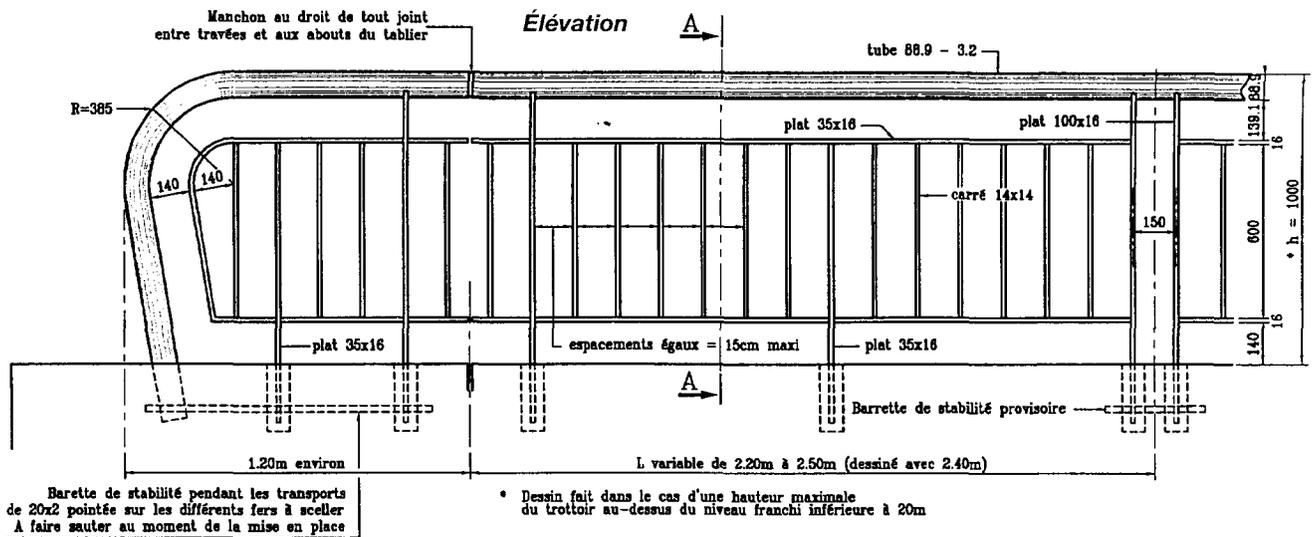


nota : Il sera aussi prévu un manchon au droit de tout joint entre travées et éventuellement aux abouts de tablier. Dans ce cas, la cote «d» sera fixée en fonction de la température à la pose et de la longueur dilatable de l'ouvrage.

Échelle : 1/4
cotes en mm

Garde-corps modèle S7

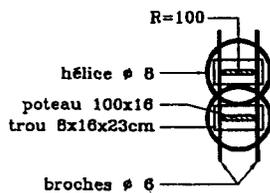
- Il répond aux spécifications de la Norme XP P 98.405 pour les largeurs de trottoirs jusqu'à 4 m.
- L'acier est un S235 au moins.
- La fabrication et la mise en œuvre sont faites conformément aux spécifications de la norme XP P 98.405.
- Poids : environ 34 kg/ml.



Vue en plan

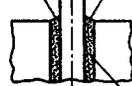
Échelle : 1/25
cotes en mm

Coupe A-A



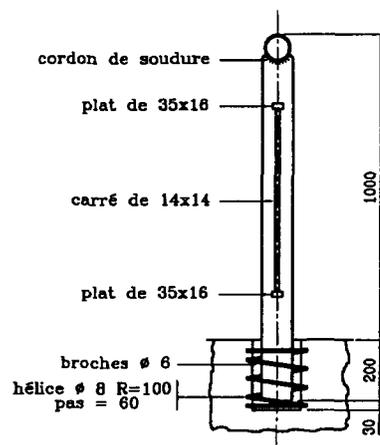
Légère remontée

Surface lissée



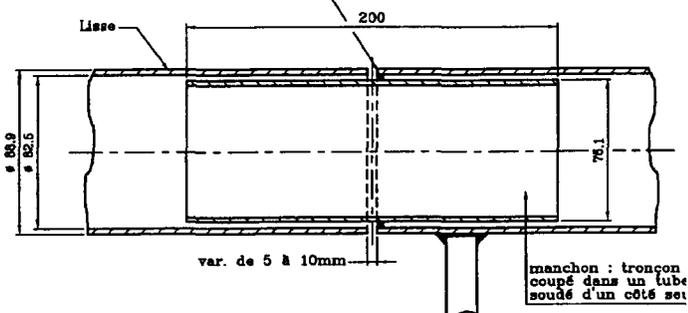
Béton de remplissage dosé à 350kg d'un ciment identique à celui des corniches

Détail du scellement



Cordon de soudure pour la fixation du manchon sur un seul côté

Détail du manchon

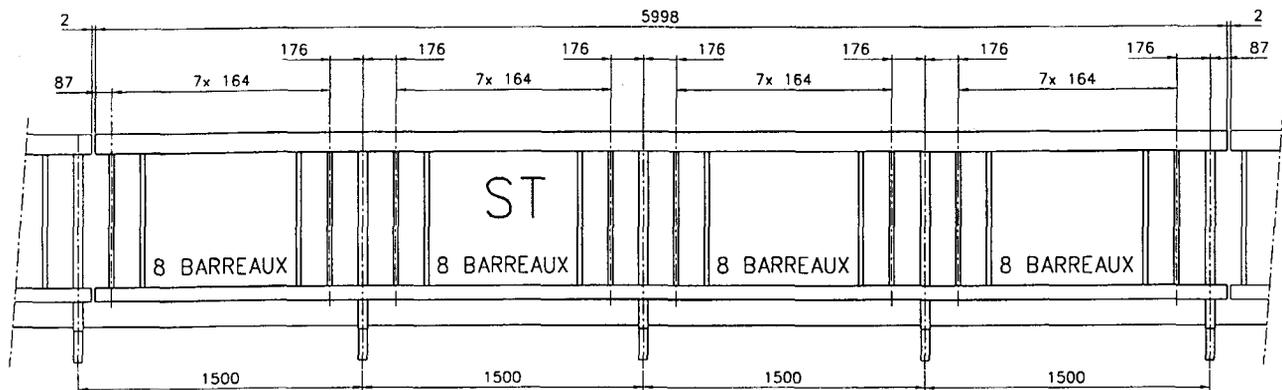


nota : Il sera aussi prévu un manchon au droit de tout joint entre travées et éventuellement aux abouts de tablier. Dans ce cas, la cote «d» sera fixée en fonction de la température à la pose et de la longueur dilatable de l'ouvrage.

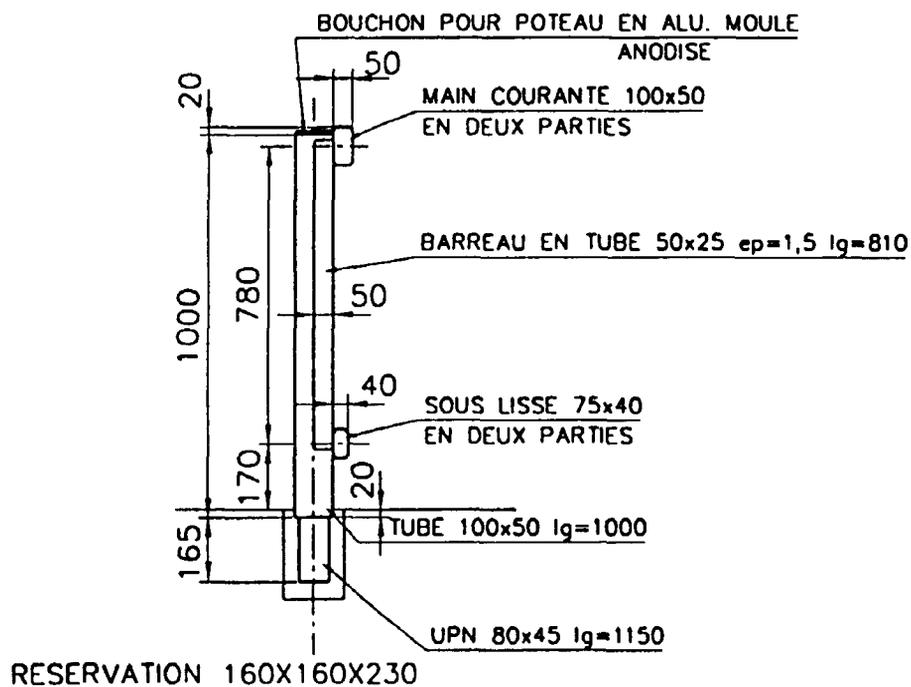
Échelle : 1/4
cotes en mm

Modèle GCU1 de Équipement Routier

- Il répond aux spécifications de la Norme XP P 98.405 pour les largeurs de trottoirs jusqu'à 2.6 m.
- Il est en alliage d'aluminium nuance 6060 TS (anodisé et, si demandé, peinture laque) et en acier S235.
- La fabrication et la mise en œuvre sont faites conformément aux spécifications de la norme XP P 98.405.
- Poids : environ 25 kg/ml.

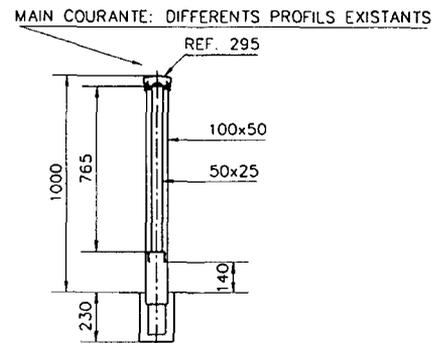
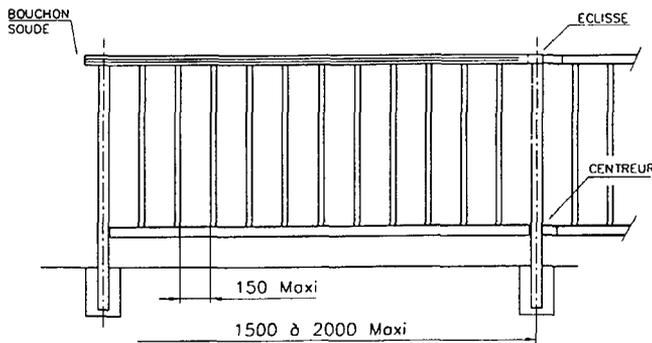
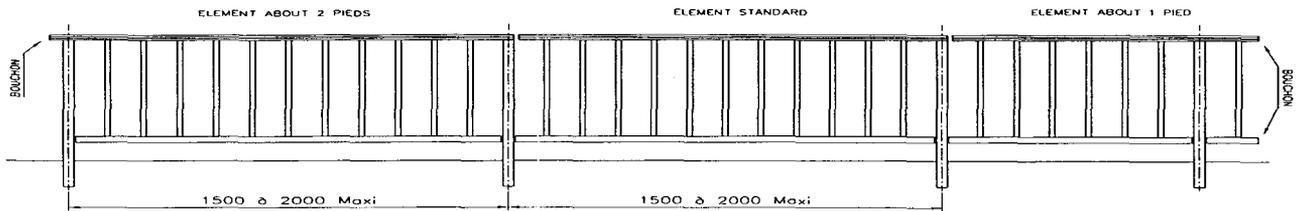


Coupe type



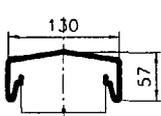
Modèle SNEP'AL de Équipement Routier

- Il répond aux spécifications de la Norme XP P 98.405 pour les largeurs de trottoirs jusqu'à 2.9 m.
- Il est en alliage d'aluminium nuance 6060 TS (anodisé et, si demandé, peinture laque) et en acier S235.
- La fabrication et la mise en œuvre sont faites conformément aux spécifications de la norme XP P 98.405.
- Poids : environ 25 kg/ml.

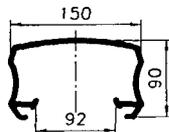


RESERVATION 160x160x230 PROF.

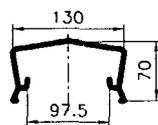
Profils main courante



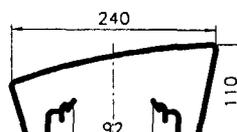
RÉF. 300A



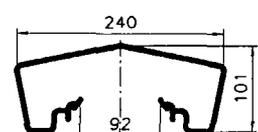
RÉF. 301



RÉF. 295



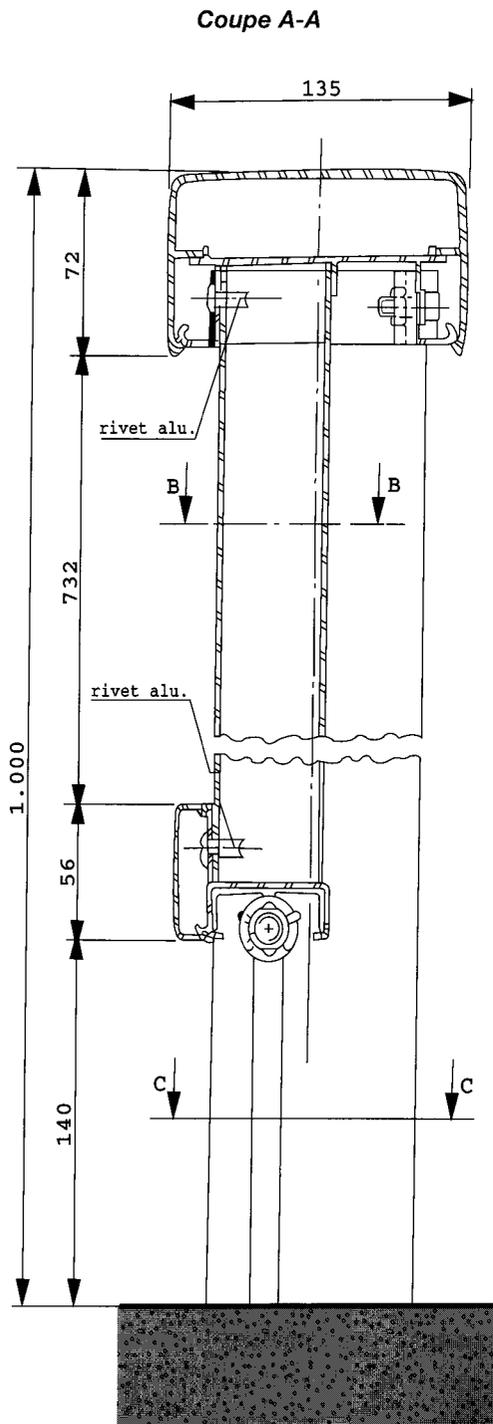
RÉF. 201



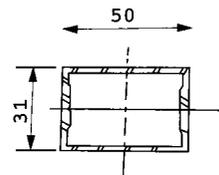
RÉF. 200A

Modèle SECAL 111 de SATI

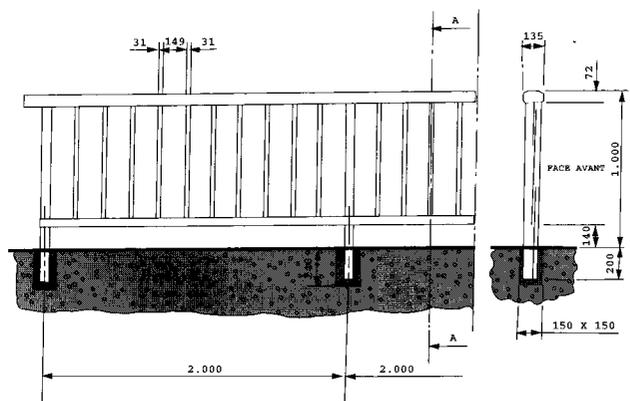
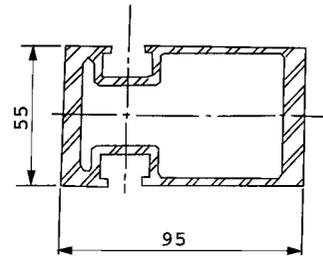
- Il répond aux spécifications de la Norme XP P 98.405 pour les largeurs de trottoirs jusqu'à 1.5 m. Au delà, un renforcement possible du montant est à étudier.
- Il est en alliage d'aluminium nuance 6060T5 et 6106T51 et en acier S235.
- La fabrication et la mise en œuvre sont faites conformément aux spécifications de la norme XP P 98.405.
- Poids : environ 14 kg/ml.



Section B-B



Section C-C



ANNEXE 2

PRINCIPE DE JUSTIFICATION D'UN GARDE-CORPS

Cette annexe a été préparée par MM. Cornet et Humeau de la DOA du CETE de l'Ouest.

La présente annexe se propose de préciser les éléments à prendre en considération pour justifier toutes les parties d'un garde-corps, de la lisse supérieure à l'ancrage. Elle est organisée de la façon suivante :

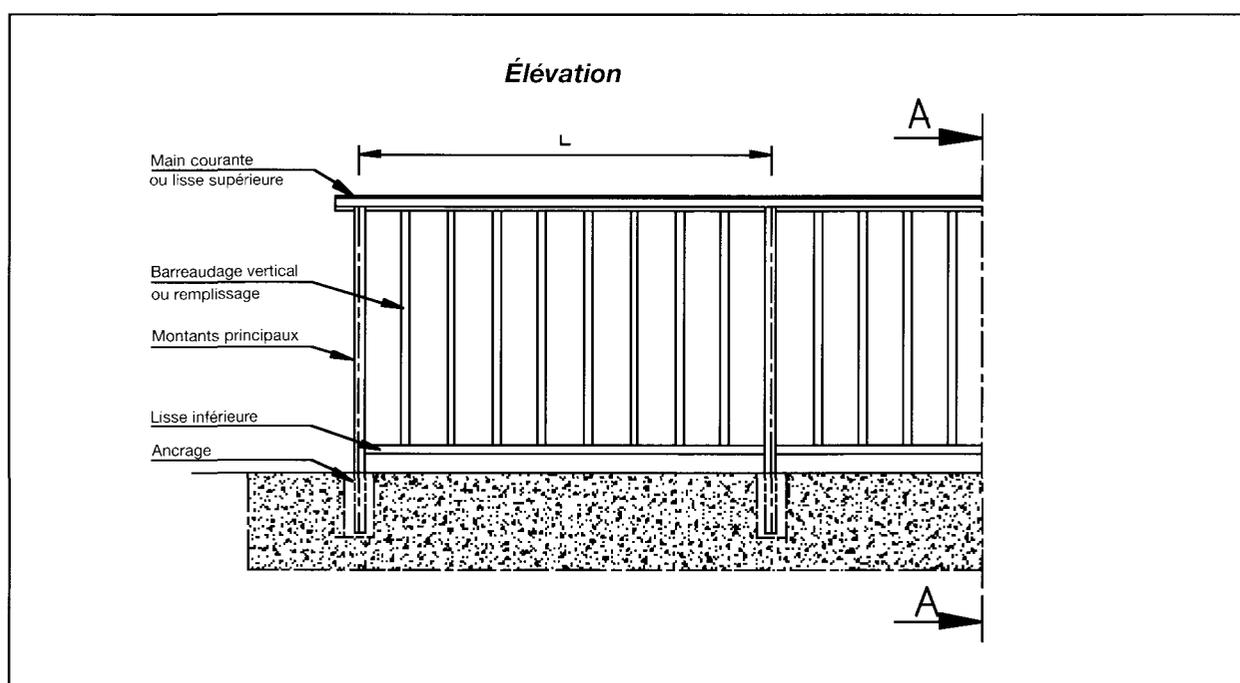
- la page de gauche précise les aspects réglementaires à considérer et les explicite,
- la page de droite présente une application numérique en correspondance avec les indications de la page en regard.

