

Conception et mise en œuvre des pare-pluie métalliques et plateaux métalliques destinés à recevoir un procédé de « bardage rapporté fixé par vis entretoises sur plateaux métalliques » bénéficiant d'un Avis Technique

Groupe Spécialisé n° 2.2

Produits et procédés de bardage rapporté, vêtage et vêtiture

Ce document a été entériné par le Groupe Spécialisé n° 2.2 le 7 février 2017



Commission chargée de formuler des Avis Techniques
et Documents Techniques d'Application

(arrêté du 21 mars 2012)

Secrétariat de la commission des Avis Techniques
CSTB, 84 avenue Jean Jaurès, Champs-sur-Marne, FR-77447 Marne-la-Vallée Cedex 2
Tél. : 01 64 68 82 82 - Internet : www.ccfat.fr

Établissement public au service de l'innovation dans le bâtiment, le CSTB, Centre Scientifique et Technique du Bâtiment, exerce quatre activités clés : la recherche, l'expertise, l'évaluation, et la diffusion des connaissances, organisées pour répondre aux enjeux de la transition écologique et énergétique dans le monde de la construction. Son champ de compétences couvre les produits de construction, les bâtiments et leur intégration dans les quartiers et les villes.

Avec plus de 900 collaborateurs, ses filiales et ses réseaux de partenaires nationaux, européens et internationaux, le groupe CSTB est au service de l'ensemble des parties prenantes de la construction pour faire progresser la qualité et la sécurité des bâtiments.

Toute reproduction ou représentation intégrale ou partielle, par quelque procédé que ce soit, des pages publiées dans le présent ouvrage, faite sans l'autorisation de l'éditeur ou du Centre Français d'Exploitation du droit de copie (3, rue Hautefeuille, 75006 Paris), est illicite et constitue une contrefaçon. Seules sont autorisées, d'une part, les reproductions strictement réservées à l'usage du copiste et non destinées à une utilisation collective et, d'autre part, les analyses et courtes citations justifiées par le caractère scientifique ou d'information de l'œuvre dans laquelle elles sont incorporées (Loi du 1^{er} juillet 1992 – art. L 122-4 et L 122-5 et Code Pénal art. 425).

© CSTB 2017

Conception et mise en œuvre des pare-pluie métalliques et plateaux métalliques destinés à recevoir un procédé de « bardage rapporté fixé par vis entretoises sur plateaux métalliques » bénéficiant d'un Avis Technique

SOMMAIRE

PRÉAMBULE

La famille des Avis Techniques de bardages rapportés (au sens de la note d'information n° 6) mis en œuvre avec des vis entretoises sur des plateaux métalliques s'appuyait jusqu'à présent pour ce qui est de la définition des plateaux, de la justification de leur tenue au vent et de leur mise en œuvre sur les « Règles professionnelles des bardages métalliques », 2^e édition de janvier 1981, du CITAG, du SNPPA et du SNFA.

Par rapport à ce texte ancien, dans le cadre des Recommandations Professionnelles RAGE de juillet 2014 « Bardages en acier protégé et en acier inoxydable », les éléments techniques relatifs notamment aux plateaux ont été mis à jour.

De façon à proposer des Avis Techniques de bardages rapportés (au sens de la note d'information n° 6) mis en œuvre avec des vis entretoises sur plateaux métalliques, cohérents du point de vue formel, le GS 2.2 a décidé de reprendre dans un document, les éléments techniques communs dans ces Recommandations Professionnelles RAGE pour la conception et la réalisation de tels ouvrages. C'est l'objet du présent document du GS 2.2.

Domaine d'application	2
1. Documents de référence	3
1.1 Matériaux de base	3
1.2 Protection contre la corrosion.....	3
2. Conception des plateaux et des pare-pluie métalliques vis-à-vis des efforts dus au vent	3
2.1 Actions à considérer pour le dimensionnement de l'ouvrage	3
2.2 Flèches à respecter dans le plan perpendiculaire de la façade	4
3. Spécifications techniques des matériaux et composants	4
3.1 Spécifications techniques des tôles en acier.....	4
3.2 Ossature intermédiaire.....	6
3.3 Spécifications des fixations	6
3.4 Ouvertures	6
4. Mise en œuvre des plateaux et des pare-pluie métalliques	7
4.1 Approvisionnement et stockage.....	7
4.2 Conditions préalables requises pour la pose	7

4.3 Prescriptions relatives au support.....	7
4.4 Prescriptions relatives aux fixations sur le gros œuvre	10
4.5 Mise en œuvre des plateaux métalliques.....	12
4.6 Conditions de pose des plateaux métalliques...	12
4.7 Mise en œuvre du pare-pluie métallique.....	13

Annexe A

Détermination forfaitaire des actions de vent sur les plateaux métalliques selon l'EUROCODE 1991-1-4 et son Annexe nationale et corrigendum ..	15
---	-----------

Annexe B

Procédures applicables pour la détermination des performances des plateaux et des pare-pluie métalliques vis-à-vis des sollicitations perpendiculaires à leur plan selon la norme NF P 34-503.....	18
---	-----------

Annexe C

Caractéristiques des fixations et de leurs accessoires	24
---	-----------

Annexe D

Choix des revêtements	26
------------------------------------	-----------

Annexe E

Procédure simplifiée pour l'application des Règles NV 65 modifiées	30
---	-----------

Annexe F

Dimensionnement par calculs des capacités résistantes des profils selon l'Eurocode 3, parties 1.3 et 1.5 (compléments)	33
---	-----------

Annexe G

Procédures applicables pour la détermination des performances selon la NF EN 1993-1-3 des plateaux et des pare-pluie métalliques vis-à-vis des sollicitations perpendiculaires à leur plan par essais	39
--	-----------

Annexe H

Procédures d'établissement des tableaux de charges/portées et des fiches techniques suivant les différentes méthodes de dimensionnement	43
--	-----------

Annexe I

Procédures applicables pour la détermination des performances aux contraintes admissibles usuelles des plateaux et des pare-pluie métalliques	54
--	-----------

Domaine d'application

Ce document a pour objectif de définir les règles de conception et de mise en œuvre des plateaux métalliques, du pare-pluie métallique et de l'ossature intermédiaire recevant les éléments de bardage.

Ce document ne vise pas l'isolant ni les éléments de bardage rapportés sur l'ossature intermédiaire.

Ce document a été rédigé sur la base des Recommandations Professionnelles « Bardages en acier protégé et en acier inoxydable » de juillet 2014 (disponible sur <http://www.programmepacte.fr>). Toutes les illustrations sont également issues de ce document.

Ce document s'appuie nécessairement sur l'Avis Technique de procédé de bardage rapporté sur plateaux métalliques. Il n'est pas autoportant.

L'objectif de ce document est de simplifier la rédaction des Avis Techniques des procédés de bardage rapporté sur plateaux métalliques.

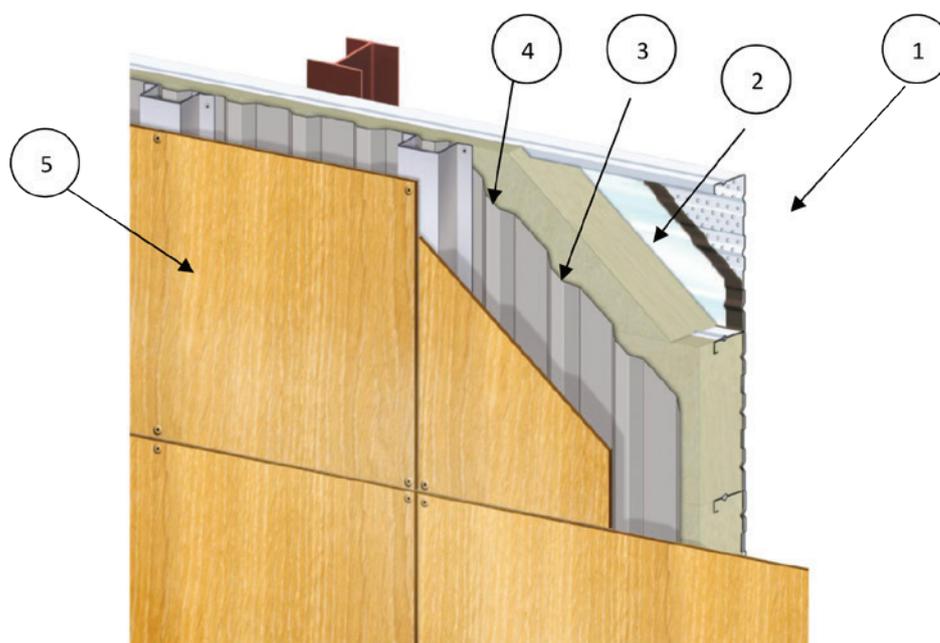
Ce document ne peut pas être utilisé pour associer à des plateaux métalliques un bardage rapporté dont l'Avis Technique ne vise que la pose sur maçonnerie, béton ou paroi de COB.

Ce document ne traite pas l'étanchéité à l'air, la justification de la reprise du poids propre, ni la résistance aux sollicitations sismiques ; ces points sont abordés dans l'Avis Technique du procédé de bardage rapporté sur plateaux métalliques.

La paroi considérée est constituée de la façon suivante :

- plateaux métalliques posés horizontalement ;
- pare-pluie métalliques posés verticalement et fixés sur les lèvres des plateaux par l'intermédiaire de vis entretoises avec isolation ;
- ossature intermédiaire en simple ou double réseau recevant les éléments de bardage, constituée de :
 - montants en simple réseau avec assemblage sur les lèvres des plateaux par l'intermédiaire de vis entretoises avec isolation,
 - montants et lisses en double réseau avec assemblage des lisses sur les montants

Note : Les clins et cassettes métalliques en tôle pleine, conformes au e-Cahiers du CSTB n° 3747, fixés par vis entretoises doivent faire l'objet d'un Avis Technique.



- 1 Pose du plateau métallique du bas vers le haut avec interposition éventuelle du joint d'étanchéité, fixation sur l'ossature principale et courrage de l'emboîtement.
- 2 Pose de l'isolant dans le plateau (mise en place d'un pare-vapeur en fond de plateau lorsqu'il est perforé).
- 3 Pose du pare-pluie métallique. Fixation avec la vis entretoise sur les lèvres des plateaux.
- 4 Pose de l'ossature intermédiaire avec interposition d'une bande EPDM à 1 face adhésive. Fixation avec la vis entretoise sur les lèvres des plateaux. Prévoir un préperçage de l'ossature avant la mise en œuvre de la vis entretoise.
- 5 Pose des éléments de bardage. Fixation sur l'ossature intermédiaire. Prévoir un préperçage du panneau ou clin avant la mise en œuvre des fixations.

Figure 1 – Principe de pose avec pare-pluie métallique

1. Documents de référence

1.1 Matériaux de base

NF EN 10025-2 : Produits laminés à chaud en aciers de construction non alliés – Conditions techniques de livraison.

NF EN 10130 : Produits plats laminés à froid, en acier à bas carbone pour formage à froid – Conditions techniques de livraison.

NF EN 10346 : Produits plats en acier à bas carbone revêtus en continu par immersion à chaud – Conditions techniques de livraison.

NF EN 10143 : Tôles et bandes en acier revêtues en continu par immersion à chaud – Tolérances sur les dimensions et sur la forme.

NF A 36-345 : Produits sidérurgiques – Tôles d'acier revêtues en continu d'aluminium – Feuilles et bobines.

1.2 Protection contre la corrosion

• Tôles d'acier galvanisées

P 34-310 : Tôles et bandes en acier de construction galvanisées à chaud en continu destinés au bâtiment – Classification et essais.

GA A36-335 : Guide d'application des normes P 34-310 et NF EN 10346.

NF EN ISO 1461 : Revêtement par galvanisation à chaud sur produits finis ferreux – Spécifications et méthodes d'essais (Remplace la norme homologuée NF A 91-121 d'août 1987).

• Tôles d'acier revêtues d'alu-zinc

Confère NF EN 10346 et ETPM associée (Enquête Technique Préalable de Matériau) pour le domaine d'emploi.

• Tôles d'acier revêtues de zinc-alu

Confère NF EN 10346.

• Tôles d'acier revêtues de zinc-alu-magnésium

Les revêtements zinc-aluminium-magnésium font l'objet d'une ETPM.

• Tôles prélaquées

XP P 34-301 : Tôles et bandes en acier de construction galvanisées prélaquées ou revêtues d'un film organique calandre destiné au bâtiment – Conditions techniques de livraison.

NF EN 10169+A1 : Produits plats en acier revêtus en continu de matières organiques (prélaqués) – Conditions techniques de livraison.

GA A36-355 : Guide d'application de la norme NF EN 10169-3.

GA A36-351 : Guide d'application des normes NF EN 10169-2 et XP P 34-301.

• Tôles d'acier postlaquées

NF P 24-351 : Menuiserie métallique – Fenêtres, façades rideaux, semi-rideaux, panneaux à ossature métallique – Protection contre la corrosion et préservation des états de surface.

• Tôles d'acier inoxydable

NF EN 10088-1 Aciers inoxydables – Partie 1 : Liste des aciers inoxydables.

NF EN 10088-2 : Aciers inoxydables – Partie 2 : Conditions technologiques de livraison des tôles et bandes en acier de résistance à la corrosion pour usage général.

NF EN 508-3 : Produits de couverture en tôle métallique. Spécification pour les plaques de couverture en tôle d'acier, d'aluminium ou d'acier inoxydable. Partie 3 : acier inoxydable.

2. Conception des plateaux et des pare-pluie métalliques vis-à-vis des efforts dus au vent

2.1 Actions à considérer pour le dimensionnement de l'ouvrage

Tous les composants de la paroi sont non-structuraux.

L'action du vent peut être établie de deux manières différentes dans les Documents Particuliers du Marché (DPM) :

• soit à partir des Règles NV 65 modifiées 2009 :

- par un calcul complet selon ces règles,
- par l'utilisation d'un calcul simplifié selon l'Annexe E du présent document ;

• soit à partir de l'Eurocode NF EN 1991-1-4, son Annexe nationale et ses amendements et corrigendum :

- par un calcul complet selon cette norme,
- par l'utilisation d'un calcul simplifié selon l'Annexe A du présent document.