Pour cette application numérique, le modèle faisant l'objet de la justification est un garde-corps de type S8 dont les caractéristiques sont précisées ci-après.

1 - PRÉSENTATION GÉNÉRALE

La fonction et les principales spécifications d'un garde-corps sont données dans les chapitres 1 & 2.

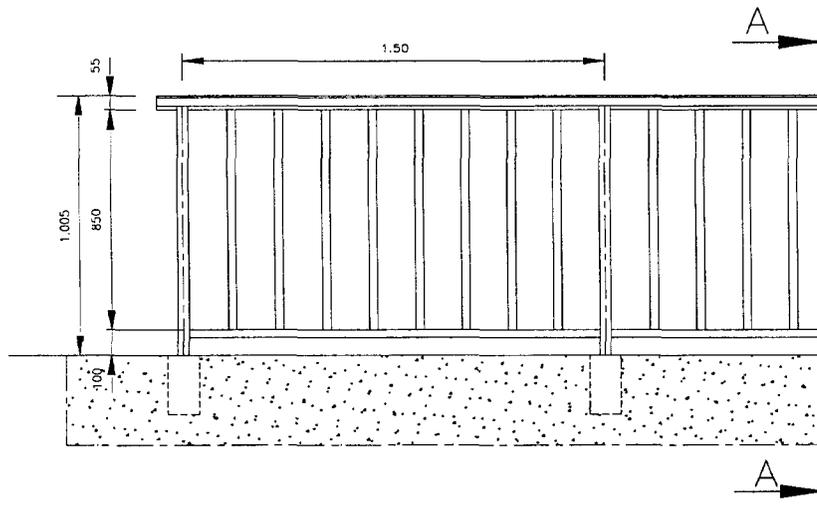
1.1 - CONSTITUTION DU MODÈLE FAISANT L'OBJET DE L'EXEMPLE TRAITÉ



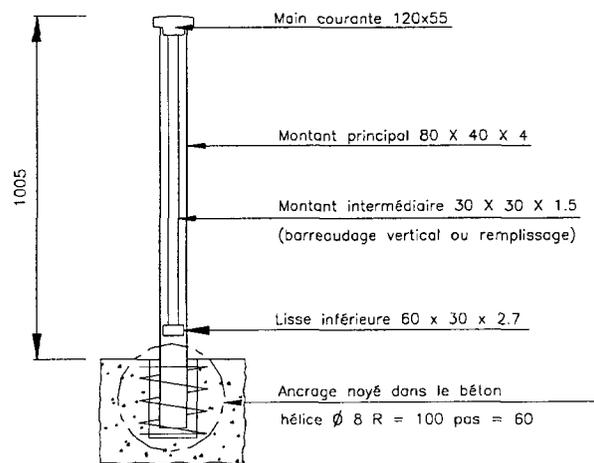
Ce garde-corps à barreaudage vertical est constitué de tubes profilés en acier de grande rigidité. Ils sont soudés entre-eux. Le garde-corps S8 comprend :

- une main courante de 120 * 55 * 4 mm ;
- des montants 80 * 40 * 4 mm espacés tous les 1.50 m ;
- un ancrage à la structure qui peut être :
 - ancrage noyé dans le béton,
 - ancrage par tiges de scellement (avec platine),
 - ancrage par fixations scellées dans trous forés (avec platine) ;
- une lisse inférieure de 60 * 30 * 2.7 mm ;
- des barreaux verticaux de 30 * 30 * 1.5 mm.

Élévation

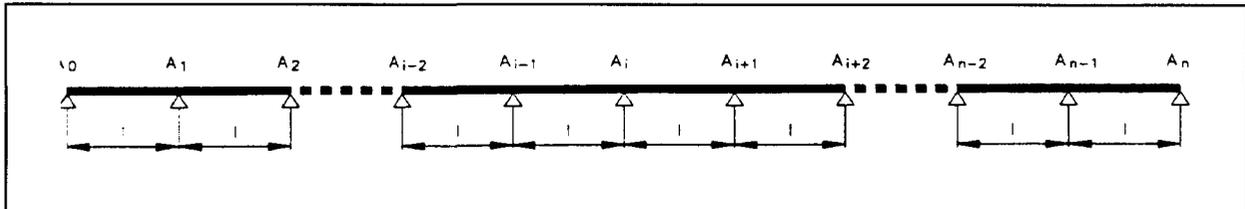


Coupe A - A



■ 1.2 - PRÉSENTATION GÉNÉRALE DU CALCUL

a) *Main courante* (lisse supérieure) :



La longueur de fabrication d'un élément de garde-corps est d'au moins six mètres, soit quatre panneaux de 1.50 m. La lisse du garde-corps a été considérée comme une poutre continue constituée par une infinité de travées égales. Le formulaire de résistance des matériaux indique que les efforts (le moment fléchissant, l'effort tranchant et la réaction d'appui) sont maximaux au droit de l'appui A_1 . La lisse sera dimensionnée à partir de ces efforts.

■ 1.3 - EFFORTS ET SOLLICITATIONS

■ 1.3.2 - Charges sur le garde-corps

1.2 - PRÉSENTATION GÉNÉRALE DU CALCUL

La note de calculs présentée ci-après justifie les différentes parties constitutives d'un garde-corps. Le fil conducteur, de la lisse à l'ancrage, a été le cheminement des efforts du point d'application des charges jusqu'au point de transmission de ces efforts à la structure porteuse.

Pour le dimensionnement des différentes parties constitutives du garde-corps les hypothèses suivantes ont été prises.

a) *Main courante* (lisse supérieure)

La lisse supérieure soudée sur les montants verticaux est considérée comme une poutre continue à n travées équivalentes de portées égales à l'espacement entre axes des montants.

b) *Montants principaux*

Les montants principaux sont supposés libres en tête et encastrés en pied. Chaque montant reprend les charges appliquées à la main courante sur une longueur égale à la distance entre axes de montants.

c) *Lisse inférieure*

Pour la détermination des efforts, la sous-lisse est considérée comme une poutre appuyée sur les montants verticaux.

d) *Remplissage* (barreaudage vertical)

Il doit satisfaire aux prescriptions du § 5.2.4 de la norme XP P 98.405 (qui renvoie au § 2.3.2 de la norme NF P 01-013 "Essais des garde-corps"). Cette norme a pour objet de définir les essais applicables aux garde-corps ainsi que les déformations admissibles pour chacun de ces essais. Cet essai est fait une fois pour toute lors de la mise au point du modèle.

1.3 - EFFORTS ET SOLLICITATIONS

1.3.1 - Charges permanentes

Le poids propre du garde-corps est pris égal à la valeur donnée par le fabricant. Par hypothèse, cette valeur est considérée avec sa valeur caractéristique maximale au sens des Directives Communes de 1979.

a) *Cas de l'exemple traité*

La charge permanente du garde-corps type S8 a pour valeur : $G_0 = 236 \text{ N/m}$

1.3.2 - Charges sur le garde-corps

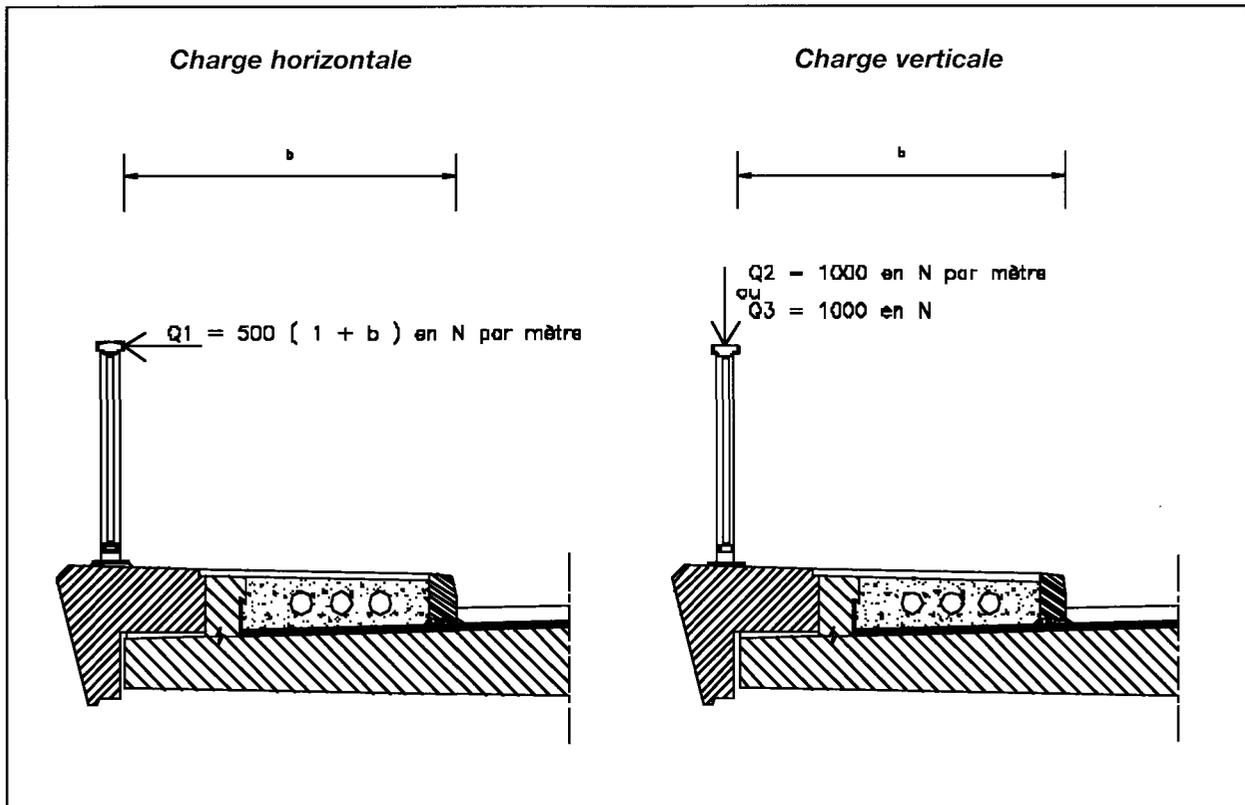
Les efforts à prendre en compte sont définis par la Norme XP P 98.405.

Charge horizontale

On exerce sur la main courante d'un garde corps pour piétons une charge horizontale perpendiculaire à la lisse supérieure et uniformément répartie d'intensité Q_1 donnée en fonction de la largeur utile b du trottoir exprimée en mètre par :

$$Q_1 = 500 (1 + b) \text{ N/m avec un maximum de } 2500 \text{ N/m}$$

La charge Q_1 , lorsqu'il s'agit d'un garde corps de service, est supposée égale à 1000 N/m.



Charges verticales

Une charge verticale uniforme $Q_2 = 1000 \text{ N/m}$ est susceptible d'être appliquée à la main courante du garde corps.

ou

Une charge concentrée $Q_3 = 1000 \text{ N}$ est susceptible d'être appliquée en tout point sur tout élément non vertical du garde corps tel que lisses intermédiaire ou inférieure.

Nota : Les charges verticales ne sont pas cumulables avec la charge horizontale.

▫ Cas de l'exemple traité

Pour une largeur b de trottoir égale à : 1.5 m

$$Q_1 = 500 (1 + b) \implies \begin{array}{ll} Q_1 = 500 (1 + 1.5) & Q_1 = 1250 \text{ N/m} \\ \text{Par définition} & Q_2 = 1000 \text{ N/m} \\ \text{Par définition} & Q_3 = 1000 \text{ N} \end{array}$$

■ 1.3.3 - Effets dus au vent

Le vent souffle horizontalement dans une direction perpendiculaire au plan moyen du garde-corps. Conformément au fascicule 61, titre II, article 14, il développe sur toute surface frappée une pression de $W_0 = 2000 \text{ N/m}^2$.

Sur une surface partiellement masquée (par une poutre treillis comprenant des vides et des pleins, par exemple), le vent développe une pression qui s'exerce en avant du masque (valeur W_0 ci-dessus) que multiplie un coefficient égal au rapport de la surface des vides sur la surface totale de ce masque et appelé : coefmasq.

▫ Cas de l'exemple traité

Garde corps de type S8,

Espacement montant : 1.5 m
Hauteur des montants : 1.0 m

Soit une surface de masque de : 1.5 m²

Hauteur de la lisse :	0.055 m	
Épaisseur des montants principaux :	0.04 m	nombre : 1
Épaisseur des montants intermédiaires :	0.03 m	nombre : 8

d'où une surface frappée de : 0.3625 m²

Le garde-corps est directement frappé par le vent, le coefficient de masque à prendre en compte est donc égal à 1.

$$\text{coefmasq} = 1$$

La force due au vent W est égale à la multiplication du coefmasq par la pression du vent W_0 et par la surface frappée.

$$W = \text{coefmasq} * W_0 * \text{surface frappée} = 725 \text{ N}$$

L'effet du vent est à prendre en compte pour les calculs de chaque élément du garde-corps.

Dans l'exemple traité l'effet a été négligé car les efforts développés étaient inférieurs à ceux des charges verticales ou horizontales.

■ 1.4 - JUSTIFICATION VIS-À-VIS DES ÉTATS LIMITES

■ 1.4.1 - Garde-corps en acier

b) Les caractéristiques mécaniques du matériau constitutif

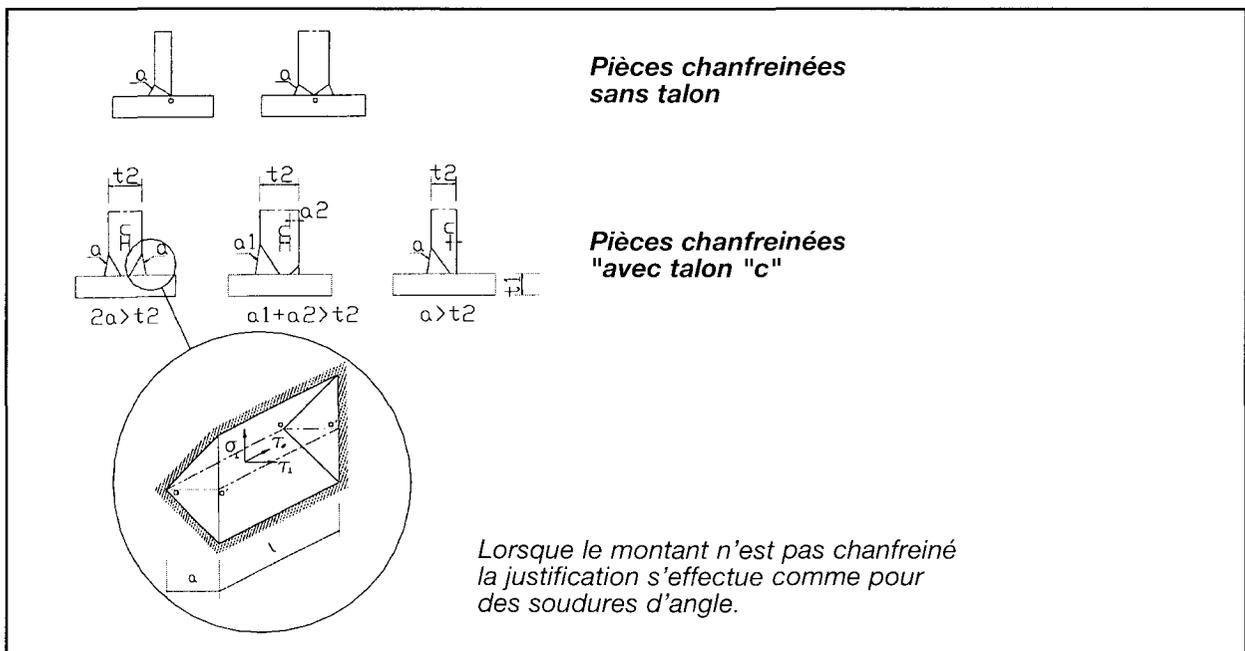
D'après la norme NF EN 10025 en vigueur la désignation de l'acier d'un garde-corps est : S235 JR

S235 JR ==> S pour acier de construction
 235 N/mm² pour limite d'élasticité
 JR pour symboles de résiliées avec J = 27joules et
 R = + 20° Celsius

d) Les conditions sur les soudures

La norme NF P 22.470 (§ 9) précise les conditions de justification des soudures.

Aucune justification n'est exigée pour les soudures effectuées sur pièces chanfreinées sans talon et pour les soudures effectuées sur pièces chanfreinées avec un talon de largeur $c \leq \min(t_2 / 5 ; 3 \text{ mm})$ et dont la somme des gorges est égale ou supérieure à l'épaisseur de la pièce chanfreinée $\sum(a) < t_2$.