Note : L'attention est attirée sur l'importance que revêt le choix du référentiel pour l'action du vent car il conditionne le référentiel à utiliser pour déterminer les capacités résistantes des profils et donc la fiche technique charges/portées adaptée.

Les trois méthodes décrites ci-dessous sont considérées équivalentes du point de vue de l'évaluation des performances des profils. L'Avis Technique du bardage rapporté indique quelle(s) méthode(s) est (ou sont) à prendre en compte pour le dimensionnement de l'ouvrage.

Tableau 1 - Différents modes de dimensionnement des ouvrages et fiches techniques associées

Méthode de vérification	Type de sollicitations	Référentiel vent	Principe de dimensionnement	Méthode de vérification	Fiche technique
A	Vent normal	Règles NV 65 modifiées 2009 ou Annexe E	Contraintes admissibles	RP 1981	Annexe I
B	Vent caractéristique	NF EN 1991-1-4 + Annexe nationale + corrigendum ou Annexe A	Eurocodes	(NF EN 1993-1-3 et NF EN 1993-1-5) et Annexes F et G	Selon tableau H.1.b de l'Annexe H
C	Vent caractéristique	NF EN 1991-1-4 + Annexe nationale + corrigendum ou Annexe A	Etats limites	Annexes B et H	Selon tableau H.1.b de l'Annexe H

a) Calcul de la charge de vent selon les Règles NV 65 modifiées et des caractéristiques mécaniques des profils aux contraintes admissibles selon les règles professionnelles de 1981 (Annexe I)

Les charges du vent sont déterminées conformément aux Règles NV 65 modifiées 2009 ou selon l'Annexe E du présent document (méthode simplifiée).

Les charges admissibles des profils sont établies aux contraintes admissibles par essais tel qu'indiqué dans les règles professionnelles bardage de 1981 (Annexe I).

La fiche technique charges/portées du profil indique ces référentiels (règles bardage de 1981 et NV 65).

Note : Ce principe de calcul est retenu pour une période transitoire compte tenu de la disparition à terme du référentiel NV 65.

b) Calcul de l'action du vent selon l'Eurocode (NF EN 1991-1-4) et des caractéristiques mécaniques des profils aux états limites selon l'Eurocode (NF EN 1993-1-3 et NF EN 1993-1-5) et leurs Annexes nationales et corrigendum

Les actions du vent sont déterminées conformément à la norme NF EN 1991-1-4, son Annexe nationale NF EN 1991-1-4-NA et ses amendements et corrigendum ou selon l'Annexe A du présent document (méthode simplifiée).

Les capacités et sollicitations résistantes aux états limites des profils sont établies par calculs ou essais selon les normes NF EN 1993-1-3 et NF EN 1993-1-5 et selon les Annexes F (compléments sur les calculs) et G (compléments sur les essais) du présent document.

La fiche technique charges/portées indique ce référentiel NF EN 1991-1-4, NF EN 1993-1-3 et NF EN 1993-1-5. Elle est établie conformément au tableau H.1.b de l'Annexe H du présent document.

Note : Ce principe de calcul provient de l'harmonisation européenne des règles de calcul.

c) Calcul de l'action du vent selon l'Eurocode (NF EN 1991-1-4) et des caractéristiques mécaniques des profils aux états limites selon l'Annexe B du présent document

Les actions du vent sont déterminées conformément à la norme NF EN 1991-1-4, son Annexe nationale NF EN 1991-1-4-NA et ses amendements et corrigendum ou selon l'Annexe A du présent document (méthode simplifiée).

Les capacités résistantes des profils sont établies aux états limites par essais tel qu'indiqué dans l'Annexe B du présent document.

La fiche technique charges/portées du profil indique ces référentiels (NF EN 1991-1-4 et Annexe B). Elle est établie conformément au tableau H.1.b de l'Annexe H du présent document.

Note : Les deux référentiels Règles NV 65 et Eurocodes ne doivent pas être mixés.

2.2 Flèches à respecter dans le plan perpendiculaire de la façade

La flèche admise, sous les pressions de vent pouvant solliciter les plateaux métalliques et les pare-pluie métalliques, doit être limitée à 1/150 de leur portée dans le cas de l'utilisation de la NF EN 1991-1-4 et 1/200 dans le cas de l'utilisation des Règles NV 65 modifiées 2009.

L'Avis Technique indiquera la flèche maximale des plateaux perpendiculairement au plateau avec un minimum de L/300. L'Avis Technique pourra indiquer si nécessaire que la portée des plateaux (donnée pour un critère de flèche au 1/200) doit être diminuée de 14 %.

Note : Les flèches habituelles au 1/200 sous vent aux contraintes admissibles sont corrigées pour tenir compte de l'augmentation moyenne du vent caractéristique Eurocode de 20 à 30 %, des états limites et pour conserver les portées en usage depuis plus de 30 ans.

3. Spécifications techniques des matériaux et composants

3.1 Spécifications techniques des tôles en acier

Les tôles d'acier utilisées pour la fabrication des éléments des parements doivent répondre aux normes données au paragraphe 2.1.2.

L'acier inoxydable est choisi parmi les nuances :

- X5CrNi18-10 ou 18-8 ;
- X5CrNiMo17-10-2.

3.1.1 Caractéristiques des plateaux et des pare-pluie métalliques

3.1.1.1 Formes courantes

Côté extérieur, les plateaux agencés côte à côte présentent des lèvres constituant des appuis d'épaisseur totale cumulée de 1,5 mm au moins pour la fixation du pare-pluie métallique ou des montants d'ossature. Les lèvres des plateaux ont un retour de largeur au minimum de 20 mm (figure 2).

Les rayons de profilage des bobines non revêtues (galvanisées) doivent être choisis conformément à la norme P 34-310 et à son guide d'application GA-A 36-335.

Les rayons de profilage des bobines revêtues (galvanisées prélaquées) doivent être choisis conformément aux spécifications figurant dans la norme XP P 34-301, et figurant dans les fiches techniques des fabricants de bobines prélaquées.



**Figure 2 – Exemple de plateau de bardage.
Retour de largeur minimum 20 mm**

3.1.1.2 Épaisseurs nominales minimales de fabrication

Les plateaux et pare-pluie métalliques doivent être fabriqués à partir de matériaux de base dont l'épaisseur nominale, en mm, ne sera pas inférieure à celle définie dans le tableau 2 suivant.

Tableau 2 – Épaisseurs nominales minimales de fabrication en mm

Matériau de base	Plateau	Pare-pluie métallique
Tôle d'acier revêtue (+)	75/100	60/100, pose verticale
Tôle d'acier inoxydable	(++)	60/100

(+) La tôle d'acier revêtue peut être : galvanisée, galvanisée prélaquée, galvanisée plastifiée, aluminée, etc.
 (++) Le présent document n'envisage pas le cas où la peau intérieure d'un bardage rapporté sur plateaux métalliques est réalisée dans ces matériaux.

3.1.1.3 Retour minimal des nervures emboîtées des pare-pluie métalliques

Pour les pare-pluie métalliques de hauteur de nervure supérieure à 18 mm, les nervures emboîtantes des tôles nervurées constituant le pare-pluie métallique doivent comporter un retour minimal de 15 mm (figure 3, d, e, f, g). Pour les pare-pluie métalliques de hauteur de nervure de 7 à 18 mm, il n'y a pas d'exigence sur la valeur minimale du retour (figure 3, c). Dans ce cas, la pose est faite avec double recouvrement de nervures. Par ailleurs, la nervure emboîtante doit avoir un plat minimum de 15 mm.

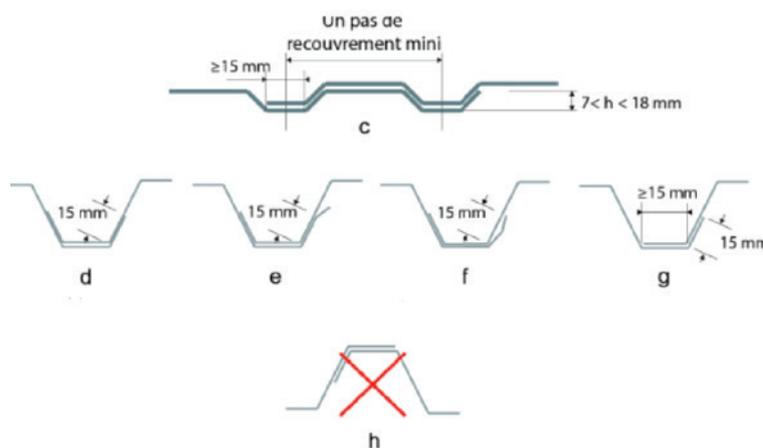


Figure 3 – Retour minimal des nervures emboîtantes des pare-pluie métalliques

Le pare-pluie sera obligatoirement nervuré et non ondulé avec un fond de nervure de 30 mm minimum. Dans le cas d'une ossature intermédiaire à base de profils oméga, l'entraxe des semelles doit être adaptée au pas de nervure du pare-pluie.

3.1.1.4 Caractéristiques mécaniques

Les limites élastiques, résistances à la rupture, allongement minimum sont donnés dans les normes matériaux et produits.

- La nuance d'élasticité minimale des tôles profilées est de S280 GD.
- La nuance d'élasticité minimale des plateaux est de S320 GD.
- La nuance d'élasticité pour les façonnés de finition est de S280 GD.
- La limite d'élasticité pour les profilés en acier inoxydable selon la NF EN 10088-2 est de 280 MPa minimum.

3.1.1.5 Cas des plateaux crevés ou perforés

Dans le cas de plateaux perforés ou crevés, un pare-vapeur (feuille d'un Sd supérieur à 18 m ou feuille en aluminium d'épaisseur 15 µm mini) est disposé en fond de plateau.

3.1.2 Tolérances de fabrication

Les tolérances données ci-dessous s'appliquent. Elles complètent et/ou remplacent les tolérances sur le même sujet données dans la norme NF EN 508-1.

3.1.2.1 Tolérances sur épaisseur

Les tolérances sont celles correspondant aux spécifications du métal utilisé pour le pare-pluie métallique telles que désignées dans la fiche technique.

Les plateaux de bardage sont en tolérances spéciales au sens de la norme NF EN 10143 ou décalées au sens de la norme P 34-310.

Le pare-pluie métallique est en tolérances spéciales ou normales au sens de la norme NF EN 10143 ou décalées ou normales au sens de la norme P 34-310.

3.1.2.2 Tolérances sur largeur utile des pare-pluie métalliques et plateaux

Elles sont définies dans le tableau 3 ci-dessous.

Tableau 3 – Tolérances sur largeur utile des pare-pluie métalliques et plateaux

Largeur utile l	Tolérances
$l \leq 600$ mm	± 3 mm
$l > 600$ mm	$\pm 0,5$ % si $e \leq 0,75$ mm ± 1 % si $e > 0,75$ mm
Avec e épaisseur du profil.	

3.1.2.3 Tolérances sur largeur de module des pare-pluie métalliques

Elles sont définies dans le tableau 4 ci-dessous.

Tableau 4 – Tolérances sur largeur de module des pare-pluie métalliques

Largeur utile b_R	Tolérances
$b_R \leq 200$ mm	± 1 mm
$b_R > 200$ mm	$\pm 0,5$ %

3.1.2.4 Tolérances sur la hauteur des nervures

La tolérance sur la hauteur est de + 0, -1 mm.

3.1.2.5 Tolérances sur la longueur des pare-pluie métalliques

Elles sont définies dans le tableau 5 ci-dessous.

Tableau 5 – Tolérances sur la longueur des profils de pare-pluie métalliques

Longueur L	Tolérances
$L \leq 2000$ mm	+ 8 mm - 0
2000 mm $< L \leq 6000$ mm	+ 0,4 % - 0
$L > 6000$ mm	+ 25 mm - 0

3.1.2.6 Plateaux

La tolérance sur la longueur des plateaux est de + 0, - 10 mm.

3.1.3 Protection contre la corrosion

Tous les éléments en aciers apparents ou non doivent recevoir un revêtement de protection contre la corrosion.

Le choix du revêtement adapté à l'exposition des ouvrages fait l'objet de l'Annexe D du présent document.

Dans le cas d'un post laquage, il convient de respecter les prescriptions de la NF P 24-351.

Les différents types de protections

a) Tôles d'acier galvanisées

Les tôles d'acier galvanisées seront conformes aux tableaux de l'Annexe D en fonction de l'atmosphère extérieure ou de l'ambiance intérieure (pour les plateaux).

b) Éléments en acier galvanisé ou trempé

Les pièces galvanisées ou trempé doivent respecter la norme NF EN ISO 1461 (remplace la norme NF A 91-121) et la masse de revêtement doit être au minimum de 300 g/m² en moyenne par face.

c) Tôles d'acier aluminisées

Les tôles d'acier aluminisées sont obtenues par l'immersion dans un bain d'aluminium pur d'une bande d'acier ayant reçu divers traitements thermiques et traitements de surface.

La masse du revêtement d'aluminium pur déposé est au minimum de 230 g/m² double face (essais en trois points) ce qui correspond à une épaisseur d'environ 45 microns par face (NF A 36-345). La classe de revêtement exigée est AL230.

d) Tôles d'acier galvanisées prélaquées et plastifiées

Les spécifications des tôles d'acier galvanisées prélaquées ou avec film plastifié et les différentes méthodes d'essais de revêtements organiques sont définies dans les normes NF EN 10169+A1, XP P 34-301 et le guide des choix en Annexe D du présent document.

En règle générale, les tôles d'acier galvanisées prélaquées ou avec film plastifié sont livrées avec une face revêtue d'un primaire sur la face envers et l'autre face revêtue, en plus, de la laque de finition.

L'épaisseur minimale de zinc est Z225 pour les pare-pluie métalliques et Z225 ou Z100 pour les plateaux conformément à la norme NF EN 10346.

Le choix de la nature et de l'épaisseur du revêtement organique (laque ou avec film plastifié) doit être déterminé en fonction de l'environnement conformément à l'Annexe D du présent document.

e) Tableau d'utilisation en fonction des atmosphères extérieures et ambiances intérieures

Voir Annexe D du présent document.

f) Façonnés de finitions

Protection contre la corrosion identique pour les faces envers et endroit à celle du pare-pluie métallique.