■ 1.4 - JUSTIFICATION VIS-À-VIS DES ÉTATS LIMITES

■ 1.4.1 - Garde-corps proprement dit

■ 1.4.1.1 - Aux états limites ultimes E.L.U

a) Les combinaisons d'actions

Sont à considérer les combinaisons de type :

$$1.35 G_0 + 1.6 Q \text{ avec } \begin{array}{l} G_0 \text{ Charges permanentes} \\ Q (Q_1 \text{ ou } Q_2 \text{ ou } Q_3) \text{ Charges définies au § 1.3.2 ci-dessus.} \end{array}$$

b) Les caractéristiques mécaniques du matériau constitutif

D'après la norme NF EN 10025 la désignation de l'acier est : **S235**

La limite d'élasticité du matériau vaut **240 MPa**

c) Les conditions sur le matériau acier

Les contraintes normales et tangentielles doivent satisfaire aux conditions suivantes :

contraintes normales	$\sigma < \sigma_e$
contraintes tangentielles	$\tau \leq 0.6 \cdot \sigma_e$
contraintes complexes en flexion simple	$\sigma^2 + 3\tau^2 \leq \sigma_e^2$

d) Les conditions sur les soudures

Il sera appliqué la norme NF P 22.470 (§ 9). Cette norme a pour objet de définir les conditions à respecter pour la conception et la justification des assemblages soudés.

Le cordon de soudure doit être continu et étanche. **Le trou évent nécessaire pour la libre circulation des bains de galvanisation doit se situer en dehors du cordon de soudure.**

▫ Cas de l'exemple traité

Pour l'exemple traité, les pièces soudées sont considérées comme non chanfreinées.

Les soudures sont justifiées avec la valeur théorique d'épaisseur utile "a". Elles doivent satisfaire aux formules du § 9.3 de la norme NF P 22.470 suivantes :

$$K \sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3(\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)} \leq \sigma_e \quad \text{et} \quad \sigma_{\perp} \leq \sigma_e$$

Les composantes σ_{\perp} , τ_{\perp} , τ_{\parallel} sont déterminées par la résistance des matériaux.

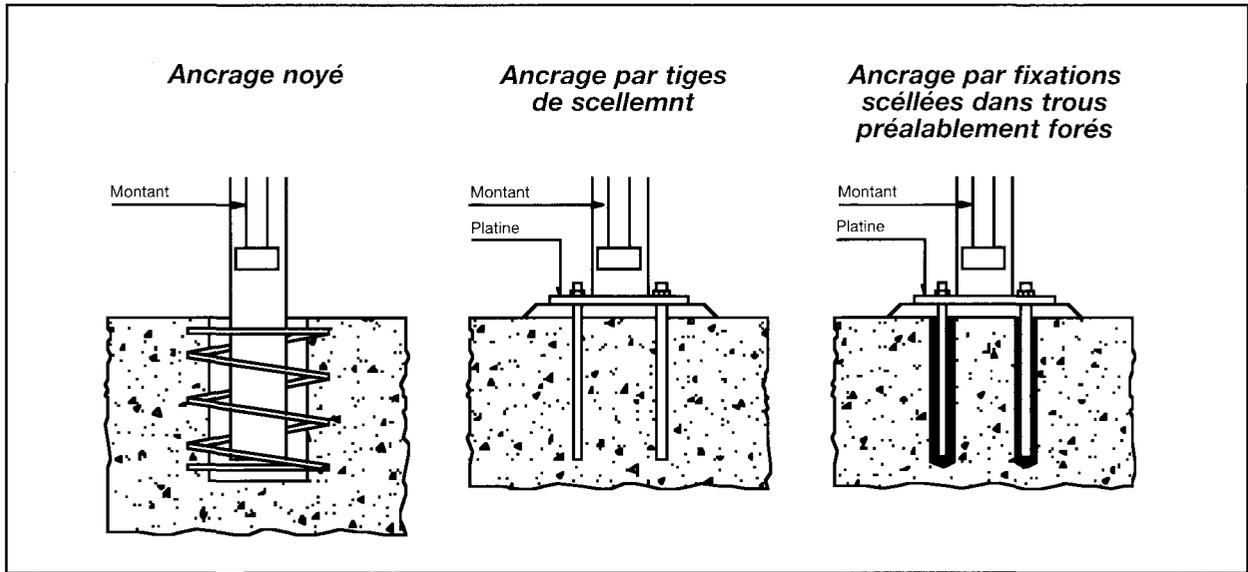
σ_{\perp} :	Contrainte perpendiculaire à la section de gorge (soudure),
τ_{\perp} :	Contrainte de cisaillement perpendiculaire à la section de gorge (soudure),
τ_{\parallel} :	Contrainte de cisaillement parallèle à la section de gorge (soudure).

Le coefficient minorateur **K** défini par NF P 22.470 en fonction de la nuance de l'acier pour un **S235 JR** vaut **0.7**

■ 1.4.1.2 - Aux états limites de service E.L.S

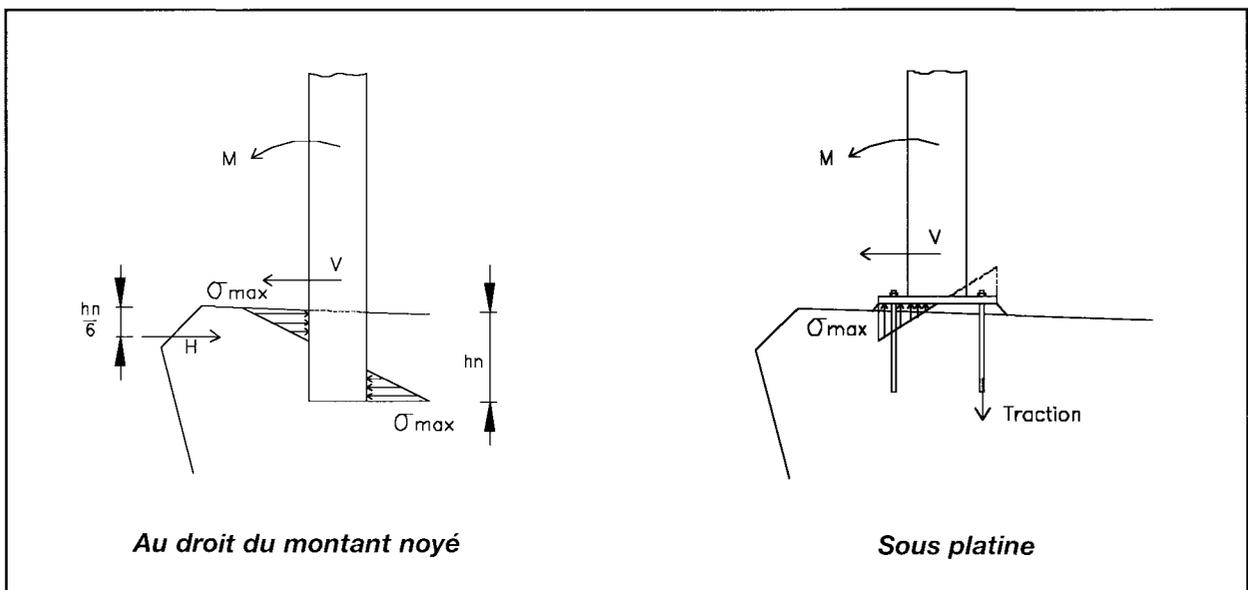
La flèche horizontale de la main courante des garde-corps sous l'effet de la charge Q_1 est limitée aux deux centièmes de la hauteur conformément à la Norme XP P 98.405 : **Flèche < Hauteur/200**

■ 1.4.2 - Ancrage du garde-corps



■ 1.4.2.2 - Aux états limites de service E.L.S
(BAEL, article A, paragraphe 3.3.3)

b) Les conditions sur le matériau.



La contrainte maximale du béton max doit être inférieure à $0.6 f_{cj}$.

■ 1.4.2 - Ancrage du garde-corps

Trois types d'ancrage seront étudiés :

- ancrage noyé dans le béton,
- ancrage par tiges de scellement (avec platine),
- ancrage par fixations scellées dans des trous forés (avec platine).

L'ancrage noyé dans le béton ou fixation par scellement dans des réservations est le plus couramment utilisé. Voir le § 4.1.2 sur les conseils relatifs à la mise en oeuvre de ce mode d'ancrage.

L'ancrage par tiges de scellement ou l'ancrage par fixations scellées dans des trous forés comprend une platine. Il conviendra de se reporter au § 4.1.3 du guide avant d'utiliser l'un de ces deux modes de fixations.

a) **L'ancrage par tiges de scellement** est réalisé au moment du coulage du béton. Il ne permet donc pas de réglage, il doit être réservé à des modèles de garde-corps dont la conception s'adapte à cette particularité.

b) **L'ancrage par fixations scellées dans des trous forés** est réalisé dans du béton durci soit avec des chevilles à expansion, soit avec des remplissages chimiques.

■ 1.4.2.1 - Aux états limites ultimes E.L.U.
(BAEL, article A, paragraphe 3.3.21)

a) *Les combinaisons d'actions.*

Sont à considérer les combinaisons de type :

$$1.35 G_0 + 1.6 Q \text{ avec } G_0 \text{ Charges permanentes}$$

Q (Q₁ ou Q₂ ou Q₃) Charges définies au § 1.3.2 ci-dessus.

b) *Les conditions sur le matériau.*

Les conditions sont définies pour chaque type d'ancrage dans le paragraphe 4 de cette annexe.

■ 1.4.2.2 - Aux états limites de service E.L.S.
(BAEL, article A, paragraphe 3.3.3)

a) *Les combinaisons d'actions.*

Sont à considérer les combinaisons de type :

$$G_0 + 1.2 Q \text{ avec } G_0 \text{ Charges permanentes}$$

Q (Q₁ ou Q₂ ou Q₃) Charges définies au § 3.2

b) *Les conditions sur le matériau.*

La contrainte maximale à la compression, sous platine ou au droit de la partie du montant noyé dans le béton, est limitée à 0.6 * f_{cj}. avec f_{cj} : résistance caractéristique du béton à j jours.

↳ *Cas de l'exemple traité*

Pour l'exemple traité la résistance caractéristique est prise égale à :

$$f_{cj} = 25 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\max} < 0.6 f_{cj} \implies \sigma_{\max} = 15 \text{ MPa}$$

2 - VÉRIFICATION DE LA LISSE DU GARDE-CORPS

2.1 - HYPOTHÈSES DE CALCUL

Actions à prendre en compte sur la base de la Norme XP P 98.405

Charge horizontale (Voir hypothèses générales)

On exerce sur la main courante d'un garde corps pour piétons une charge normale, horizontale et uniforme Q_1 donnée en fonction de la largeur b du trottoir.

$$Q_1 = 500 (1 + b) \text{ N/m avec un maximum de } 2500 \text{ N/m}$$

Charges verticales (Voir hypothèses générales)

On applique sur la main courante d'un garde corps pour piétons une charge verticale uniforme $Q_2 = 1000 \text{ N/m}$ ou une charge concentrée $Q_3 = 1000 \text{ N}$.

Les charges verticales ne sont pas cumulables avec la charge horizontale.

Conditions relatives sur le matériau (Voir hypothèses générales)

Les contraintes doivent satisfaire aux inégalités suivantes :

- | | |
|---|--------------------------------------|
| - contraintes normales | $\sigma \leq \sigma_e$ |
| - contraintes tangentielles | $\tau \leq 0.6 \cdot \sigma_e$ |
| - contraintes complexes en flexion simple | $\sigma^2 + 3\tau^2 \leq \sigma_e^2$ |

2 - VÉRIFICATION DE LA LISSE DU GARDE-CORPS

2.1 - HYPOTHÈSES DE CALCUL

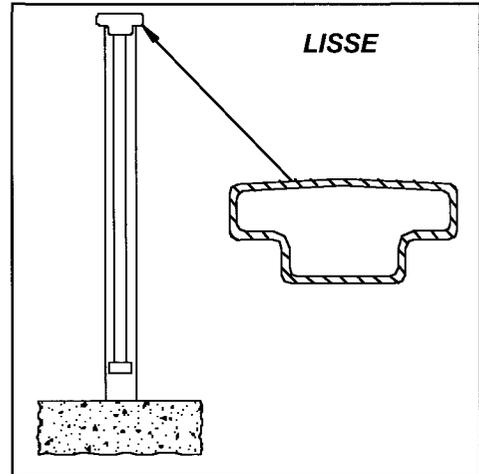
Les actions à prendre en compte sont définies dans la Norme P 98-405

Charge horizontale

$$\begin{aligned} Q_1 &= 500 (1 + b) \text{ en N/m} \\ Q_1 &= 1250 \text{ N/m} \\ \text{avec } b \text{ (largeur du trottoir)} &= 1.5 \text{ m} \end{aligned}$$

Charges verticales

$$\begin{aligned} Q_2 &= 1000 \text{ N/m} \\ Q_3 &= 1000 \text{ N en tout point} \end{aligned}$$



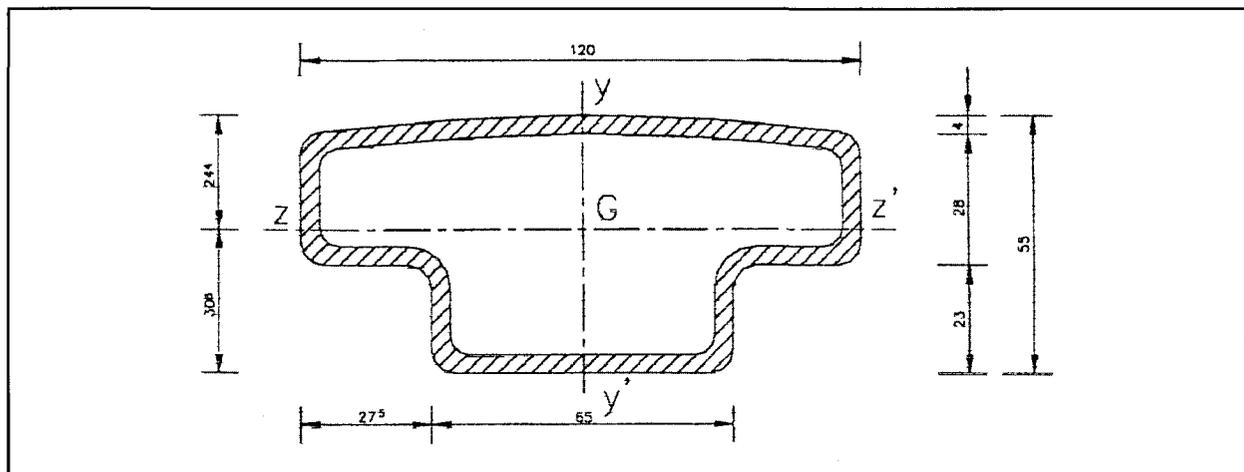
Conditions relatives au matériau (Voir hypothèses générales § 1.4.1.1.c)

D'après la norme NF EN 10025 en vigueur, la désignation de l'acier du garde-corps est : **S235 JR**

$$\begin{aligned} \sigma_e &= 240 \text{ MPa} \\ \sigma \leq \sigma_e &= 240 \text{ MPa} \\ \tau \leq 0.6 * \sigma_e &= 144 \text{ MPa} \\ \nu (\sigma^2 + 3\tau^2) \leq \sigma_e &= 240 \text{ MPa} \end{aligned}$$

Caractéristiques mécaniques de la lisse

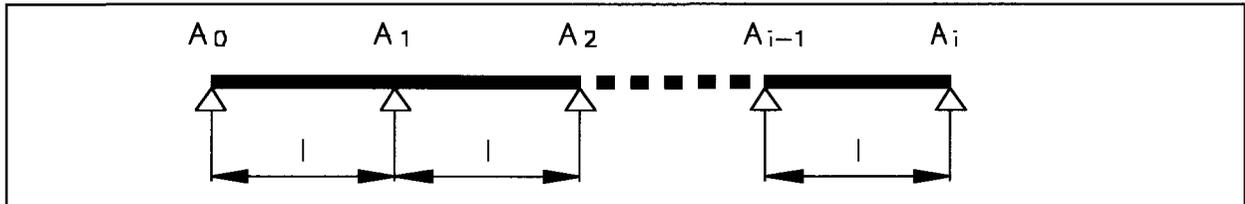
Portée	L = 1.5 m
Épaisseur lisse	ép = 0.004 m
Section	Sx = 1.26E - 03 m ²
Inertie	Izz' = 4.83E - 07 m ⁴
Inertie	Iyy' = 1.78E - 06 m ⁴
Moment statique cdg/zz'	S1 = 1.24E - 05 m ³
Moment statique cdg/yy'	S2 = 2.32E - 05 m ³
Distance centre de gravité (exprimée en valeur absolue)	
à la fibre inférieure vy	0.0306 m
à la fibre supérieure wy	0.0244 m
à la fibre latérale droite vz	0.0600 m
à la fibre latérale gauche wz	0.0600 m



2.2 - VÉRIFICATION DE LA LISSE DU GARDE-CORPS SOUS LA CHARGE HORIZONTALE

Pour le calcul du moment ou de l'effort tranchant, on considérera que la lisse du garde corps est équivalente à une poutre continue constituée de n travées. Le poids propre de la lisse est négligé $p = 0$.

2.2.1 - Détermination des efforts sous la charge répartie Q_1



Les efforts que sont le moment fléchissant, l'effort tranchant et la réaction d'appui sont maximaux au droit de l'appui A₁. Ils ont pour expression générale :

$$\begin{aligned} M_{u1} &= \gamma_1 p l^2 / 9.5 + \gamma_2 q l^2 / 8.4 \\ V_{u1} &= \gamma_1 p l / 1.65 + \gamma_2 q l / 1.61 \\ R_{u1} &= 1.132 \gamma_1 p l + 1.217 \gamma_2 q l \end{aligned}$$

avec p = charge uniformément répartie au ml de poids propre,
 q = charge uniformément répartie au ml de surcharges de type Q₁,
 l = portée entre deux montants,
 γ_1, γ_2 = coefficients de sécurité des Directives Communes.

2.2.2 - Détermination des contraintes

Le moment M_u servant au calcul des contraintes est le moment dû à la charge répartie Q₁. L'effort tranchant V_u servant au calcul des contraintes est l'effort dû à la charge répartie Q₁.

Les contraintes doivent satisfaire aux inégalités suivantes :

$$\begin{aligned} \sigma &= M_u * z / I_y \leq \sigma_e \\ \tau &= V_u * S_2 / (I_y * 2 \text{ ep}) < 0.6 * \sigma_e \\ \sigma^2 + 3\tau^2 &\leq \sigma_e^2 \quad \implies \quad \sqrt{(\sigma^2 + 3\tau^2)} = \sigma_e \end{aligned}$$

2.3 - VÉRIFICATION DE LA LISSE DU GARDE-CORPS SOUS LES CHARGES VERTICALES

La valeur de la charge permanente est prise égale à celle définie par le fournisseur.

2.3.1 - Détermination des efforts sous la charge répartie Q_2

Vis-à-vis des charges verticales, les efforts auraient pu être déterminés en prenant comme modèle de calcul une poutre échelle si présence d'un barreaudage vertical. Ce calcul plus favorable a été abandonné au profit d'un modèle constitué par une poutre continue à n travées.

2.2 - VÉRIFICATION DE LA LISSE DU GARDE-CORPS SOUS LA CHARGE HORIZONTALE Q_1

La charge permanente est négligée. G_0 Charges permanentes = 0 N/m

$$\text{Charge horizontale } Q_1 = 1250 \text{ N/m}$$

2.2.1 - Détermination des efforts sous la charge répartie Q_1

Les formules donnant le moment fléchissant, l'effort tranchant et la réaction d'appui sont extraites du formulaire de résistance des matériaux.

$$\text{avec } \gamma_1 = 1.35 \text{ et } \gamma_2 = 1.6$$

$$\begin{aligned} My_{u_1} &= - (1.35 * G_0 l^2 / 9.5) + (1.6 * Q_1 l^2 / 8.4) \implies My_{u_1} = (1.6 * Q_1) l^2 / 8.4 \\ V_{y_{u_1}} &= - (1.35 * G_0 l / 1.65 + 1.6 * Q_1 l / 1.61) \implies V_{y_{u_1}} = (1.6 * Q_1) l / 1.61 \\ R_{y_{u_1}} &= 1.35 (1.132 G_0 l) + 1.6 (1.217 * Q_1 l) \implies R_{y_{u_1}} = (1.6 * Q_1) l 1.217 \end{aligned}$$

▫ Cas de l'exemple traité

La combinaison de calcul donne comme résultat :

$$\text{avec } l = 1.5 \text{ m} \quad \text{et} \quad Q_1 = 1250 \text{ N/m}$$

$$\begin{aligned} My_{u_1} &= - 535.71 \text{ Nm} \\ V_{y_{u_1}} &= - 1863.35 \text{ N} \\ R_{y_{u_1}} &= 3651.00 \text{ N} \end{aligned}$$

2.2.2 - Détermination des contraintes

Les contraintes sont exprimées en valeur absolue.

$$My_u = | (My_{u_1}) | = 535.71 \text{ Nm}$$

$$V_{y_u} = | (V_{y_{u_1}}) | = 1863.35 \text{ N}$$

$$\begin{aligned} \sigma_{\text{sup}} &= My_u * w_z / I_{yy'} \leq \sigma_e & \sigma_{\text{sup}} &= 18.09 \text{ MPa} < 240 \text{ MPa} \\ \sigma_{\text{inf}} &= My_u * v_z / I_{yy'} \leq \sigma_e & \sigma_{\text{inf}} &= 18.09 \text{ MPa} < 240 \text{ MPa} \\ \tau &= V_u * S_2 / (I_{yy'} * 2ep) < 0.6 * \sigma_e & \tau &= 3.04 \text{ MPa} < 144 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\text{fibre sup} \implies \sqrt{\sigma_{\text{sup}}^2 + 3\tau^2} = 19 \text{ MPa} < 240 \text{ MPa}$$

$$\text{fibre inf} \implies \sqrt{\sigma_{\text{inf}}^2 + 3\tau^2} = 19 \text{ MPa} < 240 \text{ MPa}$$

2.3 - VÉRIFICATION DE LA LISSE DU GARDE-CORPS SOUS LES CHARGES VERTICALES Q_2 ET Q_3

La charge permanente est prise avec sa valeur réelle. G_0 Charges permanentes = 236 N/m

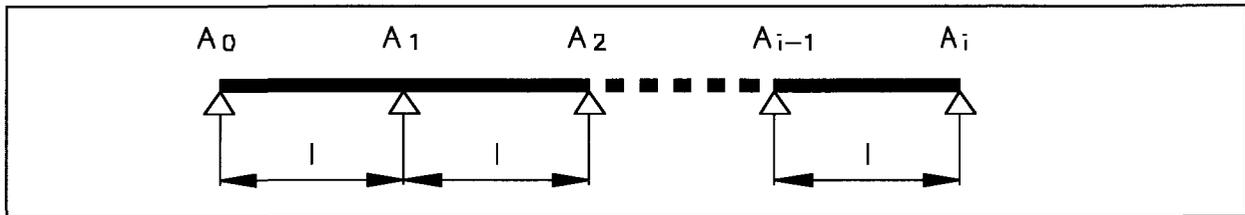
Charges verticales

$$\begin{aligned} Q_2 &= 1000 \text{ N/m charge répartie} \\ Q_3 &= 1000 \text{ N charge concentrée applicable en tout point} \end{aligned}$$

2.3.1 - Détermination des efforts sous la charge répartie Q_2

Les formules donnant le moment fléchissant, l'effort tranchant et la réaction d'appui sont extraites du formulaire de résistance des matériaux.

$$\begin{aligned} Mz_{u_2} &= - (1.35 * G_0 l^2 / 9.5) + (1.6 * Q_2 l^2 / 8.4) \\ Vz_{u_2} &= - (1.35 * G_0 l / 1.65 + 1.6 * Q_2 l / 1.61) \\ Rz_{u_2} &= 1.35 (1.132 G_0 l) + 1.6 (1.217 * Q_2 l) \end{aligned}$$



La présence de montants intermédiaires a été négligée, les calculs de contraintes ayant montré un surdimensionnement de la lisse.

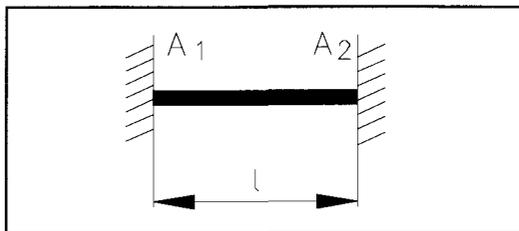
Les efforts ont pour expression générale :

$$\begin{aligned} M_{u2} &= \gamma_1 p l^2 / 9.5 + \gamma_2 q l^2 / 8.4 \\ V_{u2} &= \gamma_1 p l / 1.65 + \gamma_2 q l / 1.61 \\ R_{u2} &= 1.132 \gamma_1 p_1 + 1.217 \gamma_2 q l \end{aligned}$$

avec p = charge uniformément répartie au ml de poids propre
 q = charge uniformément répartie au ml de surcharges de type Q_2
 l = portée entre deux montants.
 γ_1, γ_2 = coefficients de sécurité des directives communes

■ 2.3.2 - Détermination des efforts sous la charge ponctuelle Q_3

Pour le calcul du moment fléchissant, de l'effort tranchant et de la réaction d'appui, on considérera pour la charge permanente un modèle de calcul identique à celui d'une charge répartie comme au § 2.3.1 ci-dessus et pour la charge concentrée de type Q_3 un modèle encastré aux deux extrémités (voir schéma ci-dessous).



L'expression des efforts est :

$$\begin{aligned} M_{u3} &= \gamma_1 p l^2 / 9.5 + \gamma_2 q l / 6.75 \\ V_{u3} &= \gamma_1 p l / 1.65 + \gamma_2 q / 2 \\ R_{u3} &= 1.132 \gamma_1 p l + 1.217 \gamma_2 q l \end{aligned}$$

avec p = charge uniformément répartie au ml de poids propre,
 q = charge concentrée de surcharges de type Q_3 ,
 l = portée entre deux montants,
 γ_1, γ_2 = coefficients de sécurité des Directives Communes.

■ 2.3.3 - Détermination des contraintes

Le moment M_u servant au calcul des contraintes est le maximum des moments dus à la charge répartie Q_2 ou la charge concentrée Q_3 .

L'effort tranchant V_u servant au calcul des contraintes est le maximum des efforts dus à la charge répartie Q_2 ou la charge concentrée Q_3 .

Les contraintes doivent satisfaire aux inégalités suivantes :

$$\begin{aligned} \sigma &= M_u \cdot z / I_y \leq \sigma_e \\ \tau &= V_u \cdot S_1 / (I_{zz} \cdot 2ep) < 0.6 \cdot \sigma_e \\ \sigma^2 + 3\tau^2 &\leq \sigma_e^2 \quad \implies \quad \sqrt{(\sigma^2 + 3\tau^2)} = \sigma_e \end{aligned}$$

▫ Cas de l'exemple traité

La combinaison de calcul donne comme résultat :

$$\begin{aligned} \text{avec } l = 1.5 \text{ m et} \quad G_0 &= 236 \text{ N/m} \\ Q_2 &= 1000 \text{ N/m} \\ M_{zu_2} &= -502.35 \text{ Nm} \\ V_{zu_2} &= -1780.32 \text{ N} \\ R_{zu_2} &= 3461.78 \text{ N} \end{aligned}$$

■ 2.3.2 - Détermination des efforts sous la charge ponctuelle Q_3

Les formules donnant le moment fléchissant, l'effort tranchant et la réaction d'appui sont extraites du formulaire de résistance des matériaux.

$$\begin{aligned} M_{zu_3} &= - (1.35 G_0 * l^2 / 9.5 + 1.6 Q_3 * l / 6.75) \\ V_{zu_3} &= - (1.35 G_0 * l / 1.65 + 1.6 Q_3) \\ R_{zu_3} &= 1.35 (1.132 G_0 l) + 1.6 (Q_3) \end{aligned}$$

▫ Cas de l'exemple traité

La combinaison de calcul donne comme résultat :

$$\begin{aligned} \text{avec } l = 1.5 \text{ m et} \quad G_0 &= 236 \text{ N/m} \\ Q_3 &= 1000 \text{ N} \\ M_{zu_3} &= -431.01 \text{ Nm} \\ V_{zu_3} &= -1889.64 \text{ N} \\ R_{zu_3} &= 2140.98 \text{ N} \end{aligned}$$

■ 2.3.3 - Détermination des contraintes

Les contraintes sont exprimées en valeur absolue.

$$\begin{aligned} M_{zu} &= \text{Max} (| (M_{zu_2})| ; | (M_{zu_3}) |) = 502.35 \text{ Nm} \\ V_{zu} &= \text{Max} (| (V_{zu_2})| ; | (V_{zu_3}) |) = 1889.64 \text{ N} \\ R_{zu} &= \text{Max} (| (R_{zu_2})| ; | (R_{zu_3}) |) = 3461.78 \text{ N} \\ \sigma_{\text{sup}} &= M_{zu} * w_y / I_{zz'} \leq \sigma_e && 25.40 \text{ MPa} < 240 \text{ MPa} \\ \sigma_{\text{inf}} &= M_{zu} * v_y / I_{zz'} \leq \sigma_e && 31.79 \text{ MPa} < 240 \text{ MPa} \\ \tau &= V_u * S_1 / (I_{zz'} * 2ep) < 0.6 * c && \tau = 6.07 \text{ MPa} < 144 \text{ MPa} \\ \text{fibre sup} &\sqrt{\sigma_{\text{sup}}^2 + 3\tau^2} = && 27.50 \text{ MPa} < 240 \text{ MPa} \\ \text{fibre inf} &\sqrt{\sigma_{\text{inf}}^2 + 3\tau^2} = && 33.48 \text{ MPa} < 240 \text{ MPa} \end{aligned}$$

■ 2.4 - CONCLUSION

Sous les efforts horizontaux et verticaux définis dans la norme XP P 98.405, la lisse du garde corps S8 est largement dimensionnée.

3 - VÉRIFICATION DE L'ATTACHE DE LA LISSE SUR LE MONTANT

■ 3.1 - HYPOTHÈSES DE CALCUL

■ 3.1.1 - Vérification de la soudure

La norme NF P 22.470 (§ 9) précise les conditions de justification des soudures, ces conditions sont rappelées dans le § 1.4.1.1d de cette annexe.

■ 3.1.2 - Matériau

Le cordon de soudure doit être continu. **Le trou évent nécessaire à la galvanisation doit se situer en dehors du cordon de soudure.**

Le coefficient minorateur K est fonction de la nuance de l'acier défini par la norme NF P 22.470.

Nota : Dans le cas d'un garde corps constitué d'aluminium, le soudage modifie les propriétés du matériau. Il conviendra de se rapprocher des règles AL § 6.3.

■ 3.1.3 - Dimensions des soudures

Le cordon de soudure ayant une épaisseur supérieure ou égale à l'épaisseur du montant, les dimensions de la soudure seront prises égales à celles du montant.

■ 3.1.4 - Efforts à prendre en compte

Les charges à prendre en compte sont celles définies dans la Norme XP P 98.405.

Les actions dues aux charges horizontale et verticale sur la lisse génèrent des moments et des efforts tranchants à transmettre et à attacher sur les montants du garde corps.

- sous charges horizontales M_{u1} et V_{u1} ,
- sous charges verticales M_{u2} ou M_{u3} et V_{u2} ou V_{u3} .

Les efforts M_{u1} et V_{u1} dus à l'action de la charge horizontale sur la lisse se décomposent :

- en un effort de torsion dans la soudure d'attache (T_u),
- en un effort tranchant dans la soudure d'attache (V_u).

Les efforts M_{u2} ou M_{u3} et V_{u2} ou V_{u3} dus aux charges verticales sur la lisse se décomposent :

- en un moment fléchissant dans la soudure d'attache (M_u),
- en un effort normal dans la soudure d'attache (N_u).

Deux cas sont à envisager : le premier consiste à charger d'un côté du montant, le second à charger des deux côtés du montant.

3 - VÉRIFICATION DE L'ATTACHE DE LA LISSE SUR LE MONTANT PAR SOUDURE

3.1 - HYPOTHÈSES DE CALCUL

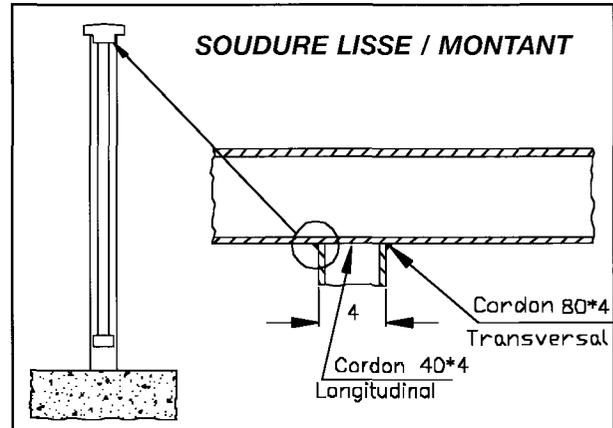
3.1.1 - Vérification de la soudure

Dans le cas d'un montant non chanfreiné, la vérification est conduite comme ci-après au § 3.2.

3.1.2 - Matériau

Nuance de l'acier S235JR

Le coefficient minorateur K est égal à 0.7.



3.1.3 - Dimensions des soudures

Largeur de la racine de la soudure $a = 0.004$ m
 Largeur (sens longitudinal garde corps) larg = 0.04 m
 Longueur (sens transversal garde corps) long = 0.08 m
 Périmètre moyen = $2 * ((Larg - a) + (long - a)) = 0.224$ m

3.1.4 - Efforts à prendre en compte

$Q_1 = 1250$ N/m pour $b = 1.5$ m
 $Q_2 = 1000$ N/m
 $Q_3 = 1000$ N en tout point

L'action des charges verticales ou horizontales est décomposée en deux cas élémentaires :

cas 1) - Charge disposée à droite ou à gauche du montant,

cas 2) - Charge disposée de part et d'autre du montant.

Par excès, il a été considéré que les efforts M_u , V_u et N_u pour des charges disposées d'un côté du montant étaient identiques à ceux donnés pour des charges disposées de part et d'autre du montant :

Soit sous l'action des charges horizontales sur la lisse (voir § 2.2.2) :

donné par	Cas 1			Cas 2		
	T_u (Nm)	N_u (N)	V_u (N)	T_u (Nm)	N_u (N)	V_u (N)
My_{u1}			Vy_{u1}			Ry_{u1}
	535.71	0	1863.35	0	0	3651

Soit sous l'action des charges verticales sur la lisse voir (§ 2.3.3) :

donné par	Cas 1			Cas 2		
	M_u (Nm)	N_u (N)	V_u (N)	M_u (Nm)	N_u (N)	V_u (N)
$Mz_{u2}; Mz_{u3}$		$Vz_{u2}; Vz_{u3}$			$Rz_{u2}; Rz_{u3}$	
	502.35	1889.64	0	0	3461.78	0

■ 3.2 - VÉRIFICATION DES SOUDURES

■ 3.2.1 - Contraintes sous charges verticales

L'effort normal N_u se répartit uniformément entre tous les cordons. Le moment fléchissant M_u est repris par les cordons transversaux.

■ 3.2.1.1 - Cordon de soudure transversal $0.08 * 0.004$ (σ_{\perp} et τ_{\perp})

La formule de vérification est extraite de la norme NF P 22.470.

■ 3.2.1.2 - Cordon longitudinal $0.04 * 0.004$ (σ_{\perp} et τ_{\parallel})

La formule de vérification est extraite de la norme NF P 22.470.

■ 3.2.2 - Contraintes sous charge horizontale

■ 3.2.2.1 - Cordon de soudure longitudinal $0.04 * 0.004$ (τ_{\parallel})

L'effort tranchant V_u est repris par les cordons transversaux.