3.2 Ossature intermédiaire

L'ossature intermédiaire est définie dans l'Avis Technique du procédé de bardage rapporté sur plateaux métalliques.

3.3 Spécifications des fixations

Les fixations des plateaux sur le support s'effectuent par l'intermédiaire de dispositifs de liaison comportant un ou plusieurs éléments.

Les fixations doivent être choisies conformément à l'Annexe C.

3.4 Ouvertures

Un chevêtre doit être prévu au droit des ouvertures.

Les fenêtres métalliques, susceptibles d'équiper une façade industrielle, doivent être conformes aux normes NF P 24-301 et NF P 24-351.

4. Mise en œuvre des plateaux et des pare-pluie métalliques

4.1 Approvisionnement et stockage

Le déchargement et la manutention doivent s'effectuer sans entraîner :

- de déformation permanente (absence de défauts de forme) ;
- de dégradation risquant d'affecter la résistance à la corrosion des matériaux et l'esthétique de la façade.

Les colis de tôles d'acier nervurées sont stockés sur un calage incliné sur l'horizontale tout en ménageant un espace avec le sol et en évitant tous risques de déformation permanente des tôles.

Précautions :

- éviter les chocs mécaniques ;
- respecter l'espacement des points de levage lors des déplacements des fardeaux.

Note : L'humidité et plus particulièrement la condensation entre les profilés peuvent entraîner la formation de dépôts gris à blanchâtres (rouille blanche). L'apparition d'efflorescence (rouille blanche) sur des tôles non prélaquées, due à la formation d'une couche d'oxyde de zinc hydratée, n'est pas de nature à modifier les propriétés mécaniques des produits.

4.2 Conditions préalables requises pour la pose

La pose des plateaux métalliques, du pare-pluie et du bardage rapporté doit être faite par un seul lot.

Les travaux du gros œuvre doivent être achevés pour qu'il n'y ait pas, par la suite, risque de détérioration ou de dérèglement du procédé de bardage rapporté sur plateaux métalliques, et pour permettre à l'entrepreneur une continuité de travail.

La présence des lisses de couronnement sur l'ossature porteuse des acrotères doit être vérifiée.

Il est nécessaire d'effectuer le montage de la façade lorsque les ensembles et sous-ensembles de la structure sont entièrement terminés et réglés.

Les abords du bâtiment et l'aplomb de la structure porteuse sont dégagés et ne présentent pas d'accidents gênants (tranchées, remblais, etc.) pour la mise en place des échafaudages ou la circulation des nacelles (chemin de roulement).

Les remblais sont suffisamment compactés pour permettre la circulation de nacelles ou la mise en place d'échafaudages.

Les feuillures et les trous, ainsi que les engravures pour bavettes, larmiers, etc., doivent être nettoyés.

4.3 Prescriptions relatives au support

La pose des façades ne peut être entreprise que si les conditions ci-après sont toutes satisfaites :

- vérification de l'état du gros œuvre ;
- vérification des tracés ;
- vérification des tolérances admissibles du support.

4.3.1 Les tracés

Les tracés dans les trois dimensions sont exécutés par le gros œuvre : niveaux au pourtour des poteaux et coffrages perdus, axes verticaux, nus finis extérieurs et intérieurs.

La tolérance de traçage des niveaux doit s'inscrire dans le cadre des tolérances définies ci-après.

Le tracé peut éventuellement être modifié en accord avec les parties.

4.3.2 Tolérances admissibles de la structure porteuse

La conception même des plateaux métalliques et leur application directe contre la structure porteuse font que les différences de cotes réelles de la structure porteuse se retrouvent nécessairement dans l'aspect final de la façade.

Note : En pratique, ce type de plateau s'appliquant habituellement contre des ossatures préfabriquées (acier, béton ou bois). L'aspect final est généralement compatible avec les tolérances usuelles de ce type de construction.

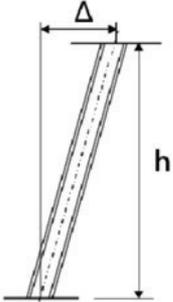
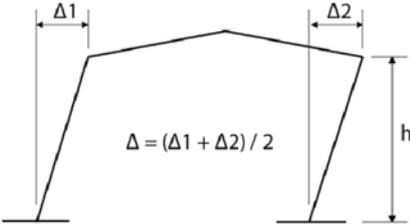
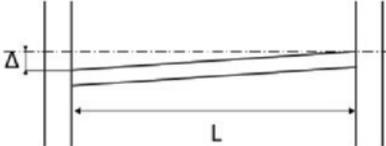
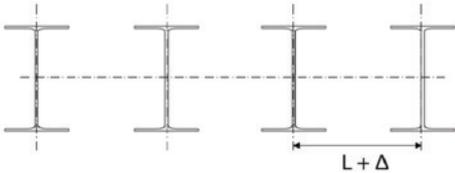
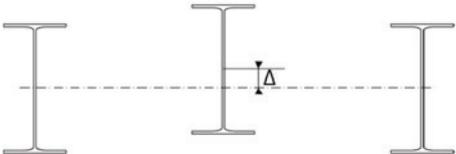
Les tolérances d'implantation des supports (poteaux, lisses ou toutes autres pièces), sur lesquelles viennent se fixer les plateaux, sont :

- a) Pour les ossatures acier conformes à la norme NF EN 1090-2

Pour les exigences particulières d'aspect, il est recommandé d'utiliser des ossatures réglables.

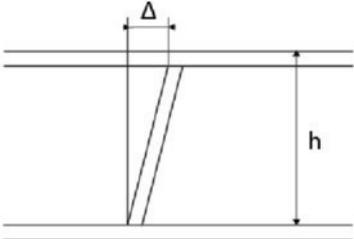
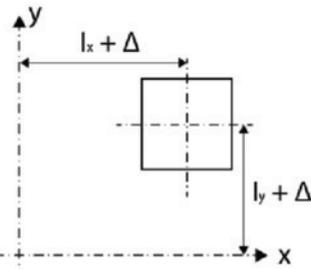
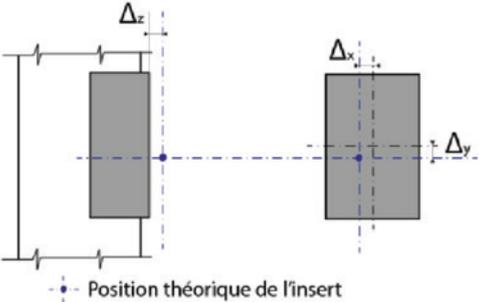
Le tableau 6 donne les tolérances pour les supports en acier.

Tableau 6 – Tolérances pour supports en acier

Critère	Écart autorisé en classe 1
<p>Inclinaison d'un poteau (bâtiment à un seul niveau)</p> 	$\Delta = \pm h / 300$
<p>Inclinaison de portique de bâtiment à un seul niveau</p> 	$\Delta = \pm h / 500$
<p>Alignement des poteaux périphériques</p>  <p>Alignement des faces périphériques des poteaux adjacents</p>	$\Delta = \pm 10 \text{ mm}$
<p>Défaut d'horizontalité des lisses</p> 	$\Delta = \pm \min (L / 500 ; 10 \text{ mm})$
<p>Espacement des poteaux</p>  <p>Entraxe entre poteaux adjacents au niveau de leur base :</p> <p style="margin-left: 40px;">$L \leq 5 \text{ m}$</p> <p style="margin-left: 40px;">$L > 5 \text{ m}$</p>	$ \Delta = 10 \text{ mm}$ $ \Delta = 0.2 (L+45) \text{ mm (L en mètres)}$
<p>Alignement des axes de poteaux</p>  <p>Position du centre du poteau au niveau de sa base, par rapport à la file de poteaux établie (ECL)</p>	$\Delta = 10 \text{ mm}$

b) Pour les ossatures béton conformes à la norme NF EN 13670 et au NF DTU 21

Tableau 7 – Tolérances pour les supports en béton

Tolérances des ossatures en béton – Extrait de la NF EN 13670	
Critère	Écart autorisé en classe 1
<p>Inclinaison d'un poteau ou d'un mur</p>  <p>$H \leq 10 \text{ m}$ $H > 10 \text{ m}$</p>	<p>$\Delta = \pm \max (15 \text{ mm} ; h/400)$ $\Delta = \pm \max (25 \text{ mm} ; h/600)$</p>
<p>Position en plan d'un poteau</p> 	<p>$\Delta = \pm 25 \text{ mm}$</p>
<p>Position des inserts</p>  <p>Position théorique de l'insert</p>	<p>$\Delta_x = \Delta_y = \pm 20 \text{ mm}$ $\Delta_z = \pm 10 \text{ mm}$</p>

c) Pour les ossatures en bois conformes à la NF DTU 31.1

Tableau 8 – Tolérances pour les supports en bois

Tolérances des ossatures bois – Extrait du NF DTU 31.1	
Critère	Tolérances
Tolérances sur les côtes d'implantation et sur les dimensions des ouvrages :	<p>$\pm 0,5 \text{ cm}$ jusqu'à 7,5 m $\pm 1,5 \text{ cm}$ à 10 m $\pm 5 \text{ cm}$ à 100 m</p> <p>Les valeurs intermédiaires sont obtenues par interpolation linéaire entre 7,5 m et 10 m, et entre 10 m et 100 m.</p>
Tolérances sur les niveaux :	$\pm 1 \text{ cm}$ sur une longueur de 10 m
Tolérances sur les aplombs :	$\pm 2,5 \text{ mm/m}$ sans excéder $\pm 2,5 \text{ cm}$

4.4 Prescriptions relatives aux fixations sur le gros œuvre

4.4.1 Fixations sur béton ou maçonnerie par incorporation d'inserts lors du coulage et ancrage de dispositifs appropriés

Les inserts sont continus et en acier protégé et doivent résister aux efforts transmis par le bardage.

Note 1 : Les inserts, leur ancrage et leur incorporation dans la structure sont à la charge du lot réalisant la structure porteuse. La protection de l'acier est assurée par galvanisation conformément à la NF EN 10346 si l'insert est un profil mince, et la NF A35-503 dans les autres cas.

La surface d'appui au niveau des inserts est située au-dessus de la surface du béton. La surface d'appui des inserts « I » doit être plane et avoir une largeur minimum de :

- 90 mm à la jonction transversale en about de plateaux ;
- 60 mm aux appuis intermédiaires ou d'extrémité.

Note 2 : La largeur d'appui pour les profils acier a augmenté par rapport aux règles de 1981, pour prendre en compte le retour d'expérience des poseurs sur les tolérances d'implantation et de pose des fixations. La figure 4 donne les dispositions constructives à respecter aux niveaux des appuis.

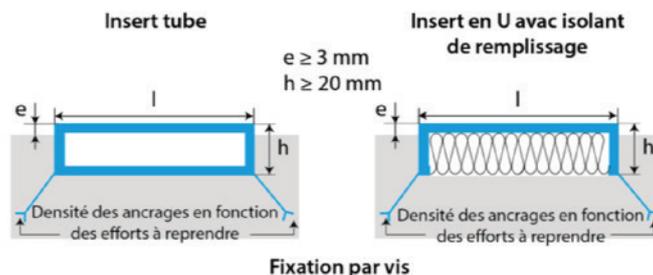


Figure 4 – Dispositions constructives – Attaches sur béton ou maçonnerie

4.4.2 Fixations des plateaux sur charpente en acier

La fixation doit être effectuée par vissage, selon les dispositions définies en Annexe C du présent document. Les surfaces d'appui des profilés de l'ossature sur lesquelles sont posés et fixés les plateaux métalliques doivent être planes et respecter les largeurs mini définies ci-après :

- l'épaisseur des supports en acier doit être supérieure ou égale à 1,5 mm ;
- les dispositions technologiques de la figure 5 et de la figure 6 doivent être respectées.
- les pinces (p) sont d'au moins 20 mm et 3 fois le diamètre des fixations.

Note 3 : La fixation par clous n'est pas visée dans le présent document.

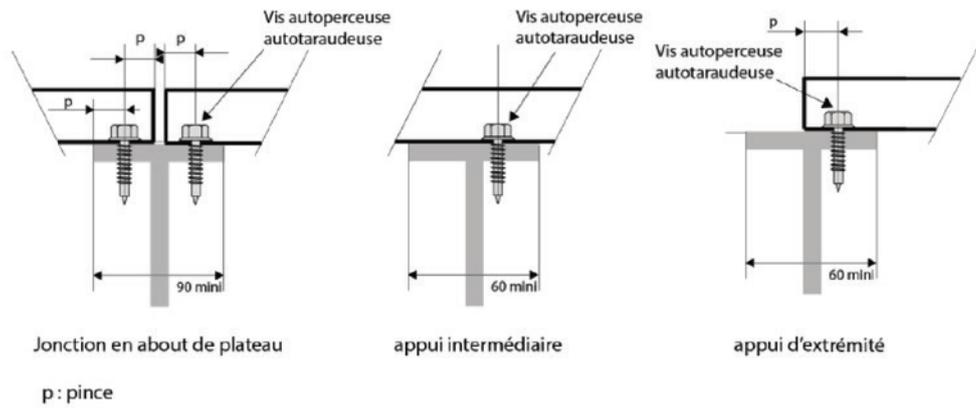


Figure 5 – Dispositions constructives – Attache sur charpente en acier

- La surface d'appui doit avoir une largeur minimum de :
- 90 mm aux jonctions transversales en about de plateau ;
 - 60 mm aux appuis intermédiaires ou d'extrémité.

Note 4 : Les 20 mm mini de pince proviennent du maximum entre 15 mm et 3 x diamètre des fixations, affecté d'une marge de sécurité pour la pose.