L'effort de torsion T_u se répartit uniformément entre tous les cordons.

$$t = T_u / (2 * a * \omega) \quad \text{Torsion } T_u$$

■ 3.2.2.2 - Cordon transversal $0.08 * 0.004$ (τ_{\perp} et τ_{\parallel})

$$\tau_1 = T_u / (2 * a * \Omega) \quad \text{Torsion } T_u$$

$$\tau_2 = V_u / (2 * \text{long} * a) \quad \text{Tranchant } V_u$$

$$\tau = \tau_1 + \tau_2$$

■ 3.2 - VÉRIFICATION DES SOUDURES

■ 3.2.1 - Contraintes sous charges verticales

■ 3.2.1.1 - Cordon de soudure transversal 0.08 * 0.004 (σ_{\perp} et τ_{\perp})

Le moment fléchissant M_u produit un effort normal N_u' dans les soudures transversales.
 $\Rightarrow N_u' = M_u / (2 * h)$ avec $h = larg - a = 0.036$ m

cas 1 $M_u = 502.35$ Nm
 $N_u' = 6977.12$ N
 $N_u = 1889.64$ N

ou cas 2 $M_u = 0$ Nm
 $N_u' = 0$ N
 $N_u = 3461.78$ N

$$K * \sqrt{2} * (Nu / \Sigma(ai * li) + (Nu' / \Sigma(ai * li))) \leq \sigma e$$

$$\Sigma(ai * li) = \text{Périmètre moyen} * a = 0.000896 \text{ m}^2$$

$$\Sigma(ai * li)' = \text{long} * a = 0.00032 \text{ m}^2$$

	$K * \sqrt{2} * ((Nu / S(ai * li) + (Nu' / S(ai * li)))$		$K * \sqrt{2} * ((Nu / S(ai * li) - (Nu' / S(ai * li)))$	
cas 1	23.67	MPa	cas 1	-19.50 MPa
cas 2	3.82	MPa	cas 2	3.82 MPa
se	240	MPa	se	240 MPa

■ 3.2.1.2 - Cordon longitudinal 0.04 * 0.004 (σ_{\perp} , τ_{\parallel})

$N_u = 3461.78$ N
 $V_u = 0$ N

$$K * \sqrt{2 * (Nu / \Sigma(ai * li))^2 + 3 * (Vu' / \Sigma(ai * li))^2} \leq \sigma e$$

$$\Sigma(ai * li) = 2 * Larg * a = 0.00032 \text{ m}^2$$

La formule conduit à : 3.82 < 240 MPa

■ 3.2.2 - Contraintes sous charge horizontale

■ 3.2.2.1 - Cordon de soudure longitudinal 0.04 * 0.004 (τ_{\parallel})

$T_u = 535.71$ Nm

$\tau_1 = T_u / (2 * a * \Omega)$ contrainte due à la torsion
 avec $a = 0.004$ m et une section de $\Omega = 0.002736$ m²
 $\tau_1 = 24.48$ MPa

■ 3.2.2.2 - Cordon transversal 0.08 * 0.004 (τ_{\perp} , τ_{\parallel})

Cas 1		Cas 2	
T_u	535.71		0
V_u	1863.35		3651
Vis-à-vis de la torsion			
$t_1 - 1 = T_u / (2 * a * \omega)$	24.48	$t_1 - 2 = T_u / (2 * a * \omega)$	0.00
Vis-à-vis de l'effort tranchant			
$t_2 - 1 = V_u / (2 * long * a)$	2.91	$t_2 - 2 = V_u / (2 * long * a)$	5.70
$t = t_1 + t_2$	27.39	$t = t_1 + t_2$	5.70
valeur limite 0.6 se	144	valeur limite 0.6 se	144

■ 3.3 - CONCLUSION

La soudure d'attache lisse-montant du garde corps est largement dimensionnée pour reprendre les efforts générés par les charges horizontales et verticales sur la lisse.

4 - VÉRIFICATION DU MONTANT

■ 4.1 - HYPOTHÈSES DE CALCUL

Efforts en pied de montant

Les charges à prendre en compte sont celles définies dans la Norme XP P 98.405.

Les actions dues aux charges horizontales et verticales sur la lisse génèrent des moments et des efforts tranchants à transmettre à l'ancrage par les montants du garde corps.

En tête du montant est appliqué un effort R_u dû à la charge horizontale prépondérante par rapport aux charges verticales.

Cet effort produit en pied de montant un moment fléchissant M_u et un effort tranchant V_u .

Conditions sur le matériau

Les contraintes doivent satisfaire aux inégalités suivantes vis à vis :

- des contraintes normales $\sigma \leq \sigma_e$
- des contraintes tangentielles $\tau \leq 0.6 * \sigma_e$
- des contraintes en flexion simple $\sigma^2 + 3\tau^2 \leq \sigma_e^2$
- de la flèche $f < \text{Haut}/200$

■ 4.2 - DÉTERMINATION DES CONTRAINTES

Le moment M_u servant au calcul des contraintes est le moment dû à la charge répartie Q_1 .

L'effort tranchant V_u servant au calcul des contraintes est l'effort dû à la charge répartie Q_1 .

■ 4.3 - FLÈCHE

La flèche horizontale de la main courante des garde-corps sous l'effet de la charge Q_1 est limitée à ($\text{Haut}/200$). Elle est calculée à l'ELS.

4 - VÉRIFICATION DU MONTANT

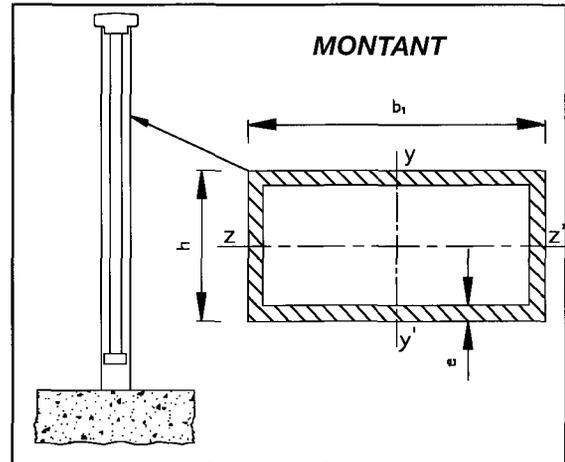
4.1 - HYPOTHÈSES DE CALCUL

Efforts en pied de montant voir § 2.2.2

$$\begin{aligned} M_u &= 3651 \text{ Nm} = 3.65\text{E-}03 \text{ MNm} \\ N_u &= 0 \text{ N} = 0 \text{ MN} \\ V_u &= 3651 \text{ N} = 3.65\text{E-}03 \text{ MN} \end{aligned}$$

Caractéristiques du montant

$$\begin{aligned} \text{Transversalement } b_1 &= 0.08 \text{ m} \\ v_z = w_z &= 0.04 \text{ m} \\ \text{Longitudinalement } h_1 &= 0.04 \text{ m} \\ \text{Épaisseur } = e &= 0.004 \text{ m} \\ \text{Hauteur } = \text{haut} &= 1 \text{ m} \end{aligned}$$



$$\begin{aligned} \text{Inertie} \quad I_{yy'} &= h_1 b_1^3 / 12 - ((h_1 - 2e) * (b_1 - 2e)^3 / 12) = 7.1134\text{E-}07 \text{ m}^4 \\ \text{Section} \quad S_x &= h_1 b_1 - ((h_1 - 2e) * (b_1 - 2e)) = 0.000896 \text{ m}^2 \\ \text{Moment statique cdg / } yy' \quad S &= e * b_1^2 / 4 + e * (h_1 - 2e) * (b_1 - e) / 2 = 1.1264\text{E-}05 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Conditions sur le matériau

Le module d'élasticité est pris égal à : $E = 210000 \text{ MPa}$

$$\text{Acier S235 JR} \quad \sigma \leq \sigma_e = 240 \text{ MPa}$$

$$\tau \leq 0.6 * \sigma_e = 144 \text{ MPa}$$

$$\sqrt{\sigma^2 + 3\tau^2} = 240 \text{ MPa}$$

$$\text{La flèche } f < \text{Haut}/200 = 0.005 \text{ m}$$

4.2 - DÉTERMINATION DES CONTRAINTES

$$\sigma_{\text{sup}} = M_z u * w_y / I_{yy'} \leq \sigma_e \quad \sigma_{\text{sup}} = 205.3 \text{ MPa} < 240 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\text{inf}} = M_z u * v_y / I_{yy'} \leq \sigma_e \quad \sigma_{\text{inf}} = 205.3 \text{ MPa} < 240 \text{ MPa}$$

$$\tau = V_u * S / (I_{yy'} * 2e) < 0.6 * \sigma_e \quad \tau = 7.2 \text{ MPa} < 144 \text{ MPa}$$

$$\text{fibre sup } \sqrt{\sigma^2 + 3\tau^2} = 205.7 \text{ MPa} < 240 \text{ MPa}$$

$$\text{fibre inf } \sqrt{\sigma^2 + 3\tau^2} = 205.7 \text{ MPa} < 240 \text{ MPa}$$

4.3 - FLÈCHE À L'E.L.S.

$$f = 0.00509 \text{ m} < 0.005 \text{ m} \\ (\text{voir } I_{yy'} \text{ et } E \text{ ci-dessus})$$

Condition non satisfaite
Valeur proche

4.4 - CONCLUSION

La vérification du montant sous les charges définies dans la norme XP P 98.405 conduit au respect des conditions sur le matériau.

5 - VÉRIFICATION DE L'ANCRAGE

■ 5.1 - HYPOTHÈSES DE CALCUL COMMUNES AUX DIFFÉRENTS TYPES D'ANCRAGE

Les charges à prendre en compte sont celles définies dans la Norme XP P 98.405.

Les actions dues aux charges horizontales et verticales sur la lisse génèrent des moments et des efforts tranchants à transmettre à l'ancrage par les montants du garde corps.

En tête du montant est appliqué un effort R_u dû à la charge horizontale prépondérante par rapport aux charges verticales.

Cet effort produit en pied de montant un moment fléchissant M_u et un effort tranchant V_u .

■ 5.2 - ANCRAGE NOYÉ DANS LE BÉTON

■ 5.2.1 - Hypothèses de calcul particulières de l'ancrage noyé

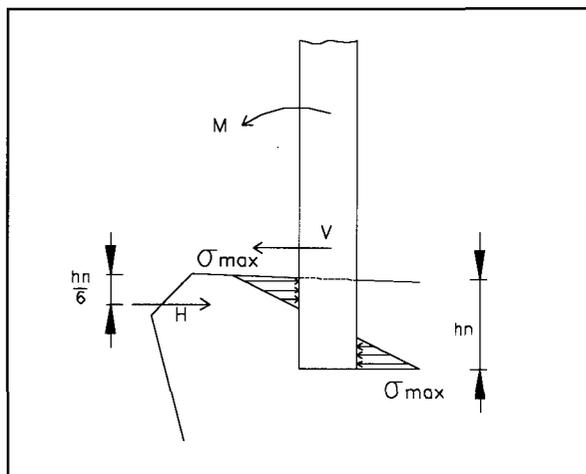
Les efforts à prendre en compte sont ceux définis aux États Limites de Service (E.L.S.).

Matériaux

Béton B25
 $\sigma_{\max} < 0.6 f_{c28}$

■ 5.2.2 - Contrainte de compression

La norme XP P 98.405 indique la valeur de l'effort H à prendre en compte et à équilibrer par la contrainte de béton.



$$H = 3 * M / (2 * hn) + 5 * V / 4$$

5 - VÉRIFICATION DE L'ANCRAGE

■ 5.1 - HYPOTHÈSES DE CALCUL COMMUNES AUX DIFFÉRENTS TYPES D'ANCRAGE

Efforts en pied de montant (voir § 4.1)

$$\begin{array}{llll} M_u = & 3651 & \text{Nm} & \implies 3.65E - 03 \text{ MNm} \\ N_u = & 0 & \text{N} & \implies 0 \text{ MN} \\ V_u = & 3651 & \text{N} & \implies 3.65E - 03 \text{ MN} \end{array}$$

Dimensions du montant (voir § 4.1)

$$\begin{array}{ll} \text{Transversalement } b_1 = & 0.08 \text{ m} \\ \text{Longitudinalement } h_1 = & 0.04 \text{ m} \\ \text{Épaisseur } e = & 0.004 \text{ m} \end{array}$$

■ 5.2 - ANCRAGE NOYÉ DANS LE BÉTON

■ 5.2.1 - Hypothèses de calcul particulières de l'ancrage noyé

Dimensions du montant

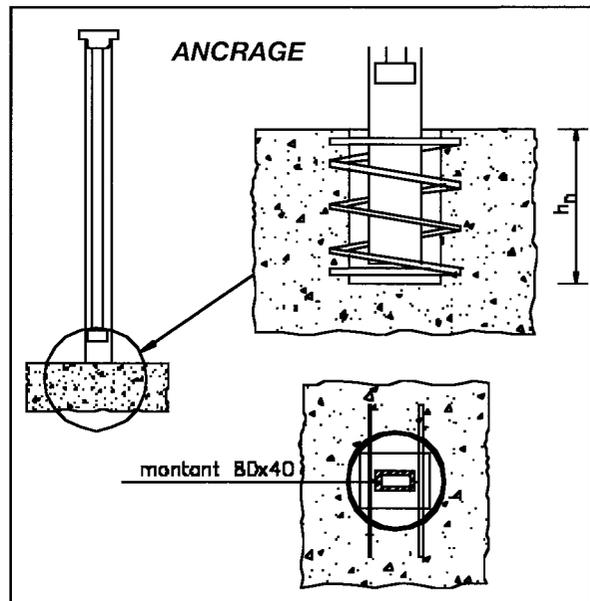
Hauteur noyée $h_n = 0.2 \text{ m}$

Efforts en pied de montant

$$\begin{array}{ll} M_{\text{ser}} = & M_u / 1.35 \\ N_{\text{ser}} = & N_u / 1.35 \\ V_{\text{ser}} = & V_u / 1.35 \\ \\ M_{\text{ser}} = & 2.70E - 03 \text{ MNm} \\ N_{\text{ser}} = & 0 \text{ MN} \\ V_{\text{ser}} = & 2.70E - 03 \text{ MN} \end{array}$$

Matériaux

$$\begin{array}{ll} \text{Béton B25} & F_{c28} = 25 \text{ MPa} \\ \sigma_{\text{max}} < 0.6 f_{c28} & \implies \sigma_{\text{max}} = 15 \text{ MPa} \end{array}$$



■ 5.2.2 - Vérification de la contrainte de compression

$$\begin{array}{l} H = (\sigma_{\text{max}} * h_1 * h_n / 2) / 2 \\ \sigma_{\text{max}} = 4 * H / (h_1 * h_n) \end{array}$$

D'après la norme XP P 98.405 $H = 3 * M / (2 * h_n) + 5 * V / 4$

$$\begin{array}{ll} H = & 0.0237 \text{ MN} \\ \sigma_{\text{max}} = & 11.83 \text{ MPa} < 15 \text{ MPa} \end{array}$$

■ 5.2.3 - Conclusion

La vérification de l'ancrage du montant noyé dans le béton sous les charges définies dans la norme XP P 98.405 conduit au respect de la contrainte de compression du béton.

■ 5.3 - ANCRAGE PAR TIGES DE SCÈLEMENT (AVEC PLATINE)

■ 5.3.1 - Hypothèses de calcul particulières de l'ancrage par tiges de scellement

Matériaux

a) La condition de sécurité, relative aux boulons ordinaires, déterminée à partir de la contrainte dans la vis en prenant la section résistante de la vis à fond de filet, doit respecter l'équation suivante :

$$\sigma < 0.8 \sigma_e$$

Cette condition peut aussi s'écrire comme ci-après :

$$\sigma = N_u / A_{red} \leq 0.8 \sigma_e = f_{su1}$$

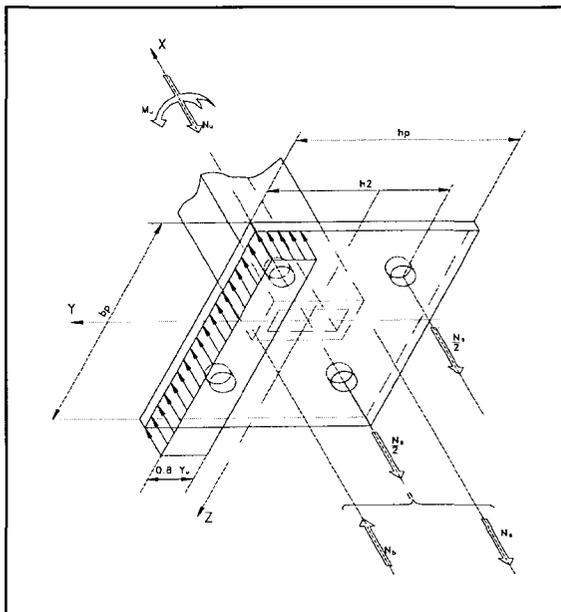
- A_{red} = Section résistante de la vis à fond de filet,
- N_u = Effort normal de traction aux États Limites Ultimes,
- f_{su1} = Résistance du matériau,
- σ_e = Limite d'élasticité du matériau.

b) Par ailleurs la résistance du matériau est limitée par la condition sur la longueur de scellement de la partie lisse ancrée dans le béton. La hauteur du trottoir doit être suffisante. Cette condition est vérifiée dans le paragraphe 5.3.3.1 et est rappelée ci-après.

$$l_{sc} = (\theta * f_{su}) / (4 * \tau_{su}) * 0.6 \implies l_{sc} * 4 * \tau_{su} / 0.6/\theta = f_{su2}$$

- l_{sc} = longueur de scellement pour un ancrage courbe
- \varnothing = diamètre de la barre
- τ_{su} = Contrainte d'adhérence ultime
- f_{su2} = Résistance du matériau

■ 5.3.2 - Détermination de la section d'acier ancrée dans le béton



Les valeurs de N_u et M_u sont rapportées au centre de gravité des aciers tendus.

La platine est dimensionnée au chapitre 6 de cette annexe.

■ 5.3 - ANCRAGE PAR TIGES DE SCELLEMENT (AVEC PLATINE)

■ 5.3.1 - Hypothèses de calcul particulières de l'ancrage par tiges de scellement

Dimensions de la platine (Voir chapitre 6)

Largeur platine $b_p = 0.2$ m
 Hauteur platine $h_p = 0.2$ m
 Distance tiges/bord comprimé $h_2 = 0.16$ m
 Diamètre du trou de fixation $d = 0.02$ m

Matériaux

Diamètre des tiges = 0.014 m
 A (section de la tige) = 0.00015394 m²
 A_{red} (section de la tige filetée) = 0.00011544 m²
 ==> voir norme NF E 03-014

Béton B25 $F_{c28} = 25$ MPa $\gamma_b = 1.5$
 $f_{bu} = 17.71$ MPa $\theta = 0.8$
 Tiges Fe E360 $\sigma_e = 240$ MPa
 Ainsi pour un acier S235 (Fe E360 ou E24)

$$f_{su1} = 0.8 \sigma_e \quad f_{su1} = 192.00 \text{ MPa}$$

La hauteur disponible prise à 20 cm pour disposer l'ancrage (voir § 5.3.3) conduit à une contrainte limitée de :

$$f_{su2} = 120.00 \text{ MPa}$$

La résistance du matériau est prise égale à la plus petite valeur de f_{su1} et f_{su2}

$$f_{su} \text{ Mini } (f_{su1}, f_{su2}) = 120.00 \text{ MPa}$$

La loi de Hooke donne : $f_{su} = \epsilon_s E_s$

$$E_s = 210000 \text{ MPa}$$

$$\epsilon_s = 0.00057143$$

■ 5.3.2 - Détermination de la section d'acier ancrée dans le béton

Calcul de μ_u

$$N_{u/A} = 0 \text{ MN}$$

$$M_{u/A} = M_u - N_u (h_2 - h_p / 2) \implies M_{u/A} = 0.003651 \text{ MNm}$$

Profondeur relative de l'axe neutre lorsque l'acier atteint sa limite élastique

$$\alpha_1 = 3.5 / (3.5 + \xi) \quad \alpha_1 = 0.860$$

Moment relatif de référence lorsque l'acier atteint sa limite élastique

$$\mu_1 = 0.8 * \alpha_1 (1 - 0.4\alpha_1) \quad \mu_1 = 0.451$$

Moment relatif ultime

$$\mu_u = M_{u/A} / (b_p * d^2 f_{bu}) \quad \mu_u = 0.0403$$

$$\mu_u < 0.186 \quad \text{pivot béton A}$$

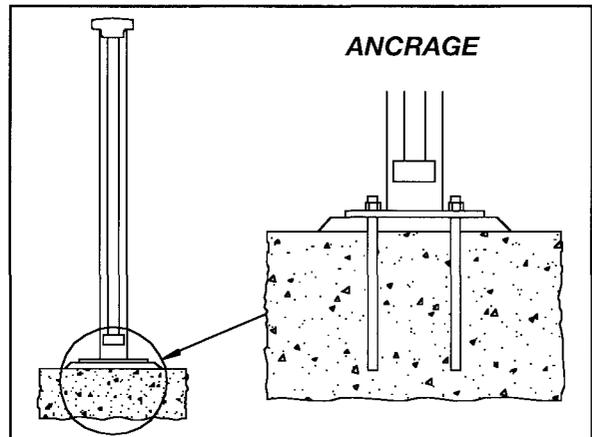
$$0.186 < \mu_u < 0.433 \quad \text{pivot béton B}$$

Profondeur relative de l'axe neutre $\alpha_u = 1.25 \left[1 - \left(\sqrt{1 - 2 * \mu_u} \right) \right] \quad \alpha_u = 0.0514$

$$Z_u = d (1 - 0.4 * \alpha_u) \quad Z_u = 0.1567 \text{ m}$$

$$A_{st} ((M_{u/A} / Z_u) - N_{u/A}) / f_{su} < A_{red}$$

$$A_{st} = 0.00019415 \text{ m}^2 < A_{red} = 0.00023088 \text{ m}^2 \text{ (deux tiges ancrées)}$$



■ 5.3.3 - Détermination de l'ancrage

■ 5.3.3.1 - Détermination de la contrainte f_{su} "d'ancrage"

Voir B.A.E.L. 91 Art A.6.1.2.3 (Adhérence des aciers en barres)

$$\tau_{su} = 0.6 * \psi_s^2 f_{tj}$$

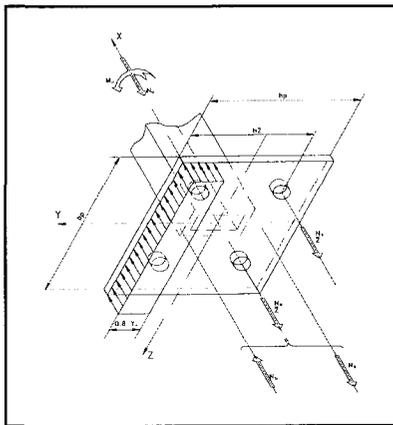
L'hypothèse de la hauteur disponible sur trottoir pour sceller les tiges est à vérifier pour chaque calcul d'un garde-corps.

■ 5.3.3.2 - Détermination de la couture des ancrages

B.A.E.L. 91 Art. A.6.1.2.3.

■ 5.4 - ANCRAGE PAR FIXATIONS SCÉLÉES DANS TROUS FORÉS (AVEC PLATINE)

■ 5.4.1 - Hypothèses de calcul particulières de l'ancrage par fixations scellées dans trous forés



■ 5.4.2 - Détermination de la charge appliquée à la fixation

Les charges à prendre en compte sont celles définies dans la Norme XP P 98.405.

Les actions dues aux charges horizontales et verticales sur la lisse génèrent des moments, efforts tranchants à transmettre à l'ancrage par les montants du garde corps.

En tête du montant est appliqué un effort R_u dû à la charge horizontale prépondérante par rapport aux charges verticales.

■ 5.3.3 - Détermination de l'ancrage

■ 5.3.3.1 - Détermination de la contrainte f_{su} "d'ancrage"

Voir B.A.E.L. 91 Art. A.6.1.2.3.

Par hypothèse, la hauteur disponible sur trottoir pour sceller les tiges par ancrage courbe est de : $h_s = 0.2$ m.

$$\begin{aligned} \theta &= 0.014 \text{ m} & A_s &= 0.00015394 \text{ m}^2 \\ f_{et} &= 120.00 \text{ MPa} \\ f_{tj} &= 0.06 f_{cj} + 0.6 & f_{tj} &= 2.1 \text{ MPa} \\ \psi_s &= 1 \text{ acier lisse} \\ \tau_{su} &= 0.6 * \psi_s^2 f_{tj} & \tau_{su} &= 1.26 \text{ MPa} \end{aligned}$$

Ancrage courbe $l_{sc} = 0.6 l_s$ droite $\implies l_{sc} = (\theta * f_{su}) / (4 * \tau_{su}) * 0.6 \implies f_{su2} = 120.00 \text{ MPa}$

Vérification de l'hypothèse sur la hauteur disponible sur trottoir pour sceller les tiges.

Longueur de scellement droit : $l_s = (\theta * f_{su}) / (4 * \tau_{su})$ $l_s = 0.333 \text{ m}$ acier lisse

Longueur de scellement par ancrage courbe : $l_s = 0.6 l_s$ droite $l_s = 0.200 \text{ m}$ acier lisse

■ 5.3.3.2 - Détermination de la couture des ancrages

B.A.E.L. 91 Art. A.6.1.2.3.

$$\Sigma A_t * f_{et} \geq A_s * f_{su} \quad \Sigma A_t \geq 0.00015394 \text{ m}^2$$

■ 5.3.4 - Conclusion

L'ancrage est correctement dimensionné.

■ 5.4 - ANCRAGE PAR FIXATIONS SCÉLÉES DANS TROUS FORÉS (AVEC PLATINE)

■ 5.4.1 - Hypothèses de calcul particulières de l'ancrage fixations scellées dans des trous forés

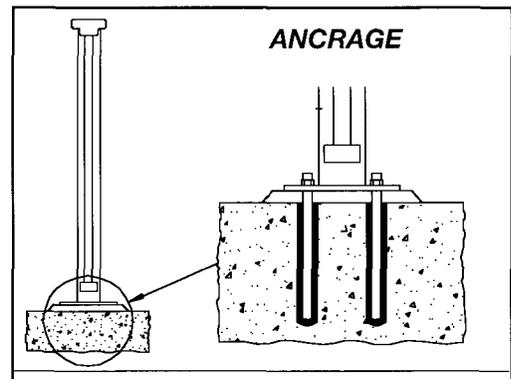
Dimensions de la platine (voir chapitre 6)

Largeur $b_p = 0.2$ m
hauteur $h_p = 0.2$ m

diamètre des fixations = 0.016 m
diamètre de perçage des fixations $d = 0.018$ m
(voir catalogue constructeur)

Matériaux

$$\begin{aligned} \text{Béton B25} & & f_{c28} &= 25 \text{ MPa} \\ \gamma_b &= 1.5 & \theta &= 0.8 \\ f_{bu} &= 0.85 f_{c28} / \gamma_b / \theta & f_{bu} &= 17.71 \text{ MPa} \end{aligned}$$



■ 5.4.2 - Détermination de la charge appliquée à la fixation

$$\begin{aligned} M_u &= 3.65E - 03 \text{ MNm} & \text{voir } \S \text{ D.1} \\ N_u &= 0 \text{ MN} & \text{voir } \S \text{ D.1} \\ V_u &= 3.65E - 03 \text{ MN} & \text{voir } \S \text{ D.1} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Entraxe Transversal} & & d_1 &= b_p - 4d \implies d_1 = 0.128 \text{ m} \\ \text{Entraxe Longitudinal} & & d_2 &= h_p - 4d \implies d_2 = 0.128 \text{ m} \end{aligned}$$

Cet effort produit en pied de montant un moment fléchissant M_u et un effort tranchant V_u .

L'effort de traction dans la fixation est déterminé par l'équation de l'équilibre des forces en tout point.

$$M_u = F_{ult} * d_2 \quad \text{=====>} \quad \begin{array}{l} F_{ult} = M_u / d_2 - N_u \\ V_{ult} = V_u \text{ effort en pied de montant} \end{array}$$

■ 5.4.3 - Choix de la fixation

Lire attentivement les cahiers des charges des constructeurs ou fournisseurs.

La résistance du béton des cahiers des charges est donnée vis à vis d'éprouvettes cylindriques. On veillera à utiliser la contrainte caractéristique du béton telle qu'elle est définie dans le B.A.E.L.

Détermination de la force résultante

$$F_{ult}^2 + V_{ult}^2 = R_{ult}^2 \quad \text{====>} \quad \text{Tg}\alpha = V_{ult} / F_{ult}$$

α est l'inclinaison de la résultante par rapport à l'axe de la fixation.

Il s'agit d'une résultante dite :

de traction lorsque	$0 < \alpha < 30^\circ$
oblique lorsque	$30 < \alpha < 60^\circ$
de cisaillement lorsque	$60 < \alpha < 90^\circ$

A partir de la résistance f_{c28} lire la résistance de béton du cahier des charges.

f_{c28} en MPa =====> Résistance catalogue (résistance moyenne sur éprouvettes cylindriques)

Les coefficients sont donnés dans les tableaux des catalogues vis-à-vis :

- du bord libre transversal ;
- du bord libre longitudinal ;
- de l'espacement.

La charge limite de service indiquée dans les catalogues est non pondérée. Pour obtenir la charge limite ultime, il convient d'appliquer les coefficients correcteurs ci-dessus et la pondération de 1.33 correspondant au rapport elu/els donné par le catalogue du fournisseur de la fixation.

$$F_{ult} \text{ catalogue} = 1.33 * (\text{coef trans} * \text{coef long} * \text{coef espace}) * \text{charge limite de service catalogue}$$

L'effort de traction dans la fixation est déterminé par l'équation de l'équilibre des forces en tout point.
Soit un effort : $N_{uf} = N_u + - (M_u / d_2)$

$$\begin{aligned} N_{uf1} &= N_u + (M_u / d_2) \\ N_{uf2} &= N_u - (M_u / d_2) \end{aligned}$$

Compression, pas de vérification de la fixation
Traction, vérification de la fixation

$$N_{uf2} = - 0.02852344 \text{ MN}$$

■ 5.4.3 - Choix de la fixation

Lire attentivement les cahiers des charges des fournisseurs.

La vérification s'effectue à partir des cahiers des charges des sociétés. On veillera à utiliser la contrainte caractéristique du béton telle qu'elle est définie dans le B.A.E.L.

Détermination de la force résultante R_u

$$\begin{aligned} N_{uf2}^2 + V_u^2 &= R_u^2 & \text{avec} & \quad \text{Tg}\alpha = V_u / N_{uf2} \\ \alpha &= -7.29 & \implies & \quad \text{il s'agit d'une résultante de traction } 0 < \alpha < 30^\circ \end{aligned}$$

$$R_u = 0.02875615 \text{ MN}$$

La charge sera reprise par des fixations au nombre de : 2

$$\begin{aligned} \text{Soit pour une fixation :} \quad N_u &= 0.01426 \text{ MN} \\ \text{ou } N_u &= 14.26 \text{ kN} \end{aligned}$$

Les valeurs des coefficients ci-après ne sont pas contractuelles (et on peut avoir intérêt à les rendre contractuelles dans le CCTP).

A partir de la résistance f_{c28} lire la résistance de béton du cahier des charges.

f_{c28} en MPa \implies Résistance catalogue (résistance moyenne sur éprouvettes cylindriques)
 \implies Résistance catalogue = 23 MPa pour $f_{c28} = 25 \text{ MPa}$

Les coefficients sont lus dans le catalogue vis-à-vis :

- du bord libre transversal 1
- du bord libre longitudinal 1
- de l'espacement 0.85 car $d_1 = 0.128 \text{ m}$

La charge limite de service (non pondérée) catalogue est : 19.2 kN

$$F_{ult} \text{ catalogue} = 1.33 * (\text{coef trans} * \text{coef long} * \text{coef espace}) * \text{charge limite catalogue}$$

$$F_{ult} \text{ catalogue} = 21.71 \text{ kN} > 14.26 \text{ kN}$$

■ 5.4.4 - Conclusion

L'ancrage est correctement dimensionné.

■ 5.5 - CONCLUSION GÉNÉRALE SUR L'ANCRAGE

L'ancrage du montant dans le béton est assuré tant pour :

- un ancrage noyé de 0.20 m de hauteur dans le béton,
- des tiges de scellement d'un diamètre de 14 mm,
- des fixations scellées de $\varnothing 16 \text{ mm}$ dans des trous forés.

6 - VÉRIFICATION DE LA PLATINE

■ 6.1 - VÉRIFICATION DE LA SOUDURE D'ATTACHE DU MONTANT SUR LA PLATINE

■ 6.1.1 - Hypothèses de calcul pour la vérification de la soudure d'angle

Les charges à prendre en compte sont celles définies dans la Norme XP P 98.405.

Les actions dues aux charges horizontales et verticales sur la lisse génèrent des moments et des efforts tranchants à transmettre à l'ancrage par les montants du garde corps.

En tête du montant est appliqué un effort R_u dû à la charge horizontale prépondérante par rapport aux charges verticales. Cet effort amène en pied de montant un moment fléchissant M_u et un effort tranchant V_u à attacher sur la platine par la soudure.

■ 6.1.2 - Vérification de la soudure d'angle

La norme NF P 22.470 (§ 9) précise les conditions de justification des soudures (voir § A.2.d).

Le cordon de soudure doit être continu. **Le trou évent nécessaire à la galvanisation doit se situer en dehors du cordon de soudure.**

Le moment fléchissant M_u est repris par les cordons longitudinaux.

L'effort tranchant V_u est repris par les cordons transversaux.

a) Cordon longitudinal $0.04 * 0.004$

La formule de vérification est extraite de la norme NF P 22.470.

b) Cordon transversal $0.08 * 0.004$

La formule de vérification est extraite de la norme NF P 22.470.

Nota : Si le poteau est rigide à la torsion, il conviendra de le vérifier sous cette condition.

6 - VÉRIFICATION DE LA PLATINE

6.1 - VÉRIFICATION DE LA SOUDURE D'ATTACHE DU MONTANT SUR LA PLATINE

6.1.1 - Hypothèses de calcul

Efforts à prendre en compte

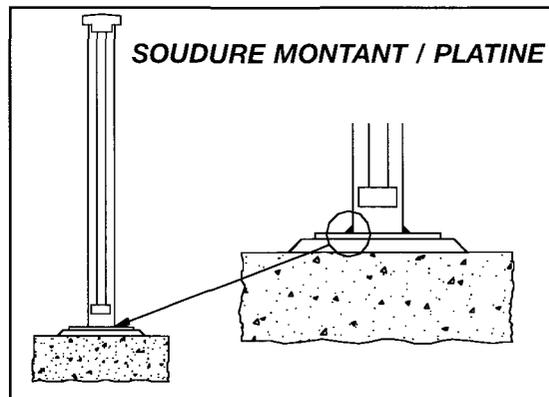
$$\begin{array}{lcl} M_u = 3651 \text{ Nm} = 3.65\text{E} - 03 \text{ MNm} \\ N_u = 0 \text{ N} = 0 \text{ MN} \\ V_u = 3651 \text{ N} = 3.65\text{E} - 03 \text{ MN} \end{array}$$

Dimensions du montant voir § 4.1

$$\begin{array}{lcl} \text{Transversalement} & b_1 = & 0.08 \text{ m} \\ \text{Longitudinalement} & h_p = & 0.04 \text{ m} \\ \text{Largeur cordon de soudure} = e & = & 0.004 \text{ m} \end{array}$$

Dimensions des soudures

$$\begin{array}{lcl} \text{Largeur de la racine de la soudure } a = & & 0.005 \text{ m} \\ \text{Largeur (sens longitudinal garde corps) } larg = & & 0.04 \text{ m} \\ \text{Longueur (sens transversal garde corps) } long = & & 0.08 \text{ m} \\ \text{Périmètre moyen} = ((Larg - a) + (long - a) * 2) = & & 0.22 \text{ m} \end{array}$$



6.1.2 - Vérification de la soudure

a) Cordon longitudinal 0.04 * 0.004

$$N_u' = M_u / h_3 \quad \text{avec } h_3 = long - a = 0.076 \text{ m}$$

$$N_u' = 0.04803947 \text{ MN}$$

$$K * \sqrt{2} * [Nu / \Sigma(ai * li) \pm Nu' / \Sigma(ai * li)'] \leq \sigma_e$$

$$K = 0.7 \quad \text{pour S235}$$

$$\Sigma(ai * li) \text{ à périmètre moyen} * a = 0.0011 \text{ m}^2$$

$$\Sigma(ai * li)' = larg * a = 0.0002 \text{ m}^2$$

La formule conduit à : $237.78 < \sigma_e = 240 \text{ MPa}$

b) Cordon transversal 0.08 * 0.004

$$K * \sqrt{2 * [Nu / \Sigma(ai * li)]^2 + 3 * [Vu' / \Sigma(ai * li)]^2} \leq \sigma_e$$

$$\Sigma(ai * li)'' = 2 * long * a = 0.0008 \text{ m}^2$$

La formule conduit à : $5.53 < \sigma_e = 240 \text{ MPa}$

6.1.3 - Conclusion

La vérification de la soudure du montant sur une platine sous les charges définies dans la norme XP P 98.405 conduit au respect des conditions sur les soudures.

■ 6.2 - VÉRIFICATION DE LA PLATINE

■ 6.2.1 - Dimensions de la platine

La distance entre boulons doit être comprise entre 3 et 5 diamètres. Les distances au bord libre doivent être comprises :

- sens perpendiculaire à l'effort ==> entre 1.5 et 2.5 diamètres,
- sens parallèle à l'effort ==> entre 2 et 2.5 diamètres.

La distance à une paroi doit être inférieure à 4 diamètres.

■ 6.2.2 - Vérification du béton sous la platine

Les équations qui permettent de déterminer les contraintes dans le béton ou l'acier sont du deuxième degré. En effet, sous les charges horizontales ou verticales, la platine est soumise soit à un effort tranchant et un moment fléchissant soit à un effort normal.