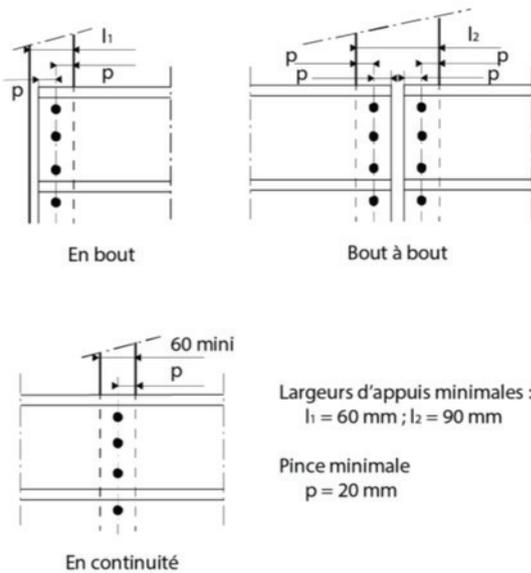
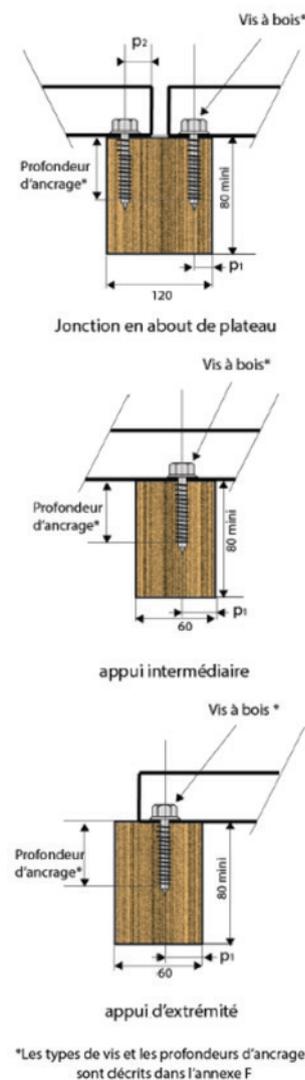


Figure 6 – Position des fixations et largeurs des supports pour les plateaux

4.4.3 Fixation des plateaux sur charpente bois

Elle s'effectue par vis à bois ou tirefond, selon les dispositions définies en Annexe C du présent document. L'épaisseur minimum des supports en bois est de 80 mm. Les dispositions technologiques définies à la figure 7 doivent être respectées. La pince (p1) entre axes de fixations et bord de l'appui est d'au moins 4 x le diamètre de la fixation (mini 30 mm). La pince (p2) entre axes de fixations et extrémité de plateaux est d'au moins 20 mm.



*Les types de vis et les profondeurs d'ancrage sont décrits dans l'annexe F

Figure 7 – Dispositions constructives – Attache sur charpente bois – Coupe horizontale

La surface d'appui doit avoir une largeur minimum de :

- 120 mm aux jonctions transversales en about de plateau ;
- 60 mm aux appuis intermédiaires ou d'extrémité.

4.5 Mise en œuvre des plateaux métalliques

4.5.1 Surface d'appui

La surface d'appui doit être lisse.

La nature et les caractéristiques des éléments de fixation utilisés doivent être compatibles avec la nature et l'épaisseur des appuis (Annexe C).

4.5.2 Fixation des plateaux sur les supports

Trois fixations minimum par plateau et par appui doivent être mises en œuvre.

Note 1 : Compte tenu des dispositions sismiques qui conduisent systématiquement à 3 fixations par appuis, ce nombre minimum a été généralisé à tout type d'ouvrage par simplification.

Les fixations doivent également satisfaire l'Annexe C du présent document.

Vis-à-vis des efforts de dépression, il convient de vérifier les expressions suivantes :

Tableau 9 – Vérification de la fixation des plateaux sur les supports

$\frac{0,5 \times 1,5 \times W_k \times L \times b_u}{2} \leq \frac{P_k}{\gamma_M}$	En pose sur 2 appuis
$\frac{1,25 \times 1,5 \times W_k \times L \times b_u}{2} \leq \frac{P_k}{\gamma_M}$	En pose sur 3 appuis ou plus et sur appui central

Avec :

L : portée du plateau (m) ;

b_u : largeur du plateau (m) ;

W_k : charge caractéristique en dépression (daN/m²) (cf. Note 2 ci-dessous) ;

P_k : valeur de la résistance caractéristique à l'arrachement et au déboutonnage de la fixation obtenue suivant la norme NF P 30-314 (daN) ;

γ_M : coefficient de sécurité :

- $\gamma_M = 1,35$ pour des épaisseurs d'acier supérieures ou égales à 1,5 mm et inférieures à 3 mm ainsi que pour le bois ;
- $\gamma_M = 1,15$ pour des épaisseurs d'acier supérieures ou égales à 3 mm.

Note 2 : La charge caractéristique de vent W_k vaut pour une justification aux ELU :

$W_k = W_{50}$ lorsque le vent conforme à la NF EN 1991-1-4 est utilisé (cf. Annexe A).

$W_k = 1,2 W_q$ des Règles NV 65 modifiées 2009 (cf. Annexe E).

Note 3 : Le coefficient 1,5, dans les équations, correspond à la pondération ELU.

Note 4 : Dans le cas de plateaux perforés, la résistance au déboutonnage de la fixation dans le plateau est à vérifier selon la NF P 30-314.

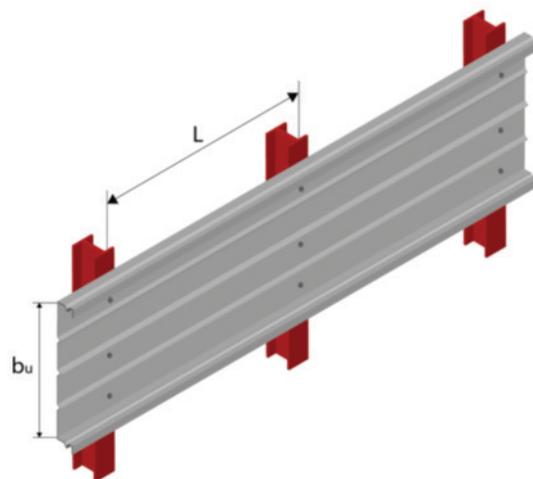


Figure 8 – Définition des paramètres de calcul pour les fixations des plateaux sur leurs supports

4.5.3 Fixations de couture des plateaux

Un couturage des lèvres de plateaux est à assurer systématiquement par des vis de diamètre 4,8 mm minimum avec un espacement maximal de 1 m.

Les vis de couture sont positionnées le long de la hauteur h des lèvres de plateau.

4.6 Conditions de pose des plateaux métalliques

4.6.1 Porte-à-faux des plateaux

Le porte-à-faux (x) est limité à L/10 et 400 mm sans dispositions particulières. L désigne la portée adjacente au porte-à-faux (figure 9). Il peut être porté à 800 mm en respectant les dispositions constructives de la figure 10 (cornière ou u en acier galvanisé 15/10).

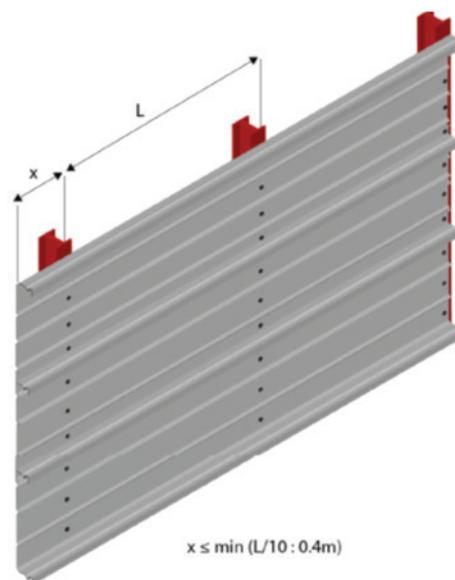


Figure 9 – Disposition technologique concernant les porte-à-faux

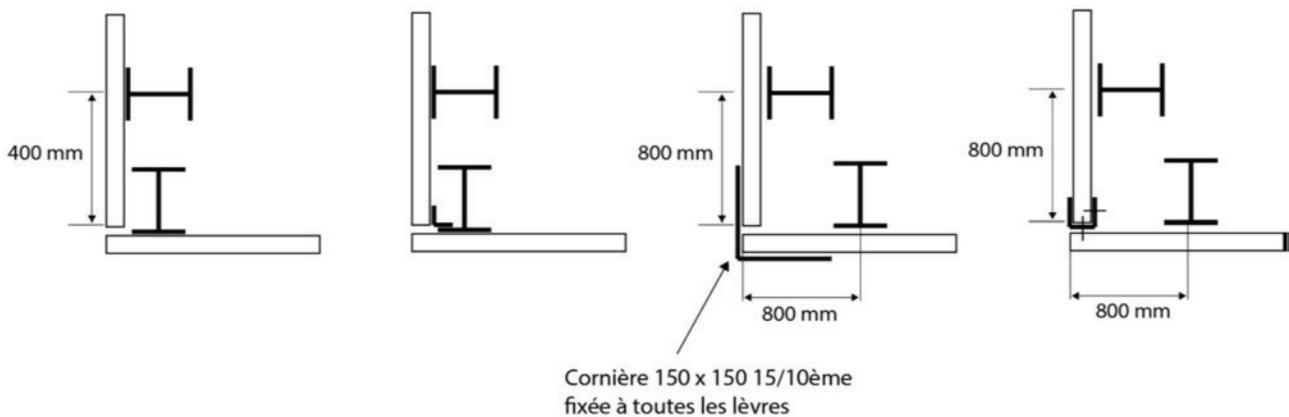


Figure 10 – Exemple de dispositions standard et de dispositions particulières de porte-à-faux de plateaux

4.6.2 Plateaux avec nombre impair de travées

Les plateaux sont dimensionnés (Annexe H) et positionnés en quinconce en alternant la pose sur 2 appuis et la pose sur 3 appuis (figure 11).

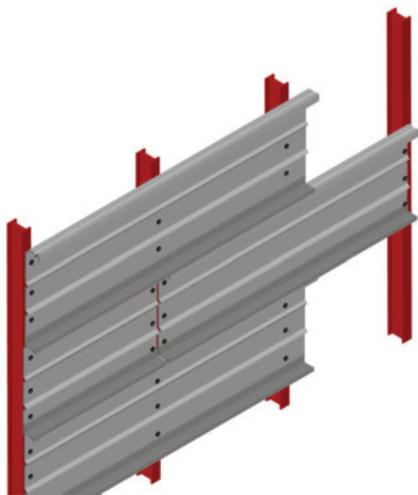


Figure 11 – Dispositions de pose en quinconce des plateaux

4.6.3 Tolérances de pose

Les tolérances du gros œuvre ne peuvent être ni rattrapées, ni compensées par un bardage en acier en appui direct sur l'ossature porteuse.

4.7 Mise en œuvre du pare-pluie métallique

4.7.1 Densité de fixation

Aux extrémités recouvertes ou non des tôles, la densité de fixations est à assurer selon les modes de pose définis dans le tableau 10 ci-après. La nervure de rive parallèle à un angle ou à une ouverture est à fixer sur chaque lèvre de plateau. Au niveau de la nervure de recouvrement, conformément au NF DTU 40.35, excepté en arête verticale de pare-pluie métallique, où il faut effectivement deux fixations par nervure, une à gauche et une à droite, une fixation par pied de nervure, disposée en quinconce selon les appuis, est suffisante si la plage a une largeur inférieure à 250 mm. Au-delà de cette valeur, alors, une fixation à gauche de la nervure et une fixation à droite sont nécessaires.

Tableau 10 – Densité de fixations de la peau extérieure ports

Mode de pose et position de fixation associée aux extrémités, recouvertes ou non, des plaques	
Plage saillante	Une fixation est mise en œuvre à chaque creux de nervure (a)
<p>(a)</p>	

En partie courante, les fixations sont disposées le long des diagonales. La distance entre fixations le long d'une même nervure de pare-pluie métallique ne doit pas excéder 1,6 m. La distance entre lignes de fixations ne doit pas excéder une largeur de plateau (cf. figure 12).

On respectera une densité minimale, n_{fix} , de 2,5 fixations au m^2 en partie courante. On tiendra compte qu'en rive de bâtiments, W_k est majorée en fonction du référentiel (Règles NV 65 modifiées 2009 ou zone A au sens des normes NF EN 1991-1-4 et NF EN 1991-1-4/AN).

On vérifie que :

$$1,25 \times \left(\frac{1,5 \times W_k}{n_{\text{fix}}} \right) \leq \frac{P_k}{\gamma_M}$$

Les fixations doivent en outre satisfaire aux vérifications suivantes (figure 13) :

$$E1 \leq \frac{P_k}{1,25 \times 1,5 \times W_k \times L \times \gamma_M \times b_R}$$

$$E2 \leq \frac{P_k}{1,25 \times 1,5 \times W_k \times L \times \gamma_M \times b_R}$$

Avec :

E1 : largeur du plateau (m) ;

E2 = 1,6 m maximum ;

b_R : pas d'onde (m) ;

W_k : charge de vent caractéristique en dépression (daN/m^2) (cf. Note ci-dessous) ;

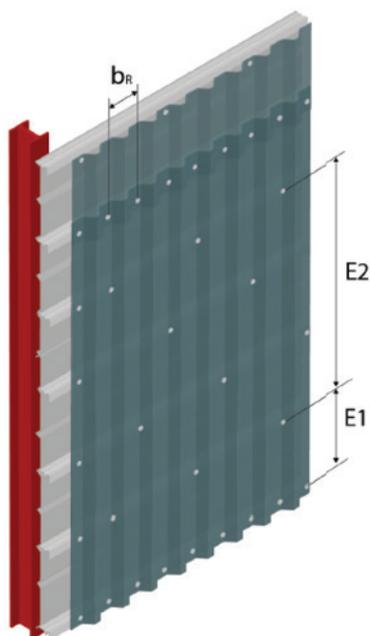
P_k : valeur de la résistance caractéristique à l'arrachement et au déboutonnage de la fixation obtenue suivant la norme NF P 30-314 (daN) dans deux lèvres de plateau ;

γ_M : coefficient de sécurité ($\gamma_M = 1,5$).

Note : La charge caractéristique de vent W_k vaut pour une justification aux ELU :

$W_k = 1,2$ fois le vent normal des Règles NV 65 modifiées 2009 (cf. Annexe E).

$W_k = W_{50}$ lorsque le vent conforme à la NF EN 1991-1-4 est utilisé (cf. Annexe A).