Ces équations de dimensionnement sont extraites du cours de M. J.R. ROBINSON.

Lorsque le montant du garde corps est incliné et la charge verticale prépondérante les équations de résolution sont du troisième degré. Si un tel cas survenait, il conviendrait de se reporter par exemple au cours de M. J.R. ROBINSON ou tout autre cours de béton armé pour résoudre les dites équations ou de vérifier les contraintes à l'aide d'un programme de béton armé aux E.L.S.

7 - VÉRIFICATION DE LA SOUS LISSE

7.1 - HYPOTHÈSES DE CALCULS

Les efforts à prendre en compte sont définis dans la Norme XP P 98.405.

Charges verticales

Une charge concentrée $Q_3 = 1000$ N est susceptible d'être appliquée en tout point sur tout élément non vertical du garde-corps.

Combinaison d'actions

E.L.U. $1.32 G_0 + 1.6 Q_3$

G_0 Charges permanentes
 Q_3 Charge de calcul verticale

Conditions sur le matériau

Les contraintes doivent satisfaire aux inégalités suivantes :

- contraintes normales $\sigma \leq \sigma_e$
- contraintes tangentielles $\tau \leq 0.6 * \sigma_e$
- contraintes complexes en flexion simple $\sigma^2 + 3\tau^2 \leq \sigma_e^2$

7.2 - VÉRIFICATION DE LA SOUS LISSE SOUS CHARGES VERTICALES

La valeur de la charge permanente est prise égale à celle définie par le fournisseur.

Pour le calcul du moment ou de l'effort tranchant, on considérera que la lisse du garde corps est appuyée aux deux extrémités.

7.2.1 - Détermination des efforts sous la charge concentrée Q_3

Le moment vaut : $M_u = \gamma_1 p l^2 / 8 + \gamma_2 q l / 4$
 L'effort tranchant vaut : $V_u = \gamma_1 p l / 2 + \gamma_2 q / 2$

avec p = charge uniformément répartie au ml de poids propre,
 q = charge concentrée de surcharges de type Q_3 ,
 l = portée entre deux montants,
 γ_1, γ_2 = coefficients de sécurité des Directives Communes.

7.2.2 - Détermination des contraintes

$$\sigma = M_u * v / I \leq \sigma_e$$

$$\tau = V_u * S / (I * b_2) < 0.6 * \sigma_e$$

$$\sqrt{(\sigma^2 + 3\tau^2)} \leq \sigma_e$$

7 - VÉRIFICATION DE LA SOUS LISSE

7.1 - HYPOTHÈSES DE CALCULS

Les efforts à prendre en compte sont définis dans la Norme XP P 98.405

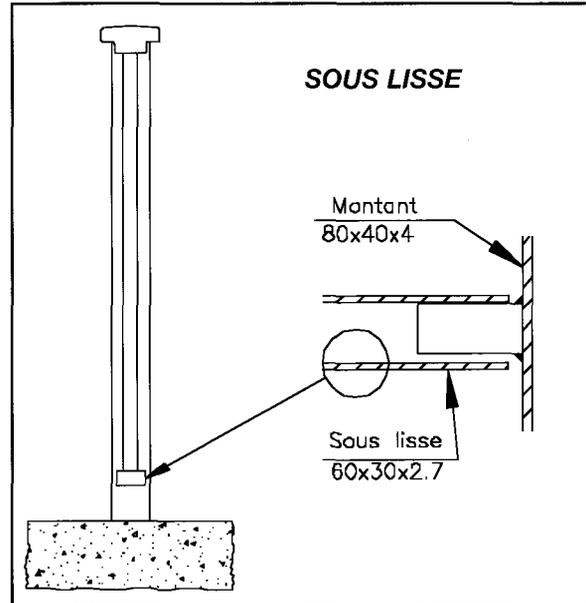
Charges verticales $Q_3 = 1000$ N en tout point

Caractéristiques de la lisse

Portée	$l = 1.5$	m
Tube		
largeur	$b_2 = 0.06$	m
hauteur	$h_4 = 0.03$	m
épaisseur	$e = 0.0027$	m
Section	$S_x = 4.57E - 04$	m ²
Inerties	$I = 6.73E - 08$	m ⁴
Bras de levier	$v = 1.50E - 02$	m
	$w = 1.50E - 02$	m
Moment Statique	$S = 2.62E - 06$	m ³

Conditions sur le matériau :
D'après la norme NF EN 10025
en vigueur l'acier sera un **S235 JR**

$$\begin{aligned} \sigma &\leq \sigma_e = 240 \text{ MPa} \\ \tau &\leq 0.6 * \sigma_e = 144 \text{ MPa} \\ \sqrt{\sigma^2 + 3\tau^2} &\leq \sigma_e = 240 \text{ MPa} \end{aligned}$$



7.2 - VÉRIFICATION DE LA SOUS LISSE SOUS LA CHARGE VERTICALE

G_0 Charges permanentes = 35 Nm
Charges verticales $Q_3 = 1000$

N charge concentrée applicable en tout point

7.2.1 - Détermination des efforts sous la charge concentrée Q_3

Les formules donnant le moment fléchissant, l'effort tranchant et la réaction d'appui sont extraites du formulaire de résistance des matériaux.

$$\begin{aligned} \text{avec } \gamma_1 &= 1.35 \quad \text{et } \gamma_2 = 1.6 \quad \text{et } l = 1.5 \text{ m} \\ M_u &= 1.32 G_0 * l^2 / 8 + 1.6 Q * l / 4 \\ V_u &= 1.32 G_0 * l / 2 + 1.6 Q / 2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_u &= 613.06 \text{ Nm} \implies M_u = 6.13E - 04 \text{ MNm} \\ V_u &= 834.83 \text{ N} \implies V_u = 8.35E - 04 \text{ MN} \end{aligned}$$

7.2.2 - Détermination des contraintes

$$\begin{aligned} \sigma + M_u * w / I &\leq \sigma_e & \sigma_{\text{sup}} &= 136.71 \text{ MPa} < 240 \text{ MPa} \\ \sigma + M_u * v / I &\leq \sigma_e & \sigma_{\text{inf}} &= 136.71 \text{ MPa} < 240 \text{ MPa} \\ \tau = V_u * S / (I * b_2) &< 0.6 * \sigma_e & \tau &= 6.02 \text{ MPa} < 144 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\text{fibre sup } \sqrt{(\sigma^2 + 3\tau^2)} = 137.11 \text{ MPa} < 240 \text{ MPa}$$

$$\text{fibre inf } \sqrt{(\sigma^2 + 3\tau^2)} = 137.11 \text{ MPa} < 240 \text{ MPa}$$

7.3 - CONCLUSION

Sous les efforts verticaux définis dans la norme XP 98.405, la sous lisse du garde corps S8 est correctement dimensionnée.

8 - CONCLUSION GÉNÉRALE

Ce tableau précise les vérifications d'un garde-corps.

Les vérifications à faire peuvent être classées en trois catégories (ou priorités) :

- 1 - Les vérifications relatives à la sécurité et à la stabilité à faire absolument en commençant par le montant puis l'ancrage ;
- 2 - Les vérifications sur les dimensions et dispositions constructives des éléments constitutifs des ancrages de la lisse et sous lisse ;
- 3 - Les vérifications sur les soudures d'assemblage.

Éléments de garde-corps	Catégories de vérification
Lisse	
Résistance aux efforts horizontaux	2
Résistance aux efforts verticaux	2
Attache lisse/montant	
Cordons transversaux	3
Cordons longitudinaux	3
Montant	
Résistance aux efforts horizontaux	1
Déformation en tête	1
Ancrage du garde-corps	
Ancrage de type noyé dans le béton	1
Ancrage par tiges de scellement	2
Ancrage par fixations scellées dans trous forés	2
Platine	
Cordons transversaux	1
Cordons longitudinaux	3
Contrainte	2
Sous lisse	
Contrainte	2

8 - CONCLUSION GÉNÉRALE

Cette note de calcul commentée rappelle les principales vérifications.

La résistance générale du garde-corps de type S8 est assurée pour un trottoir de largeur : $b = 1.5 \text{ m}$.

RÉSISTANCE DES ÉLÉMENTS DU GARDE-CORPS

Lisse

Résistance aux efforts horizontaux $\sigma = 18.84 \text{ MPa} < 240 \text{ MPa}$
 Résistance aux efforts verticaux $\sigma = 33.48 \text{ MPa} < 240 \text{ MPa}$

Attache lisse/montant

Cordons transversaux contrainte $23.67 \text{ MPa} < 240 \text{ MPa}$
 Cordons longitudinaux contrainte $27.39 \text{ MPa} < 144 \text{ MPa}$

Montant

Résistance aux efforts horizontaux $\sigma = 205.68 \text{ MPa} < 240 \text{ MPa}$
 Déformation en tête $f = 5.09 \text{ cm} < 5. \text{ cm}$

Ancrage du garde-corps

a) Ancrage de type noyé dans le béton $\sigma_{bc} = 11.83 \text{ MPa} < 15 \text{ MPa}$
 hauteur noyée nécessaire $h_n = 0.2 \text{ m}$

b) Ancrage par tiges de scellement $A_{st} = 1.9415 \text{ cm}^2 < A_{red} = 2.3088 \text{ cm}^2$
 diamètre des tiges = 0.014 m

c) Ancrage par fixations scellées dans des trous forés $F_{ult} = 14.26 \text{ kN} < 21.71 \text{ kN}$
 diamètre des fixations = 0.016 m

Platine

Cordons transversaux $237.78 \text{ MPa} < 240 \text{ MPa}$
 Cordons longitudinaux $5.53 \text{ MPa} < 240 \text{ MPa}$
 Contrainte $\sigma = 210.48 \text{ MPa} < 240 \text{ MPa}$

Sous lisse

Contrainte $\sigma = 137.11 \text{ MPa} < 240 \text{ MPa}$

Nota : Pour un garde-corps de type S8 :

- 1 - Le rôle de main courante de la lisse conduit à lui donner des dimensions qui, par voie de conséquence, lui confère une résistance largement suffisante aux efforts appliqués.
- 2 - La vérification de la résistance du montant est l'une des vérifications principales à faire. C'est elle qu'il faut commencer par justifier. Les efforts appliqués au montant sont directement proportionnels à la largeur du trottoir. Pour le présent garde-corps de type S8, **le montant convient à condition que la largeur du trottoir n'excède pas 1.50 m**. Pour un trottoir de plus grande dimension, il conviendra de modifier les caractéristiques géométriques du montant, mais ce n'est plus un S8.
- 3 - La valeur de la contrainte de compression dans le béton pour un ancrage noyé d'un trottoir de 1.5 m est très proche de la limite admissible. Pour un trottoir de plus grande dimension, il conviendra de modifier soit les caractéristiques géométriques du montant, soit la hauteur noyée.
- 4 - La valeur de la contrainte maximale dans la soudure du montant sur la platine pour un trottoir de 1.5 m est très proche de la limite admissible. Pour un trottoir de plus grande dimension, il conviendra de modifier les caractéristiques géométriques du montant et donc les caractéristiques de la soudure, mais ce n'est plus un S8.

NOTATIONS ET UNITÉS

La signification des principales notations et unités utilisées dans la note de calculs est la suivante :

NOTATIONS

Actions	G	: Action ou charge permanente
	Q	: Actions ou charges variables
	q	: Charge unitaire variable
	W	: Vent
Sollicitations	M_{ser}	: Moment de calcul de service ou d'utilisation
	M_u	: Moment fléchissant de calcul relatif à l'état limite ultime
	N_u	: Effort normal de calcul relatif à l'état limite ultime
	T_u	: Moment de torsion de calcul relatif à l'état limite ultime
	V_u	: Effort tranchant de calcul relatif à l'état limite ultime
	R_u	: Réaction d'appui, force résultante de calcul relatif à l'état limite ultime
	γ	: Coefficient partiel de sécurité défini dans les Directives communes de 79
Béton armé	f_{cj}	: Résistance caractéristique à la compression du béton âgé de j jours
	f_{tj}	: Résistance caractéristique à la traction du béton âgé de j jours
	f_{c28} f_{t28}	: Résistances caractéristiques à la compression et à la traction du béton âgé de 28 jours.
	n	: Coefficient d'équivalence acier-béton
	f_e	: Limite d'élasticité de l'acier
	E_s	: Module d'élasticité de l'acier
	ϵ_s	: Allongement relatif de l'acier tendu
	σ	: Contrainte normale
	σ_{bc}	: Contrainte de compression du béton
	σ_{st} σ_{sc}	: Contrainte de traction, de compression de l'acier
	τ	: Contrainte tangente
	τ_s	: Contrainte d'adhérence
	\emptyset	: Diamètre nominal d'une armature
	Ψ_s	: Coefficient de scellement relatif à une armature
	l_s	: Longueur de scellement
	A (ou A_s)	: Aire d'une section d'acier
	I	: Moment d'inertie de flexion
	S	: Moment statique
	Ω	: Aire du contour pris en compte pour le calcul d'une section soumise à la torsion
	L	: Longueur ou portée
	b	: Largeur du trottoir

Pièces métalliques	σ_e	: Limite d'élasticité garantie de la pièce considérée
	σ_{\perp}	: Contrainte perpendiculaire à la section de gorge (soudure)
	σ_{\parallel}	: Contrainte parallèle à la section de gorge (soudure)
	τ_{\perp}	: Contrainte de cisaillement perpendiculaire à la section de gorge (soudure)
	τ_{\parallel}	: Contrainte de cisaillement parallèle à la section de gorge (soudure)
	K	: Coefficient minorateur fonction de la nuance d'acier (soudure)
	l	: Longueur utile d'un cordon de soudure
	a	: Épaisseur utile d'un cordon ou gorge de soudure
	c	: Valeur du talon de la pièce dans une préparation d'une soudure en V ou en K
	$t_1 t_2$: Épaisseur des pièces à souder

UNITÉS

Efforts	en newtons (N)
Moments	en newtons mètres (N.m)
Contraintes	en mégapascals (MPa) (N/mm ²)
Longueurs	en mètres (m)

ANNEXE 3

**DÉVOLUTION DES TRAVAUX
SOUS-TRAITANCE
PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE**

1 - PROPRIÉTÉS INDUSTRIELLES ET COMMERCIALES

1.1 - L'ARTICLE 6.1 DU CCAG

Dans son article 6.1, le CCAG indique : "Le Maître de l'Ouvrage garantit l'entrepreneur contre les revendications des tiers concernant les brevets, licences, dessins et modèles, marques de fabrique ou de commerce dont l'emploi lui est imposé par le marché. Il appartient au Maître de l'Ouvrage d'obtenir dans ce cas, à ses frais, les cessions, licences ou autorisations nécessaires.

Les stipulations de l'alinéa précédant ne sont pas applicables si le marché spécifie que les brevets, licences, dessins et modèles, marques de fabrique ou de commerce ont été proposés par l'entrepreneur".

Le mot "marché" semble, à la lecture de cet article, devoir être interprété non pas dans son sens strict de contrat, car alors tout serait toujours imposé dans le marché, mais comme **correspondant à l'origine de la proposition**. Imposé par le marché veut ainsi dire définies par le Maître d'Ouvrage dans le Dossier de Consultation des Entreprises (DCE). Par contre, si l'entrepreneur est l'auteur d'une proposition (variante, proposition technique, etc.) reprise dans le marché/contrat, l'entrepreneur en restera l'auteur. Cependant, la maîtrise d'œuvre doit, dans sa mission d'Assistance Contrat de Travaux, analyser les offres et les variantes. Le Maître d'Œuvre a donc une part de responsabilité aussi bien dans le choix de la variante que dans les droits de propriété qui en découlent (Cf. art 2.8 du Document Type "règlement de la Consultation": propriété intellectuelle des projets, de la CCM).

Seul le projet découlant d'un concours préalable (Art 98 du CMP) ou d'un appel d'offres sur performance (Art 99 du CMP) peut faire l'objet de réserve de propriété de la part du Maître d'Ouvrage.

Dans ce cas, pour que la clause "si le marché spécifie" joue, il importe manifestement qu'on ne manque pas **de rappeler dans le marché** (CCAP essentiellement) définitif à l'issue de l'appel d'offre **quelles dispositions résultent d'une proposition de l'entrepreneur**.

1.2 - LES DIVERS ASPECTS DES BREVETS, LICENCES,... EN MATIÈRE D'ÉQUIPEMENTS

Dans le domaine des équipements des ponts, les "brevets, licences, dessins et modèles, marques de fabrique ou de commerce" sont quasiment la règle, même si cela se présente sous des aspects très variés. Par exemple :

- ils peuvent porter sur une toute petite partie d'un ensemble (mode de tension des bardages de corniche métallique),
- ils s'appliquent à un principe de fonctionnement (joint de chaussée),
- ils concernent le profil d'une pièce (support de barrière Tetra) ou le dessin d'un garde-corps ou d'une corniche (en béton ou non)

Il existe aussi de nombreux cas de figure du point de vue de l'exploitation :

- l'Administration est associée, ce qui fait que pour les marchés de l'État la propriété ne lui est pas opposable,
- l'inventeur se réserve le droit d'exploitation,
- ou il en confie l'exploitation à des licenciés sélectionnés avec redevances définies,
- voire sans redevance sous réserve d'avoir une préférence d'achat de produits entrant dans la composition de l'équipement¹,
- etc.

Comment connaître tout ce qui est breveté ? Comment savoir dans quel cas on se trouve ? Comment fixer a priori ou a posteriori, le prix pour usage d'un brevet ? Comment savoir si un brevet est valable ?....

Bien que la grande majorité des Maîtres d'Œuvre soit assez mal informée de ces problèmes de propriété industrielle, il ne faut pas s'inquiéter outre mesure des risques encourus. Les litiges restent rares, souvent parce que les "inventeurs" hésitent à aller en justice avec l'Administration, mais que de discussions en perspective !

Signalons, dans ce cas, les possibilités offertes par les articles c29 du CCAG sur la propriété intellectuelle et 58 du chapitre VII optionnel du CCAG moyens intellectuels.

1.3 - PRÉCAUTIONS À PRENDRE

Pour éviter ces litiges, nous avons pris la précaution :

- de préciser dans nos documents, chaque fois que nous en avons été informés, l'existence d'une forme de "propriété industrielle ou commerciale" (voir, par exemple, les Avis Techniques sur les équipements) et, si nécessaire, les modalités recommandées pour l'application de l'article 6.1 du CCAG ;
- de donner, si nécessaire et dans la mesure de nos connaissances, les conditions d'exploitation de ces propriétés industrielles et commerciales ;
- d'avertir les industriels du domaine "équipements des ponts" de nous signaler ces propriétés.