E1 : Largeur de plateau en m
E2 : Espacement maximum entre deux fixations le long d'une même nervure = 1,60 m
bR : Pas des ondes du profil en m

Figure 12 – Définition des paramètres de calcul pour les fixations des peaux extérieures sur les plateaux

4.7.2 Fixation de couture du pare-pluie métallique

La couture des tôles entre elles doit être réalisée avec un espacement de 1 mètre.

4.7.3 Tolérances de pose

Les tolérances propres de pose des pare-pluie métalliques s'appliquent aux points suivants définis dans le tableau 11.

Tableau 11 – Tolérances de pose des pare-pluie métalliques en acier

	Verticalité des ondes	En angle, tolérance de parallélisme entre le couvre-joint et la dernière onde	Alignement horizontal des façonnés
Pare-pluie métallique	± 15 mm / 10 m	± 15 mm / 10 m	Sans objet
En bavette	Sans objet	Sans objet	± 10 mm par rapport à une ligne idéale de 10 m
Couronnement d'acrotère	Sans objet	Sans objet	± 10 mm par rapport à une ligne idéale de 10 m

4.7.4 Recouvrements transversaux continus

Le recouvrement normal transversal L_r des pare-pluie métalliques est de 100 mm minimum pour des hauteurs de bâtiment inférieures à 20 m (figure 13).

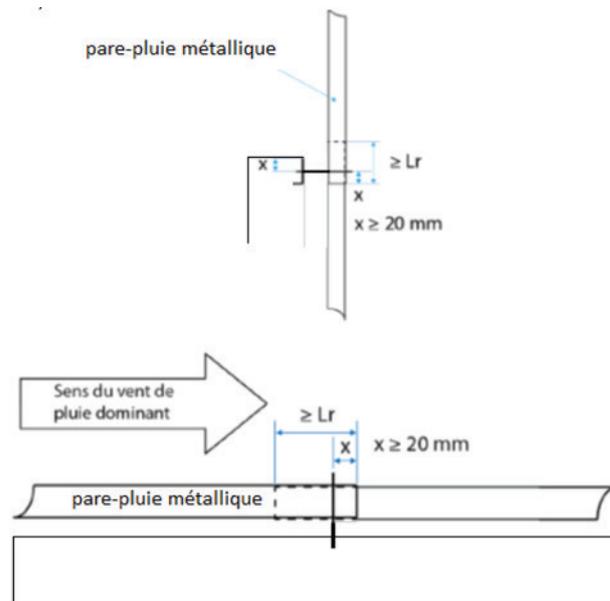


Figure 13 – Recouvrement L_r au droit d'un appui

Note : Il ne faut rien fixer sur les plateaux métalliques côté intérieur.

Annexe A

Détermination forfaitaire des actions de vent sur les plateaux métalliques selon l'Eurocode 1991-1-4 et son Annexe nationale et corrigendum

A.1 Référentiel

Pour mémoire, le référentiel pour déterminer les actions de vent est le suivant :

- NF EN 1991-1-4
- NF EN 1991-1-4/NA
- NF EN 1991-1-4/NA/A1
- NF EN 1991-1-4/NA/A2
- Corrigendum

A.2 Catégorie de terrain

- 0 Mer ou zone côtière exposée aux vents de mer, lacs et plans d'eau parcourus par le vent sur une distance d'au moins 5 km.
- II Rase campagne, avec ou non quelques obstacles isolés (arbres, bâtiments, etc.) séparés les uns des autres de plus de 40 fois leur hauteur.
- IIIa Campagne avec des haies, vignobles, bocage, habitat dispersé.
- IIIb Zones urbanisées ou industrielles, bocage dense, vergers.
- IV Zones urbaines dont au moins 15 % de la surface sont recouverts de bâtiments dont la hauteur moyenne est supérieure à 15 m, forêts.

Le rayon R dans lequel la rugosité de terrain est à qualifier (m) est défini dans le tableau A.1 ci-dessous :

Tableau A.1 – Rayon R (en m) à considérer pour le calcul de l'orographie

h (m)	10	15	20
R (m)	365	593	837

Les Documents Particuliers du Marché préciseront la catégorie de terrain de l'ouvrage.

À défaut, on peut prendre en compte, par simplification, les catégories de terrains suivantes selon la topographie du site de l'ouvrage :

- mer ou zone côtière exposée aux vents de mer, lacs et plans d'eau parcourus par le vent sur une distance d'au moins 5 km : catégorie de terrain 0 ;
- campagne : catégorie de terrain II ;
- zones urbaines ou industrielles : catégorie de terrain IIIb.

A.3 Principales hypothèses

Les hypothèses sont les suivantes :

- surface chargée : $A = 10 \text{ m}^2$;
- coefficient d'orographie $C_o(z)$:
 - colline ou falaise dans un rayon tel que défini au tableau A.1 alors $C_o(z) = 1,15$,
 - pas de colline ou de falaise dans un rayon tel que défini au tableau A.1 alors $C_o(z) = 1,0$;
- coefficient de direction : $C_{dir} = 1$;
- coefficient de saison : $C_{season} = 1$;
- coefficient de probabilité : $C_{prob} = 1$ (correspond à une période de retour de 50 ans => W_{50}) ;
- coefficient structural : $C_s C_d = 1$.

Note : Le coefficient $C_s C_d$ peut être optimisé précisément selon l'article de la revue « Construction Métallique » n° 4, 2011 : valeur du coefficient structural $C_s C_d$ pour un bâtiment en acier.

A.4 Détermination de la pression/dépression aérodynamique W agissant sur les bardages rapportés sur plateaux métalliques

La pression aérodynamique W_{50} agissant sur les surfaces est donnée par les expressions suivantes :

- Le pare-pluie métallique reprend la composante c_{pe} : $W_{50} = q_p \times c_{pe}$
- Les fixations du pare-pluie métallique, la composante c_{pe} : $W_{50} = q_p \times c_{pe}$
- Les montants d'ossature et leurs fixations reprennent la composante c_{pe} : $W_{50} = q_p \times c_{pe}$
- Le plateau reprend la composante c_{pnet} : $W_{50} = q_p \times c_{pnet}$
- Les fixations des plateaux, la composante c_{pnet} : $W_{50} = q_p \times c_{pnet}$

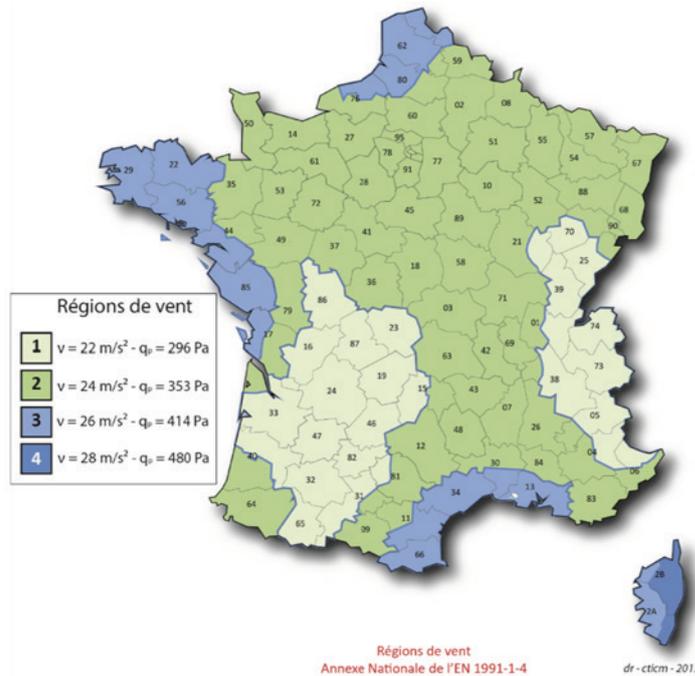


Figure A.1 – Carte Vent

Tableau A.2 – Valeurs de la pression de vent de référence q_p

Pression de vent de référence $q_p^{(1)}$ à l'ELS (daN/m ²)				
Région ⁽²⁾	Situation	Inf. à 10 m	10 à 15 m	15 à 20 m
Région 1	0	86	93	98
	II	70	77	83
	IIIa	54	62	68
	IIIb	42	50	55
	IV	38	38	44
Région 2	0	102	111	117
	II	83	92	99
	IIIa	65	74	81
	IIIb	50	59	66
	IV	46	46	52
Région 3	0	120	130	137
	II	97	108	116
	IIIa	76	87	95
	IIIb	58	69	77
	IV	53	53	61
Région 4	0	139	151	159
	II	113	125	135
	IIIa	88	101	110
	IIIb	68	80	90
	IV	62	62	71

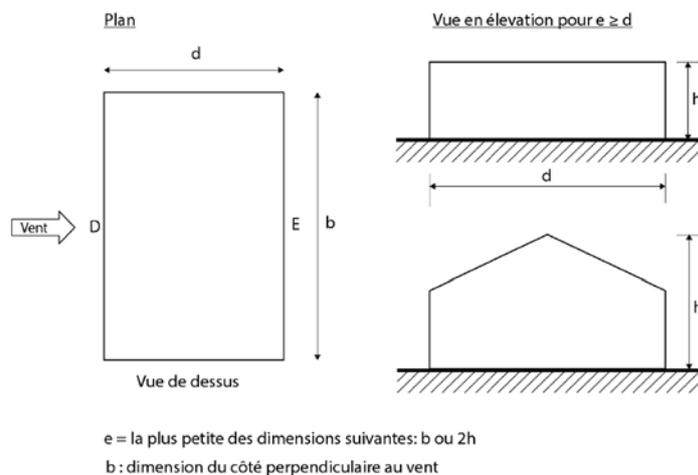
1. La pression aérodynamique W_k agissant sur les surfaces est donnée par $W_k = c_{pnet} \times q_p$; c_{pnet} étant défini au tableau A.3 ci-après.
 2. La définition des catégories de terrain est donnée dans l'Annexe nationale NF EN 1991-1-4 NA.

Le tableau A.3 ci-dessous donne des valeurs forfaitaires du coefficient c_{pnet} ; les effets de rive sont pris en compte dans la valeur c_{pnet} des fixations. Les paramètres e , d et b sont donnés dans la figure A.2.

Tableau A.3 – Valeurs des coefficients de pression $c_{pe} - c_{pi} = c_{pnet}$ à considérer pour les bardages rapportés (source e-Cahiers du CSTB n° 3732)

	Bâtiments fermés		Bâtiments ouverts	
	Profils et plateaux	Fixations	Profils et plateaux	Fixations
$e < 2,5 d$	+1,1 / -1,0	-1,4	+1,4 / -1,4	-1,8
$e > 2,5 d$	+1,1 / -1,4	-1,4	+1,4 / -1,4	-1,8

Bâtiments fermés : $c_{pi} + 0,2 / - 0,3$
 Bâtiments ouverts : $c_{pi} \pm 0,6$
 Avec le signe + pour la pression et le signe - pour la dépression.
 d est soit le long pan soit le pignon en fonction de la direction de vent considérée (on fait tourner le vent).



D = dimension de l'ouvrage dans la direction du vent considéré

Figure A.2 – Paramètres pour déterminer la charge de vent

Note : Les effets de rives sont pris en compte forfaitairement par la valeur du c_{pnet} des fixations.

A.5 Détermination des coefficients de pression pour les acrotères

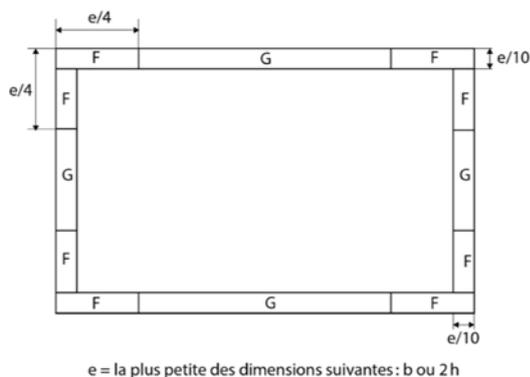


Figure A.3 – (Vue de dessus) Zone d'application des coefficients c_{pnet} pour les acrotères (b et h sont données dans la figure A.2)

Le coefficient de pression résultante c_{pnet} :

- 2,0 le long des zones F (+/- 1,0 sur chaque face et sur les fixations) de la figure A.3 ;
- 1,4 le long de la zone G (+/- 0,70 sur chaque face et sur les fixations) de la figure A.3.

Annexe B

Procédures applicables pour la détermination des performances des plateaux et des pare-pluie métalliques vis-à-vis des sollicitations perpendiculaires à leur plan selon la norme NF P 34-503

B.1 Généralités

Les performances des plateaux et pare-pluie métalliques en acier peuvent être déterminées par essais conformément à cette procédure.

En accord avec l'article 4.3 de la norme NF EN 14782, il convient de déterminer l'adéquation d'une plaque nervurée pour une application donnée par le calcul ou par essais conformément à la spécification applicable dans le pays d'utilisation, y compris les normes rendant effectives les normes européennes applicables.

L'exploitation des essais doit considérer une flèche en pression ou dépression de L/200.

Les performances usuelles des plateaux et des pare-pluie métalliques en acier peuvent également être déterminées par essais conformément aux spécifications qui suivent.

B.2 Objet

Il s'agit ici :

1. de préciser les conditions des essais conventionnels de flexion sous charges de pression et dépression réparties, destinés à déterminer les performances usuelles des plateaux et pare-pluie métalliques.
2. de définir l'interprétation de ces essais ainsi que l'établissement des tableaux et des abaques d'utilisation.

B.3 Procédure d'essais de flexion des plateaux et des pare-pluie métalliques

Exécution des essais de flexion.

B.3.1 Modalités

Elles sont définies dans la norme NF P 34-503 « Essais de flexion des plaques nervurées en tôles d'acier galvanisées revêtues ou non ». Les maquettes d'essais sont conformes au paragraphe 6.4 de cette norme.

Pour les plateaux, il sera tenu compte des dispositions suivantes :

- la maquette est constituée au minimum de 3 plateaux ;
- le couturage est possible (maquettes de type c ou d ; voir paragraphe 6.4.1 de la norme NF P 34-503) ;
- la densité de fixations des plaques nervurées aux plateaux doit être inférieure ou égale à 3 fixations/m² (voir paragraphe 6.4.2 de la norme NF P 34-503) ;

B.3.2 Programme d'essais de flexion

Ce paragraphe définit le type et le nombre minimal d'essais à exécuter. Des essais complémentaires peuvent être réalisés afin de préciser ou de compléter le domaine d'emploi du pare-pluie métallique (essais sur portées intermédiaires, essais sur portées réduites, essais d'arrachement avec densité de fixations réduite,...).

Le rapport d'essai précisera, les modes de ruine observés, les charges de ruine, de déformations permanentes et à L/200 associé aux portées testées. Il précisera également toutes les caractéristiques des profils et matériaux testés ainsi que les configurations d'essai.

B.3.3 Essais minimum sous charges réparties (en pression)

Les maquettes sont posées et fixées sur les appuis.

Les essais à réaliser sont au minimum les suivants :

- Pour les plateaux et pare-pluie métalliques :

	3 appuis	2 appuis
Grande portée	L 31	L 21
Petite portée	L 32	L 22

La grande portée est généralement celle correspondant à une charge à l'essai, supérieure ou égale à 40 daN/m² pour une flèche L/200 et/ou supérieure ou égale à 80 daN/m² à la ruine, compte tenu du poids du système de transmission des charges.

La petite portée est choisie pour une charge de ruine supérieure ou égale à 280 daN/m².

B.3.4 Essais minimum sous charges réparties (en dépression)

Les maquettes sont disposées et fixées sous les appuis.

Les essais à réaliser sont au minimum les suivants :

- Pour les plateaux et pare-pluie métalliques :

	3 appuis	2 appuis
Grande portée	L' 31	L' 21
Petite portée	L' 32	L' 22

La grande portée est généralement celle correspondant à une charge à l'essai, supérieure ou égale à 40 daN/m² pour une flèche L/200 et/ou supérieure ou égale à 80 daN/m² à la ruine, compte tenu du poids du système de transmission des charges.

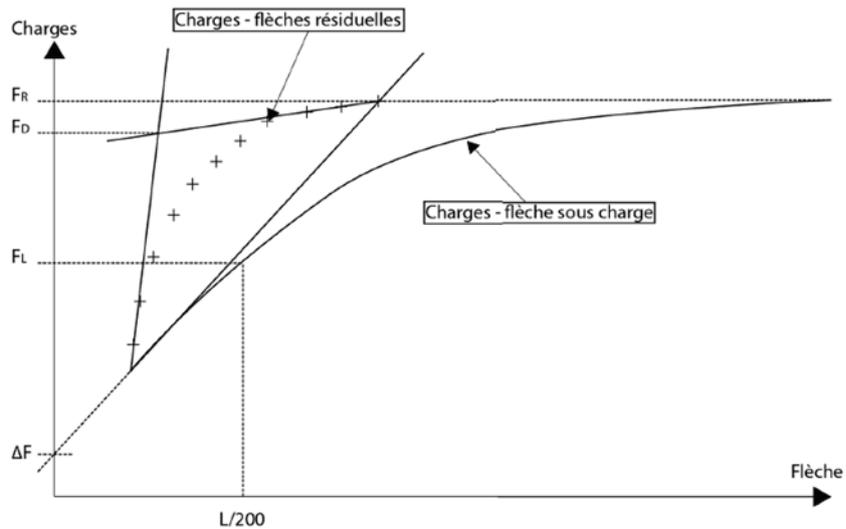
La petite portée est choisie pour une charge de ruine supérieure ou égale à 280 daN/m².

B.4 Interprétation des résultats des essais

B.4.1 Résultats des essais

B.4.1.1 Correction des graphiques charge / flèche

Le bombement éventuel des éléments avant mise en charge peut introduire un décalage des graphiques charge-déformation par rapport à l'origine des coordonnées (charges en ordonnées, flèches en abscisses). La correction est effectuée en prenant, pour origine réelle des charges, l'intersection de la droite représentative de la variation des flèches avec l'axe des ordonnées. Il est aussi nécessaire de corriger l'origine du graphique du poids propre de la maquette (*figure B1*). Le tracé des déformations permanentes est effectué comme indiqué à la figure B1 ci-après. Le tracé des déformations permanentes est effectué selon la NF P 34-503 suivant la figure B1.



F_R : charge brute de ruine.
 F_D : charge brute de déformation permanente obtenue par la méthode de la tangente conformément à la norme NF P 34-503.
 F_L : charge brute pour une flèche à mi-travée égale au 200^{ème} de la portée d'essai.
 ΔF : correction de l'axe des charges, en valeur algébrique. Dans l'exemple ΔF est négatif.
 PP : poids propre de la maquette.
 Les charges d'essai sont obtenues par les relations suivantes :
 $U = F_L + \Delta F$
 $D = F_D + \Delta F + PP$, avec $D \leq R$
 $R = F_R + PP$

Figure B.1 – Représentation du tracé des déformations permanentes selon la NF P 34-503

B.4.1.2 Charges

Pour chaque essai réalisé, les charges suivantes sont relevées :

Tableau B.1 – Charges relevées pour chaque essai

	Appuis	Portée (m)	Charges (daN/m ²)		
			Flèche L/200	Ruine	Déformation permanente
Essai sous charge descendante/pression	3	L 31	U 31	R 31	D 31
		L 32	U 32	R 32	D 32
	2	L 21	U 21	R 21	
		L 22	U 22	R 22	
Essai sous charge ascendante/dépression	3	L' 31	U' 31	R' 31	D' 31
		L' 32	U' 32	R' 32	D' 32
	2	L' 21	U' 21	R' 21	
		L' 22	U' 22	R' 22	

Note 1 : Les poids propres des maquettes (profil + bois de chargement + etc.) doivent être inclus aux valeurs des différentes charges.

B.4.2 Interprétation des résultats des essais

Principe

À partir des essais, on détermine les valeurs :

Pour les grandes portées :

- des moments d'inertie sous charge répartie en pression et en dépression ;
- des moments de flexion correspondant d'une part, à la ruine en travée des tôles de pare-pluie métallique, d'autre part, au critère d'apparition de déformation permanente sur appui intermédiaire.

Pour les petites portées :

- des réactions d'appui maximal (charges en pression) ou des efforts d'arrachement maximaux (charges en dépression) correspondant d'une part, au critère d'apparition de déformation permanente sur appui intermédiaire, d'autre part, à la charge (répartie) maximale notée lors de l'essai.

Ensuite, essai par essai, les valeurs ci-dessus sont corrigées afin de tenir compte notamment des écarts entre épaisseur et limite d'élasticité nominales des tôles.

Les moments d'inertie et les moments de flexion peuvent également être déterminés pour les petites portées et d'éventuelles portées intermédiaires. En l'occurrence, et selon le domaine d'emploi du produit par rapport aux résultats d'essais disponibles, les valeurs de calcul seront déterminées en conséquence (cf. B.4.3).

Enfin, pour chaque cas de chargement, on détermine les valeurs de calcul :

- des moments d'inertie sous charge répartie en pression et en dépression ;
- des moments de flexion ; des réactions sur appui en pression ;
- des efforts d'arrachement aux appuis en dépression.

B.4.3 Corrections en fonction des épaisseurs et des limites d'élasticité

Soit :

t_n : épaisseur nominale de la tôle d'acier galvanisée.

t_e : épaisseur moyenne de la tôle d'acier galvanisée mesurée sur chaque maquette.

f_y : limite d'élasticité minimale garantie.

f_{ye} : limite d'élasticité moyenne mesurée sur chaque maquette.

γ_t : coefficient ayant les valeurs suivantes selon le type de tolérances sur épaisseur selon les normes P 34-310 ; NF EN 10143 :

- tolérances décalées (D) : 1,00
- tolérances spéciales (S) : 1,00
- tolérances normales (N) : 0,93

Pour les plateaux, les tolérances doivent être décalées ou spéciales. Pour les pare-pluie métalliques les tolérances peuvent être normales, décalées ou spéciales.

On procède essai par essai aux corrections en multipliant les moments d'inertie, les moments de flexion et les résistances aux appuis, calculés, par les facteurs ci-dessous :

a) Moments d'inertie :

$$\beta_I = \gamma_t \times \left(\frac{t_n}{t_e}\right)^\beta$$

Il convient de déterminer l'exposant β à utiliser dans l'expression ci-dessus de la façon suivante :

- si $t_e \leq t_n$: $\beta = 1$
- si $t_e > t_n$: $\beta = 2$

b) Moment de flexion sous chargement réparti :

$$\beta_M = \gamma_t \times \left(\frac{t_n}{t_e}\right)^\beta \times \left(\frac{f_y}{f_{ye}}\right)^\alpha$$

Pour les pare-pluie métalliques ou les plateaux pour lesquels les parois comprimées présentent des rapports b/t_n (b étant la largeur de référence d'une paroi bb ou bt) tels que le flambement local constitue clairement le mode de ruine : $\alpha = 0,5$. Dans les autres cas $\alpha = 1,0$ (ruine par plastification).

Il convient de déterminer l'exposant β à utiliser dans l'expression ci-dessus de la façon suivante :

- si $t_e \leq t_n$: $\beta = 1$
- si $t_e > t_n$: $\beta = 2$

c) Réaction d'appui ou effort d'arrachement à l'appui :

$$\beta_R = \gamma_t \times \left(\frac{t_n}{t_e}\right)^\beta \times \left(\frac{f_y}{f_{ye}}\right)^\alpha$$

Pour les pare-pluie métalliques ou les plateaux pour lesquels les parois comprimées présentent des rapports b/t_n (b étant la largeur de référence d'une paroi bb ou bt) tels que le flambement local constitue clairement le mode de ruine : $\alpha = 0,5$. Dans les autres cas $\alpha = 1,0$ (ruine par plastification).

Il convient de déterminer l'exposant β à utiliser dans l'expression ci-dessus de la façon suivante :

- si $t_e \leq t_n$: $\beta = 1$
- si $t_e > t_n$: $\beta = 2$

B.4.4 Corrections du fait du nombre d'essais et de la représentativité de la procédure d'essais

Afin de tenir compte des incertitudes relatives au nombre d'essais considérés et à la représentativité de la procédure d'essais par rapport aux charges réellement appliquées en pratique, les valeurs des caractéristiques significatives du comportement des tôles de pare-pluie métallique ou plateaux sont pondérées par un coefficient γ_r égal à :

a) Moments d'inertie :

- un seul essai (grande portée) pris en compte : $\gamma_{rI} = 0,95$;
- deux essais au minimum, dont la grande portée, pris en compte : $\gamma_{rI} = 1,00$.

b) Moment de flexion sous chargement réparti :

Deux essais au minimum (portées différentes pour charges de ruine inférieures à 450 daN/m²) pris en compte : $\gamma_{rM} = 1,0$.

c) Réaction d'appui ou effort d'arrachement à l'appui :

- un seul essai (petite portée) pris en compte : $\gamma_{rR} = 0,95$;
- deux essais au minimum (pour charges de ruine supérieures ou égales à 280 daN/m²) pris en compte : $\gamma_{rR} = 1,0$.

B.4.5 Valeurs de calcul

Un tableau doit être établi en tenant compte des propriétés les plus faibles mesurées compte tenu de l'influence du sens de pose (pour les pare-pluie métalliques), de la densité des fixations, de la largeur des appuis.

Lorsque ces données sont différentes des conditions minimales requises par la norme NF P 34-503, la mention précise des conditions retenues devra accompagner l'édition du présent tableau et/ou celle du tableau des charges et portées limites utiles. Au besoin, des tableaux plus complets pourront être publiés (cf. Annexe H).

B.4.5.1 Action des charges réparties en pression

a) Moments d'inertie conventionnels :

À partir des essais sur deux ou trois appuis sous charge en pression, on détermine les moments d'inertie conventionnels suivants :

- Travée simple :

$$I_2 = \gamma_{rI2} \times \frac{5}{384} \times \frac{1}{E} \times \frac{1}{n} \times \sum_{i=1}^n \beta_{I2i} \times \frac{U_{2i} \times L_{2i}^4}{f_{2i}}$$

avec :

E : module d'Young = 210 GPa ;

U_i : charge (daN/m²);

L_i : portée (m) ;

f_i : flèche pour la charge U_i à la portée L_i (m) ;

n : nombre d'essais pris en compte.

- Travée double :

$$I_3 = \gamma_{rI3} \times \frac{1}{192} \times \frac{1}{E} \times \frac{1}{n} \times \sum_{i=1}^n \beta_{I3i} \times \frac{U_{3i} \times L_{3i}^4}{f_{3i}}$$

- Autres cas de continuité :

$$I_m = \frac{I_2 + I_3}{2}$$

b) Moments de flexion conventionnels :

À partir des essais sur deux ou trois appuis sous charge en pression, on détermine les moments de flexion conventionnels suivants :

$$M_{2T} = \gamma_{rM2} \times \frac{1}{n} \times \sum_{i=1}^n \beta_{M2i} \times \frac{R_{2i} \times L_{2i}^2}{8}$$

$$M_{3A} = \gamma_{rM3} \times \frac{1}{n} \times \sum_{i=1}^n \beta_{M3i} \times \frac{D_{2i} \times L_{3i}^2}{8}$$

$$M_{3T} = \gamma_{rM3} \times \frac{1}{n} \times \sum_{i=1}^n \beta_{M3i} \times \frac{R_{3i} \times L_{3i}^2}{8}$$

c) Réaction d'appui maximale conventionnelle :

À partir de l'essai sur trois appuis (petite portée) sous charge en pression, on détermine les réactions d'appui maximal conventionnelles suivantes :

$$R_D = \gamma_{rR3} \times 1.024 \times \frac{1}{n} \times \sum_{i=1}^n \beta_{R3i} \times D_{3i} \times L_{3i}$$

$$R_R = \gamma_{rR3} \times 1.024 \times \frac{1}{n} \times \sum_{i=1}^n \beta_{R3i} \times R_{3i} \times L_{3i}$$

R = minimum [R_D ; $0,80 \times R_R$]

Ces valeurs de résistance des tôles de pare-pluie métallique ou des plateaux sur appui sont conventionnelles car pour obtenir des valeurs réellement significatives il faudrait faire les essais avec des portées excessivement courtes souvent sans rapport avec le domaine d'emploi courant (pressions sous vent normal pratiquement inférieures ou égales à 200 daN/m²).