Corrélativement, nous attirons l'attention de ceux qui s'écarteraient des modèles standards sans s'entourer de garanties suffisantes. Il n'est pas dans notre propos d'imposer une panoplie standard mais de les prévenir s'ils sortent des sentiers battus

À titre d'exemple, il est fréquent qu'un Architecte fasse "déposer" un modèle de garde-corps (ou de corniche). Un Maître d'Œuvre qui aurait été séduit par cette réalisation et qui voudrait la recopier et la réutiliser sans précautions prendrait, en la matière, un risque certain

Pour éviter ces difficultés, on peut se demander s'il ne serait pas souhaitable de laisser à l'entrepreneur le soin de choisir des modèles d'équipements. Nous ne conseillons pas, pour le moment, d'agir ainsi car :

- ce serait apparemment contraire à l'esprit du CCAG (art 6.1) qui donne au Maître de l'Ouvrage la maîtrise de la propriété industrielle et commerciale,
- du point de vue technique, surtout pour les dispositifs de retenue, il nous paraîtrait imprudent de laisser à l'entrepreneur l'initiative de proposer autre chose : le niveau de sécurité pourrait en souffrir. C'est bien le Maître d'Œuvre qui joue le rôle exclusif ou principal dans ce choix technique. En effet, le niveau de sécurité requis n'est pas le seul critère à considérer et les autres critères sont plus

déliés à quantifier pour le moment (durabilité, capacité réelle, esthétique, facilité de gestion, etc.). Ceci est un peu différent dans d'autre domaine, les joints de chaussée, par exemple.

2 - SOUS-TRAITANCE

2.1 - LA LOI 75.1334 DU 31.12.75

En ce qui nous concerne, elle peut se résumer à ceci : un sous-traitant accepté, dont le montant des travaux est supérieur à 4000 F a droit au bénéfice du paiement direct

Comme pour le moindre petit pont ce seuil de 4000 F sera tout de suite atteint pour les travaux correspondant aux équipements traités dans cette collection GC, il est indispensable de répondre à la question du titre du § 2.2 suivant.

2.2 - FOURNISSEUR OU SOUS-TRAITANT ?

La loi, en son article 1, indique : "*Au sens de la présente loi, la sous-traitance est l'opération par laquelle un entrepreneur confie par un sous-traité, et sous sa responsabilité, à une autre personne appelée sous-traitant tout ou partie de l'exécution du contrat d'entreprise ou du marché public conclu avec le Maître de l'Ouvrage.*" Ainsi donc, pour pouvoir bénéficier de cette loi, celle-ci impose une superposition de contrats d'entreprise.

Des Circulaires (7.10.76 du Ministère de l'économie et des finances, 77.107 du 22.06.77 du MEL,...) se sont efforcées d'apporter quelques commentaires et éclaircissements. Malgré ces textes, les termes "personnes" et "exécution du contrat" peuvent être interprétés diversement ; cependant la jurisprudence a apporté quelques précisions sur ce point. Sans entrer dans le détail des jugements rendus et de leur contexte, on peut admettre que "*celui qui revendique la qualité de sous-traitant doit avoir assuré la mise en œuvre du produit qu'il a livré alors même qu'il l'a fabriqué selon les directives de l'entrepreneur et que ce produit présente des caractéristiques nécessaires à son incorporation dans l'ouvrage*" (CA de Montpellier, 11/12/80). D'une manière

générale, le fait de ne pouvoir satisfaire une commande qu'après avoir effectué un travail spécifique en vertu d'indications particulières rendant impossible de substituer au produit commandé un autre équivalent confère la qualité de sous-traitant. D'autres jugements ont précisé que la non présence sur le chantier n'était pas une condition nécessaire pour refuser le statut de sous-traitant.

Cette jurisprudence constante nous conduit à poser le principe suivant :

Les sociétés intervenant sur les produits concernés par la collection des fascicules GC : garde-corps, barrières, corniches,... sont à considérer comme des sous-traitants à partir du moment où il y a adaptation spécifique au contexte de l'ouvrage.

2.3 - DÉSIGNATION ET RÔLE DU SOUS-TRAITANT, RESPONSABILITÉ DU MAÎTRE D'ŒUVRE

Si la loi (article 3) laisse la possibilité de faire accepter un sous-traitant "*pendant toute la durée du contrat ou du marché*" et "*agrée les conditions de paiement de chaque contrat de sous-traitance par le Maître de l'Ouvrage*", le Gouvernement "*a recommandé aux Maîtres d'Ouvrage publics que le dossier de consultation des entreprises demande la désignation des principaux sous-traitants dans l'offre*" (réponse à une question d'un député - JO du 18/4/88).

Il appartient donc au Maître d'Ouvrage de demander que lui soit communiqué les contrats de sous-traitance très en amont dans le déroulement du chantier comme la loi (Art 3, fin du 1er alinéa) l'autorise.

Cette règle nous paraît importante pour être assuré d'une meilleure qualité d'exécution et de la bonne prise en compte, dès la conception de l'ouvrage, des équipements comme les barrières de sécurité ou les scellements de garde-corps ou de corniche. Les équipements visés sont les étanchéités, les barrières et les garde-corps, les corniches, et les joints de chaussées.

Ceci permettra au sous-traitant de jouer correctement et suffisamment en amont du projet de

son devoir de conseil² que la jurisprudence lui a reconnu (CA de Paris, 15/01/80).

Nous rappelons aussi que la jurisprudence a reconnu que le fait pour un Maître d'Ouvrage public de tolérer une sous-traitance irrégulière mais parfaitement visible constituait une faute de service de nature à engager sa responsabilité envers le sous-traitant.

Rappel : le terme "agrément" est réservé, dans le cas présent, aux conditions de paiement d'un sous-traitant. Les fournitures sont "acceptées" éventuellement mais jamais "agrées" bien que l'article 194 du CMP utilise ce vocable.

3 - PROCÉDURE DE DÉVOLUTION DES TRAVAUX

3.1 - CARACTÉRISTIQUES ET ASPECTS ADMINISTRATIFS LIÉS À CETTE TÂCHE

La fabrication des garde-corps, des dispositifs de retenue et d'autres équipements correspond à une technicité particulière et, à de très rares exceptions près, les entrepreneurs de gros œuvre ne la réalisent pas eux-mêmes et la sous-traitent. Le même sous-traitant assure aussi la pose (réglage et scellement) et il est très rare qu'elle soit faite par l'entrepreneur de gros œuvre.

L'importance de chacune de ces parties est loin d'avoir un poids significatif : au maximum 3 % du coût total d'un pont. Dans le cas de marché à l'entreprise générale, ceci incite du reste le soumissionnaire à ne pas consulter les entreprises spécialisées et à donner, dans sa soumission, des prix relativement estimés. Ce n'est qu'une fois titulaire qu'il consultera les spécialistes et proposera un sous-traitant.

Or, chaque introduction d'un sous-traitant dans un marché à l'entreprise générale multiplie par deux certaines pièces administratives et comptables telles que celles concernant le nantissement, les décomptes mensuels, les procès verbaux de réunions, etc. D'autre part, les critères de sélection des sous-traitants par le

² Vers son donneur d'ordre : l'entreprise titulaire, le titulaire vers la maîtrise d'œuvre et cette dernière envers sa maîtrise d'ouvrage.

titulaire du marché sont quasiment uniquement basés sur le prix sans tenir compte de la qualité d'exécution, la durabilité, etc.

Bien souvent, le sous-traité consulté est laissé dans l'ignorance la plus complète de certaines spécifications du CCTP de l'ouvrage, clauses qu'il découvre au moment de l'exécution.

Ceci ne permet pas d'avoir la qualité et la durabilité du produit alors que les équipements constituent une part non négligeable des crédits d'entretien des ponts. Il importe donc de mettre en place des dispositions pour éviter ces difficultés en choisissant très en amont du chantier le sous-traitant (Cf. chapitre 2 précédent) et en mettant en place des procédures de dévolution adaptées. Pour éviter certaines pratiques abusives parfois observées, il est rappelé, art 10.13 du CCAG-T, que *"les prix du marché sont réputés couvrir les frais de coordination et de contrôle, par l'entrepreneur, de ses sous-traitants..."*.

3.2 - POSSIBILITÉ DE CONSULTATION SÉPARÉE

Pour éviter de subir ces frais importants, nous avons toujours souligné l'intérêt qu'il y avait, pour les Maîtres d'Œuvre, à **sortir des consultations relatives à la construction des ponts, la fourniture et la pose des garde-corps et des barrières de sécurité :**

- **en groupant ces travaux, dans la mesure du possible, pour quelques ouvrages (4 à 6) ou pour un linéaire à poser dépassant 500 m environ,**
- **en lançant une consultation adressée à des serruriers.**

Compte tenu des dispositions concernant la sous-traitance, le recours à la procédure par marchés séparés (DIG e.4) est très bien adapté.

Même dans le cas où le montant des travaux serait très faible (en dessous de 300 KF³) et le risque insignifiant, le règlement par devis et une facture est bien adapté (CMP : Art 123, État, livre II et 321, Collectivités, livre III). Ceci doit être annoncé dans le règlement de la Consultation.

Cependant, pour les Maîtres d'Œuvre qui appréhenderaient le pilotage de ces travaux, la procé-

dure d'appel d'offres dite "combinée" (voir DIG e.8) apportera les avantages décrits en DIG e.5. Rappelons qu'elle conduira soit à un marché à l'entreprise générale avec sous-traitants préalablement acceptés, soit à un marché unique avec des entrepreneurs groupés conjoints. Elle reste cependant une procédure lourde qui nécessite une maîtrise d'œuvre très compétente et connaissant bien les règles des marchés. Ceci explique qu'il n'y soit fait appel qu'exceptionnellement.

Signalons que la procédure DIG e.7 (entrepreneurs groupés solidaires) est mal adaptée au cas d'espèce, puisque ce que l'on recherche ici est le regroupement de spécialités différentes et non des potentiels économiques.

Le choix de la procédure n'est pas négligeable et peut conduire à un travail de meilleure qualité en sélectionnant correctement des entreprises spécialistes sur des critères non seulement économiques mais aussi techniques. Le dialogue direct avec le Maître d'Œuvre est un aspect souvent mis en avant par ces entreprises pour proposer des solutions techniques de qualité (Voir conclusions du Colloque de Janvier 89 sur la qualité dans les ouvrages d'art).

Bien entendu, cette conclusion ne doit pas être comprise comme formulant une règle de dévolution des travaux. Le Maître d'Œuvre appréciera dans les différents cas d'espèce et, en particulier, selon les détails, la nature des travaux et les conditions locales de concurrence, si des consultations séparées sont opportunes ou non.

Dans l'un et l'autre cas, l'utilisation des normes et des clauses types de CCTP⁴ facilite grandement la rédaction du dossier d'appel d'offres.

³ Montant à la date de rédaction du présent texte.

⁴ Voir notamment le projet de guide, préparé par le SETRA, pour la rédaction d'un CCTP pour ouvrage courant.

BIBLIOGRAPHIE

- F 61 Titre II : Cahier des Prescriptions Communes. Programme des charges et épreuves des ponts routiers.
- Recommandations spécifiques à l'élaboration des bétons pour les parties d'ouvrages non protégées des intempéries et soumises à l'action du gel - Mars 1992 - LRPC Lyon.
- Règles CB 71. : Calcul des éléments.
- GUEST 69 : Guide d'esthétique des ouvrages d'art courants (SETRA - CTOA - 1969).
- Circulaire n° 88.49 du 09-05.88 relative à l'agrément et aux conditions d'emploi des dispositifs de retenue des véhicules contre les sorties accidentelles de chaussée.
- Circulaire n° 92.37 du 06.07.92 relative aux marchés publics de travaux.
- Circulaire du 24.09.84 (BO 85.22) : Qualité paysagère et architecturale des ouvrages routiers.
- Fascicule 21 » Équipements des ouvrages » de la 2^{ème} partie de l'Instruction pour la Surveillance et l'Entretien des Ouvrages d'Art et le guide de visite.
- Code du travail, livre II » *Réglementation du travail* », titre III : » *Hygiène et sécurité* ».
- Décret N° 65.48 du 08/01/65 et la circulaire d'application du 29/03/65, Titre I » *Mesures générales de sécurité* », chapitre II » *Mesures de protection collective destinées à empêcher les chutes de personnes* ».
- Aménagement des Routes Principales (ARP) : Guide Technique d'août 1994, ayant statut d'Instruction sur les Conditions Techniques d'Aménagement des Routes Nationales (ICTARN) par la Circulaire du 5.08.1994 - Août 1994 - SETRA (Réf : B9413).

Liste des normes principales citées dans le texte

- XP P 98.405 Barrières de sécurité routières - Garde-corps pour ponts et ouvrages de génie civil - Conception, fabrication, mise en œuvre.
- NF P 98.409 à 440. Série de normes sur les barrières de sécurité sur les ponts.
- NF B 52.001 Règles d'utilisation du bois dans les constructions. Partie 4 : Classement visuel pour l'emploi en structure des principales essences résineuses et feuillues. Partie 5 : Caractéristiques mécaniques conventionnelles associées au classement visuel des principales essences résineuses et feuillues utilisées en structure.
- NF EN 350.2
(IC B 50.103.2) : Durabilité du bois et des matériaux dérivés du bois. Durabilité naturelle du bois massif - Guide de la durabilité naturelle du bois et de l'imprégnabilité d'essences de bois choisies pour leur importance en Europe.
- NF EN 335.1
(IC B 50.100.1) : Durabilité naturelle du bois et des dérivés du bois. Définition des classes de risque d'attaque biologique. Partie I : généralités.
- NF E 27.815 : Chevilles métalliques à expansion - Essais d'arrachement - Interprétation des résultats.

ADRESSES UTILES

CENTRE TECHNIQUE DU BOIS ET DE L'AMEUBLEMENT

10, avenue de Saint Mandé
75012 PARIS
Tél. : 01.40.19.49.19 Télécopie : 01.43.40.85.65

SAINT GOBAIN VITRAGE

Les Miroirs
18, rue d'Alsace
92400 COURBEVOIE
Tél. : 01.47.62.34.00

PÔLE DE PLASTURGIE DE L'EST

18, avenue du GI Patton
BP 207
57506 SAINT AVOLD CEDEX
Tél. : 03.87.92.93.94 Télécopie : 03.87.92.92.92

Sté PRESENTS

11, avenue du Centre
SAINT QUENTIN EN YVELINES
78286 GUYANCOURT CEDEX
Tél. : 01.30.48.48.42 Télécopie : 01.30.48.48.93

ETIC

48, rue Albert Joly
78000 VERSAILLES
Tél. : 01.39.50.11.20 Télécopie : 01.39.50.11.03

COLOR MÉTAL INDUSTRIES

11, avenue De Lattre de Tassigny
69330 MEYZIEU
Tél. : 04.72.02.72.06 Télécopie : 04.78.31.04.56

EUROFENCE

Rue de la gare
BP 5
52110 BLAISERIVE
Tél. : 03.25.07.36.00 Télécopie : 03.25.55.45.38

HALFEN

Immeuble Évolution
18, rue Goubet
75940 PARIS Cedex 19
Tél. : 01.44.52.31.00 Télécopie : 01.42.45.44.60

GANTOIS

28, rue des quatre frères Mougeotte
BP 307
88105 SAINT DIE Cedex
Tél. : 03.29.55.21.43 Télécopie : 03.29.55.37.29

Édition des publications du CTOA : Jacqueline THIRION : 01 46 11 34 82

Étude graphique et mise en page : Concept Graphic 45 : 02 38 96 85 63

Photogravure et impression : Imprimerie de Monlignon :

Ce document est propriété de l'Administration,
il ne pourra être utilisé ou reproduit, même partiellement,
sans l'autorisation du SETRA.

Dépot légal 1997
ISBN 2 11 11085804 4

© 1997 SETRA

Ce guide est destiné aux concepteurs de ponts. Il traite des divers aspects techniques, administratifs, esthétiques, etc. pour choisir le modèle de garde-corps, le concevoir, le dimensionner, préciser ses matériaux constitutifs, déterminer son implantation, etc.

Il indique les fonctions d'un garde-corps et rappelle la réglementation générale concernant le choix d'un garde-corps. La conception et le dimensionnement sont précisés et les modalités de calcul d'un garde-corps avec un exemple d'application font l'objet d'une annexe très importante.

Après des considérations esthétiques, tous les aspects de fabrication, d'emplois particuliers d'un garde-corps, la fabrication, la mise en œuvre, sous l'angle, notamment, des systèmes qualité, la durabilité des produits, leur entretien et les techniques de réparation sont abordés.

Des éléments d'appréciation sont donnés sur les critères de choix des matériaux (acier, alliage d'aluminium, plastique, verre, bois, etc.) et les précautions d'emploi.

Une annexe donne quelques informations sur les conditions de dévolution des travaux, la pratique de la sous-traitance et la propriété industrielle. Si les garde-corps sont quasi systématiquement concernés par ces questions ; les informations seront cependant très utiles pour tous les équipements des ponts.

* * * * *

This guide is intended for bridge designers. It covers the various technical, administrative, aesthetic aspects, etc. in order to choose de guard rail model, design, size, specify materials used, determine its location, etc.

It indicates the functions of a guard rail and reviews the general regulations concerning the choice of a guard rail. The design and size are specified and guard rail calculation methods with an example of an application are dealt with in a very extensive appendix.

In addition to the appearance, all aspects of manufacture, particular uses of a guard rail, building and installing it, specifically with regard to quality systems, product durability, maintenance and repair techniques are examined.

Assessment factors are given on the criteria of choosing materials (steel, aluminium alloy, plastic, glass, wood, etc.) and precautions for use.

An appendix provides some information on conditions for allocating the works, the practice of contracting and industrial property. Although the guard rails are almost systematically concerned by these issues, the information is also very useful for all bridge structures.

Ce document est disponible sous la référence F 9709
au bureau de vente des publications du SETRA
46, avenue Aristide Briand - BP 100 - 92223 Bagneux Cedex - FRANCE
Tél. : 01 46 11 31 53 - Télécopieur : 01 46 11 31 69 - Télex : 260763 F

Prix de vente : 170 F