B.4.5.2 Action des charges réparties en dépression

Les dispositions qui suivent sont données pour un mode de pose et pour un mode et un nombre de fixations déterminés.

Dans ce qui suit les γ' sont égaux aux γ .

a) Moments d'inertie conventionnels :

À partir des essais sur deux ou trois appuis en dépression, on détermine les moments d'inertie conventionnels suivants :

- Travée simple :

$$I'_2 = \gamma'_{rI2} \times \frac{5}{384} \times \frac{1}{E} \times \frac{1}{n} \times \sum_{i=1}^n \beta'_{I2i} \times \frac{U'_{2i} \times L'_{2i}{}^4}{f'_{2i}}$$

- Travée double :

$$I'_3 = \gamma'_{rI3} \times \frac{1}{192} \times \frac{1}{E} \times \frac{1}{n} \times \sum_{i=1}^n \beta'_{I3i} \times \frac{U'_{3i} \times L'_{3i}{}^4}{f'_{3i}}$$

- Autres cas de continuité :

$$I'_m = \frac{I'_2 + I'_3}{2}$$

b) Moments de flexion conventionnels :

À partir des essais sur deux ou trois appuis en dépression, on détermine les moments de flexion conventionnels suivants :

$$M'_{2T} = \gamma'_{rM2} \times \frac{1}{n} \times \sum_{i=1}^n \beta'_{M2i} \times \frac{R'_{2i} \times L'_{2i}{}^2}{8}$$

$$M'_{3A} = \gamma'_{rM3} \times \frac{1}{n} \times \sum_{i=1}^n \beta'_{M3i} \times \frac{D'_{2i} \times L'_{3i}{}^2}{8}$$

$$M'_{3T} = \gamma'_{rM3} \times \frac{1}{n} \times \sum_{i=1}^n \beta'_{M3i} \times \frac{R'_{3i} \times L'_{3i}{}^2}{8}$$

c) Efforts d'arrachement conventionnels :

À partir de l'essai sur trois appuis (petite portée), on détermine les efforts d'arrachement conventionnels suivants :

$$S_D = \gamma'_{rR3} \times 1.024 \times \frac{1}{n} \times \sum_{i=1}^n \beta'_{R3i} \times D'_{3i} \times L'_{3i}$$

$$S_R = \gamma'_{rR3} \times 1.024 \times \frac{1}{n} \times \sum_{i=1}^n \beta'_{R3i} \times R'_{3i} \times L'_{3i}$$

$$S_a = \text{minimum} [S_D ; 0,80 \times S_R]$$

Ces valeurs de résistance aux efforts d'arrachement aux appuis sont conventionnelles car pour obtenir des valeurs réellement significatives, il faudrait faire les essais avec des portées excessivement courtes souvent sans rapport avec le domaine d'emploi courant (dépressions sous vent normal inférieures ou égales à 200 daN/m²).

Cependant, la vérification de ces efforts conventionnels, telle que prévue aux paragraphes B.4.5.1.b et B.4.5.2.b pour les moments résistants, permet de faire les extrapolations à des charges supérieures à 200 daN/m² tout en assurant un niveau de sécurité convenable.

Dans le cas de rupture des assemblages, la valeur de S_a sera déterminée en remplaçant dans la formule le coefficient 0,80 par 0,50.

d) Influence du nombre de nervures fixées (pare-pluie métalliques) :

Les hypothèses suivantes sont considérées :

- Pose avec plages saillantes :

Les essais sont réalisés avec les fixations disposées en fond de nervure principale à raison d'une fixation par nervure et par appui.

Des essais spécifiques peuvent être exécutés avec un nombre réduit de fixations sur appui intermédiaire sachant que le minimum est d'une fixation à chaque rive et une troisième fixation au droit d'une nervure principale intermédiaire.

En l'absence d'essais spécifiques pour les cas où toutes les nervures ne sont pas fixées sur appui intermédiaire, les valeurs de calcul seront déterminées en multipliant toutes les valeurs l'_3 , l'_m , M'_{2T} , M'_{3T} , M'_{3A} et S_a utilisées pour les calculs en continuité par $\frac{n_-}{n_+}$.

Avec :

n_+ : nombre de nervures principales par largeur de tôle (chaque nervure de rive compte pour 1/2).

n_- : nombre de nervures principales fixées par largeur de tôle (chaque nervure de rive compte pour 1/2).

Note 2 : Pour les calculs en continuité avec fixation réduite, M'_{2T} sera systématiquement corrigé.

B.5 Interpolations, extrapolations et cas particuliers

B.5.1 Épaisseur et limite d'élasticité

Les valeurs obtenues par le calcul selon le § B.4.5 sont interpolables linéairement entre chaque épaisseur nominale testée.

Les valeurs obtenues par le calcul sont extrapolables :

- pour les épaisseurs nominales supérieures : par simple proportionnalité du rapport des épaisseurs nominales ;
- pour les épaisseurs nominales inférieures : par simple proportionnalité du rapport des épaisseurs nominales mais dans la limite d'une épaisseur réduite d'au plus 10 % par rapport à l'épaisseur nominale testée considérée et à condition que la limite d'élasticité minimale soit accrue dans le même rapport ;
- pour les limites d'élasticité : si f_y est supérieure à $1,05 \times f_{ye}$, alors le traitement des essais s'effectue avec $f_y = 1,05 \times f_{ye}$.

B.5.2 Critère de flèche

Les moments d'inertie restent valables pour des critères de flèche plus sévères.

B.5.3 Influence des dispositions de pose et de fixation

Valeurs de calcul pour pose avec plages saillantes :

Les essais sont réalisés avec les fixations disposées en fond de nervure principale à raison d'une fixation par nervure et par appui. Ces valeurs de calcul sont uniquement valables pour ce type de pose.

B.5.4 Largeur d'appui

Les valeurs de calcul sont valables pour les largeurs qui respectent les valeurs minimales d'appui définies.

Pour des largeurs d'appui supérieures à 60 mm pour les tôles de pare-pluie métallique et 80 mm pour les plateaux, les vérifications peuvent être effectuées en considérant pour les charges de pression, les valeurs de portée aux nus d'appuis déterminées en retranchant aux portées indiquées dans les tableaux respectivement 60 mm pour les tôles et 80 mm pour les plateaux, sans dépasser une valeur de 300 mm.

B.5.5 Tôles de pare-pluie métallique ou plateaux à parois perforées ou crevées

Les valeurs de calcul des tôles de pare-pluie métallique ou des plateaux comportant des parois perforées ou crevées, peuvent être déterminées par extrapolation des valeurs de calcul définies pour les produits à parois pleines en comparant les valeurs issues des essais pour les mêmes valeurs de grande et de petite portée. Si on ne teste qu'une épaisseur, il s'agit du 0,75 mm.

Les coefficients obtenus seront également appliqués pour définir les valeurs de calcul utilisées en travée simple.

Cette démarche est à appliquer tant en pression qu'en dépression.

B.5.6 Rapports d'essai antérieurs à la présente procédure

Ce paragraphe concerne les procès-verbaux antérieurs à la présente procédure.

B.5.6.1 Largeurs d'appui

Les largeurs d'appui utilisées, si elles sont supérieures à 60 mm pour les tôles de pare-pluie métallique et 80 mm pour les plateaux, sont mentionnées dans la fiche technique.

B.5.6.2 Procès-verbaux avec DP et ruine sur une seule portée, par type d'essai

Le calcul du moment de flexion s'effectue selon B.4.5.1.b et B.4.5.2.b avec un essai et $\gamma_{rM} = 0,95$.

La réaction d'appui se calcule selon B.4.5.1.c et B.4.5.2.c avec un essai et $\gamma_{rR} = 0,95$.

On prend une valeur de DP ($D_{3i} = U_{3i}$ et $D'_{3i} = U'_{3i}$ si l'essai ne permet pas de déterminer de DP) égale à la valeur de charge correspondant au critère de flèche 1/200 dans la mesure où cette déformation est dans la partie élastique de la courbe :

$$R_R = R_D = \gamma'_{rR} \times 1.024 \times \frac{1}{n} \times \sum_{i=1}^n \beta'_{R3i} \times U'_{3i} \times L'_{3i}$$

ditto $S_R = S_D$

B.5.6.3 Distance de couturage

La distance de couturage entre les plateaux doit être mentionnée dans la fiche technique, si elle est inférieure à 1 m.

Le tableau de charges/portées est établi conformément à l'Annexe H.

B.5.7 Supervision des essais

Les essais mécaniques sont supervisés par une tierce partie indépendante compétente en éléments minces en acier.

Annexe C

Caractéristiques des fixations et de leurs accessoires

C.1 Principe

Les systèmes de fixation doivent être choisis de façon à permettre une tenue à la corrosion du bardage rapporté sur plateaux métalliques égale ou supérieure à celle des éléments qu'ils assemblent. Ils doivent être compatibles avec les matériaux utilisés pour la fabrication de ces éléments. Les fixations doivent être :

- en matériau inoxydable ou protégées contre la corrosion, conçues de manière qu'aucun couple électrolytique incompatible ne puisse prendre naissance entre les éléments à assembler (fixation, pare-pluie métallique, ossature) ;
- choisies en fonction de l'élément à maintenir (conception géométrique de la fixation afin d'éviter le déboutonnage du pare-pluie métallique) ;
- munies d'un dispositif d'étanchéité ou être étanches par elles-mêmes de façon à assurer l'étanchéité de l'assemblage du pare-pluie métallique (voir Annexe F.4).

C.2 Systèmes de fixation

Tableau C.1 – Caractéristiques des vis utilisées en bardage pour la fixation des plateaux de bardage

Structure porteuse	Fixation	Élément	Dimensions et caractéristiques	Matériaux ⁽¹⁾ et protection contre la corrosion ⁽²⁾
Bois	Vis autoperceuse à bois Vis autotarau-deuse à bois	Tige et tête de vis	Diamètre extérieur minimal de filetage : 6,3 mm Longueur telle que la profondeur d'ancrage soit d'au moins 50 mm. Collerette sous tête : – diamètre extérieur minimal : 15 mm, – épaisseur minimum 1,5 mm sur diamètre moyen	Acier inoxydable austénitique A2 selon NF EN ISO 3506-1 à 4. Acier de cémentation selon la NF EN 10263-3. Protection : revêtement métallique + revêtement superficiel complémentaire permettant d'obtenir une résistance à la corrosion ≥ 12 cycles Kesternich selon NF EN ISO 3231 (à 2 litres de SO ₂ sans apparition de rouille rouge)
Acier ou béton avec insert	Vis autoperceuse Vis autotarau-deuse	Tige et tête de vis	Diamètre extérieur minimal de filetage : 5,5 mm Collerette sous tête : – diamètre extérieur minimal : 15 mm, – épaisseur minimum 1,5 mm sur diamètre moyen	Acier inoxydable austénitique A2 selon NF EN ISO 3506-1 à 4. Acier de cémentation selon la NF EN 10263-3. Protection : revêtement métallique + revêtement superficiel complémentaire permettant d'obtenir une résistance à la corrosion ≥ 12 cycles Kesternich selon NF EN ISO 3231 (à 2 litres de SO ₂ sans apparition de rouille rouge)
<p>1. Les nuances spécifiées sont des nuances minimales.</p> <p>2. La protection contre la corrosion est réalisée à la fabrication des fixations.</p>				

Tableau C.2 – Fixations de couture du pare-pluie métallique

Fixation	Élément	Dimensions et caractéristiques	Matériaux ⁽¹⁾ et protection contre la corrosion ⁽²⁾
Vis autoperceuse Vis autotaraudeuse	Tige de vis	Diamètre extérieur minimal de filetage : 4,8 mm. Vis autoperceuse avec pointe foret réduite, de longueur telle que le filetage de la vis soit visible sous la tôle après pose. Vis autotaraudeuse de longueur telle que le dépassement sous le support après pose soit au moins égal au diamètre de la vis.	Acier inoxydable austénitique A2 selon NF EN ISO 3506-1. Acier de cémentation selon la NF EN 10084. Protection : revêtement métallique + revêtement superficiel complémentaire permettant d'obtenir une résistance à la corrosion ≥ 12 cycles Kesternich selon NF EN ISO 3231 (à 2 litres de SO ₂ sans apparition de rouille rouge)
	Tête de vis	La zone d'appui rigide est constituée : – soit de l'embase des têtes surmoulées polyamide ou métalliques, de diamètre ≥ 14 mm ⁽³⁾ , – soit de l'embase des têtes surmoulées polyamide, de diamètre ≥ 14 mm, munies en sous-face d'au moins une lèvre souple afin d'assurer l'étanchéité.	Acier inoxydable austénitique A2 selon NF EN ISO 3506-1. Alliage d'aluminium AGS 6060 selon NF EN 1301-1. Acier de cémentation selon la NF EN 10084. Protection : revêtement métallique + revêtement superficiel complémentaire permettant d'obtenir une résistance à la corrosion ≥ 12 cycles Kesternich selon NF EN ISO 3231 (à 2 litres de SO ₂ sans apparition de rouille rouge), avec en plus Surmoulage en polyamide 6, 11, PA 6-6, résistant aux UV, ou Moulage en alliage d'aluminium Zamak selon NF EN 1774 et NF EN 12844, ou Sertissage d'une feuille en acier inoxydable austénitique X9CrNi18-8 selon NF EN 10088-2.
	Rondelle d'étanchéité	Épaisseur minimale : 2 mm. Diamètre du trou de passage au plus égal au diamètre de tige (partie lisse) de la fixation. Diamètre extérieur ≥ 8 mm.	Élastomère selon NF P 85-301 de dureté de 55 à 65 D.I.D.C selon NF T 46-003.
Rivet étanche	Corps du rivet	Diamètre minimal du corps : 4,8 mm. Diamètre minimal de la tête : 8 mm. Épaisseur de la tête : 1,2 mm. Longueur minimale du rivet : 12 mm.	Corps en alliage d'aluminium 1200 selon NF EN 1301-1.
	Mandrin	—	Pour les tôles en acier : mandrin en acier inoxydable austénitique A2 Z6CN18-09 selon NF A 35-575. Pour les tôles en aluminium : – mandrin en alliage d'aluminium 1200 selon NF EN 1301-1, ou – mandrin en acier inoxydable austénitique A2 Z6CN18-09 selon NF A 35-575
<p>1. Les nuances spécifiées sont des nuances minimales.</p> <p>2. La protection contre la corrosion est réalisée à la fabrication des fixations.</p> <p>3. Les dimensions et caractéristiques ainsi que les matériaux et protection contre la corrosion sont donnés au tableau C.4.</p>			

Annexe D Choix des revêtements

D.1 Choix des revêtements

D.1.1 Revêtements métalliques

Pour les tôles d'acier avec revêtement métallique on trouve ci-après (tableaux D.1 et D.2) un guide de choix des revêtements en fonction de la destination des produits.

Le guide d'application GA A 36-335 permet d'établir la corrélation entre les performances des tôles d'acier galvanisées établies selon la norme NF EN 10346 et les catégories de performances établies dans la norme P 34-310.

Dans le cas de bâtiment ouvert ou dont les parois intérieures peuvent être soumises à l'atmosphère extérieure du site, le plateau devra être prévu avec un revêtement identique au pare-pluie métallique.

Tableau D.1 – Choix des revêtements de la face extérieure du pare-pluie métallique

Métallique	Atmosphère extérieure								
	Rurale non polluée	Urbaine ou industrielle		Marine				Spéciale	
		Normale	Sévère	20 à 10 km	10 à 3 km	Bord de mer (< 3 km) (**)	Mixte	Fort UV	Particulière
Z350	■	○	–	○	–	–	–	–	–
Z450 (a)	■	■	○	■	○	○	○	–	○
AZ185 (*)	■	■	○	■	■	■	○	–	○
ZA255	■	■	○	■	■	■	○	–	○
AL230	■	■	○	■	○	○	○	–	○
ETPM (*)	○	○	○	○	○	○	○	–	○

(*) ETPM : Evaluation Technique Préalable Matériaux : disponible sur le site du fabricant.
(**) A l'exception du front de mer et des expositions aux embruns marins.
■ Revêtement adapté.
– Revêtement non adapté.
○ Cas pour lequel l'application définitive ou le choix d'un revêtement plus performant ou la définition de dispositions particulières doit être arrêté après consultation et accord du fabricant de bobines galvanisées.
(a) Produit non courant, disponible sur demande et sur la base d'une grande quantité.

Tableau D.2 – Choix des revêtements de la face intérieure du plateau (bâtiment fermé)

Métallique	Ambiance intérieure du bâtiment	
	Ambiances saines (non agressives)	
	Hygrométrie faible	Hygrométrie moyenne
Z180	■	○
Z200	■	○
Z225	■	○
Z275	■	■
AZ185 (*)	■	■
ZA255	■	■
AL195	■	■
AL230	■	■
ETPM (*)	○	○

(*) ETPM : Evaluation Technique Préalable Matériaux : disponible sur le site du fabricant.
■ Revêtement adapté.
○ Cas pour lequel l'application définitive ou le choix d'un revêtement plus performant ou la définition de dispositions particulières doit être arrêté après consultation et accord du fabricant de bobines galvanisées.

D.1.2 Revêtements prélaqués

Pour les tôles d'acier galvanisées prélaquées ou non, on trouve ci-après (tableaux D.3 et D.4) un guide de choix des revêtements en fonction de la destination des produits.

Les guides d'application GA A 36-351 et GA A 36-355 permettent d'établir la corrélation entre les performances des tôles d'acier galvanisées prélaquées établies selon la norme NF EN 10169+A1 et les catégories de performances établies dans la norme XP P 34-301.

Dans le cas de bâtiment ouvert ou dont les parois intérieures peuvent être soumises à l'atmosphère extérieure du site, la peau intérieure devra être prévue avec un revêtement identique au pare-pluie métallique.

Tableau D.3 – Choix des revêtements de la face extérieure du pare-pluie métallique

Métallique	Catégorie de revêtement selon norme XP P 34-301 face exposée	Atmosphère extérieure								
		Rurale non polluée	Urbaine ou industrielle		Marine				Spéciale	
			Normale	Sévère	20 à 10 km	10 à 3 km	Bord de mer (< 3 km) (**)	Mixte	Fort UV	Particulière
Z225 ou AL195 ou ZA200	III	■	■	○	■	–	–	○	–	○
	IV	■	■	○	■	■	–	○	–	○
	V	■	■	○	■	■	■	○	–	○
	VI	■	■	○	■	■	■	○	■	○
ETPM (*)	ETPM (*)	○	○	○	○	○	○	○	○	○
AZ185	ETPM (*)	○	○	○	○	○	○	○	○	○

(*) ETPM : Evaluation Technique Préable Matériaux : disponible sur le site du fabricant
(**) A l'exception du front de mer et des expositions aux embruns marins.

■ Revêtement adapté.
– Revêtement non adapté.
○ Cas pour lequel l'application définitive ou le choix d'un revêtement plus performant ou la définition de dispositions particulières doit être arrêté après consultation at accord du fabricant de bobines galvanisées.

Tableau D.4 – Choix des revêtements de la face intérieure des plateaux en bâtiment fermé

Métallique	Catégorie de revêtement selon norme XP P 34-301 face exposée	Ambiance intérieure du bâtiment	
		Hygrométrie faible non agressive	Hygrométrie moyenne non agressive
Z100	I	■	–
	II	■	■
Z225	I	■	–
	II	■	■
	IIIa	■	■
	IVb	■	■
	Vc	■	■
AZ185 (*)	IVb	■	■
ZA255	IVb	■	■
AL195		■	■
AL203		■	■
ETPM (*)	ETPM (*)	○	○

(*) ETPM : Evaluation Technique Préable Matériaux : disponible sur le site du fabricant.

■ Revêtement adapté.
– Revêtement non adapté.
○ Cas pour lequel l'application définitive ou le choix d'un revêtement plus performant ou la définition de dispositions particulières doit être arrêté après consultation at accord du fabricant de bobines galvanisées.

Catégories de performances établies dans la norme XP P 34-301.

Tableau D.5 – Choix des revêtements de la face envers du pare-pluie métallique

Métallique	Catégorie de revêtement selon norme XP P 34-301 face exposée	Atmosphère extérieure								
		Rurale non polluée	Urbaine ou industrielle		Marine				Spéciale	
			Normale	Sévère	20 à 10 km	10 à 3 km	Bord de mer (< 3 km) (**)	Mixte	Fort UV	Particulière
Z225	I	■	■	○	■	■	–	○	–	○
	IV	■	■	○	■	■	○	○	–	○
AZ185 (*)	IV	■	■	○	■	■	■	○	–	○
ZA255	VI	■	■	○	■	■	■	○	–	○
AL230		■	○	–	○	–	–	–	○	○
ETPM (*)	ETPM (*)	○	○	○	○	○	○	○	–	○

(*) ETPM : Evaluation Technique Préalable Matériaux : disponible sur le site du fabricant.

(**) A l'exception du front de mer et des expositions aux embruns marins.

■ Revêtement adapté.

– Revêtement non adapté.

○ Cas pour lequel l'application définitive ou le choix d'un revêtement plus performant ou la définition de dispositions particulières doit être arrêté après consultation et accord du fabricant de bobines galvanisées.

Catégories de performances établies dans la norme XP P 34-301.

Tableau D.6 – Choix de la face envers des plateaux pleins (côté isolation)

Métallique	Catégorie de revêtement selon norme XP P 34-301 face exposée	Ambiance intérieure du bâtiment	
		Hygrométrie faible non agressive	Hygrométrie moyenne non agressive
Z100	I	■	–
	II	■	■
Z225	I	■	–
	II	■	■
	IIIa	■	■
	IVb	■	■
	Vc	■	■
AZ185 (*)	IVb	■	■
ZA255	IVb	■	■
AL195		■	■
AL203		■	■
ETPM (*)	ETPM (*)	○	○

(*) ETPM : Evaluation Technique Préalable Matériaux : disponible sur le site du fabricant.

■ Revêtement adapté.

– Revêtement non adapté.

○ Cas pour lequel l'application définitive ou le choix d'un revêtement plus performant ou la définition de dispositions particulières doit être arrêté après consultation et accord du fabricant de bobines galvanisées.

Catégories de performances établies dans la norme XP P 34-301.

Tableau D.7 – Choix de la face envers des plateaux perforés (côté isolation) pour bâtiment fermé

Métallique	Catégorie de revêtement selon norme XP P 34-301 face exposée	Ambiance intérieure du bâtiment	
		Hygrométrie faible non agressive	Hygrométrie moyenne non agressive
Z100 (**)	I	■	–
	II	■	■
Z225	I	■	–
	II	■	■
	IIIa	■	■
	IVb	■	■
	Vc	■	■
AZ185 (*)	IVb	■	■
ZA255	IVb	■	■
AL195		■	■
AL203		■	■
ETPM (*)	ETPM (*)	○	○

(*) ETPM : Evaluation Technique Préalable Matériaux : disponible sur le site du fabricant.
(**) Z100 uniquement pour les plateaux.
■ Revêtement adapté.
– Revêtement non adapté.
○ Cas pour lequel l'application définitive ou le choix d'un revêtement plus performant ou la définition de dispositions particulières doit être arrêté après consultation at accord du fabricant de bobines galvanisées.

D.1.3 Cas des pare-pluie métalliques en inox

Toutes les ambiances intérieures sont admises pour les nuances X5CrNi 18-10 et X2CrNiMo 17-12-2.

Pour les atmosphères extérieures, le tableau suivant s'applique.

Tableau D.8 – Choix des revêtements pour l'inox

Type d'acier inoxydable	Rurale non polluée	Urbaine ou industrielle		Marine				Spéciale	
		Normale	Sévère	20 à 10 km	10 à 3 km	Bord de mer (< 3 km)	Mixte	Fort UV	Particulière
X5CrNi18-10	■	○	–	○	–	–	–	–	–
X2CrNiMo17-12-2	■	■	○	■	■	○	○	○	○

■ Revêtement adapté.
– Revêtement non adapté.
○ Cas pour lequel l'application définitive ou le choix d'un revêtement plus performant ou la définition de dispositions particulières doit être arrêté après consultation at accord du fabricant de bobines galvanisées.

D.2 Aspect

L'apparition d'efflorescences (rouille blanche), sur des tôles non prélaquées, due à la formation d'une couche d'oxyde de zinc hydraté, hydrocarbonate de zinc ou oxychlorure de zinc n'est pas de nature à modifier les propriétés mécaniques et/ou la durabilité des profils.

Annexe E

Procédure simplifiée pour l'application des Règles NV 65 modifiées

E.1 Généralités

E.1.1 Objet

L'objet de cette annexe est de donner aux utilisateurs des tableaux leur permettant d'effectuer d'une manière simple alternativement :

- le choix des profilés en fonction de leur géométrie et de leurs possibilités ;
- le choix des portées ;
- le choix des fixations et leur densité ;
- la vérification des plateaux métalliques ;
- la vérification du pare-pluie métallique.

Les tableaux de charges sont déterminés en fonction :

- du type de plateau métallique ;
- du type de pare-pluie métallique ;
- des zones de vent des Règles NV 65 modifiées 2009 ;
- des sites normaux et exposés des Règles NV, précisés dans les DPM ;
- des hauteurs de bâtiment inférieures ou égales à 20 m ;
- des pressions de vent ;
- des dépressions de vent dans les parties courantes ainsi que dans les angles des bâtiments.

E.1.2 Domaines d'application

L'application des Règles NV n'est plus obligatoire, sauf si la demande en est faite dans les DPM. Le respect des règles simplifiées données ci-après permet de répondre à cette demande dans le cadre du domaine d'application également défini ci-dessous.

Ces règles simplifiées ne s'appliquent ni à des bâtiments d'élancement au sens des NV supérieur à 2,5, ni à des bâtiments de hauteur supérieure à 20 m.

E.2 Détermination des coefficients de calcul

E.2.1 Correction de pression due à la hauteur

Les Règles NV 65 modifiées 2009 donnent les pressions dynamiques de base à 10 m. Pour des hauteurs supérieures ou égales à 10 m, la correction de pression est donnée par la formule :

$$q_H = q_{10} \times 2,5 \times (H+18)/(H+60)$$

Soit pour $H = 20$ m : $q_{20} = q_{10} \times 1,188$

E.2.2 Coefficient de site

Les coefficients sont donnés pour des sites protégés, normaux ou exposés. Les sites protégés ne sont pas retenus dans ce document compte tenu du faible nombre de cas où ces sites se présentent.

Les pressions dynamiques correspondent à des sites normaux. Les sites exposés sont soumis à majoration (1,35 ; 1,30 ; 1,25 ; 1,20) respectivement en fonction des zones 1, 2, 3, 4.

E.2.3 Coefficient de dimension

Les coefficients de réduction δ sont fonction de la plus grande dimension du maître-couple intéressant l'élément considéré (plateau ou montant d'ossature ou tôle). Lorsque les éléments sont en continuité sur plusieurs travées, les coefficients sont calculés pour la plus grande dimension correspondant à chaque travée supposée isolée (la portée).

Les portées usuelles des plateaux sont de l'ordre de 4 à 6 m. Le coefficient unique adopté correspond à une dimension de 5 m soit $\delta = 0,87$, ce qui représente une erreur d'environ 1 % pour une portée de 4 m.

E.2.4 Coefficient de pression

Les bâtiments considérés ont des élancements inférieurs à 2,5. De ce fait, prendre $\gamma_0 = 1$ place en sécurité.

Dans ces conditions, les coefficients maximaux de pression pour des bâtiments fermés (perméabilité $\mu \leq 5$ %) et ouverts (perméabilité $\mu \geq 35$ %) sont donnés dans le tableau E.1 :

- les actions locales sur les arêtes verticales s'appliquent sur une largeur égale au 1/10 de la plus petite des deux dimensions horizontales de la façade formant l'arête ;
- pour déterminer ou vérifier la portée des plateaux, il n'est pas retenu de dépression majorée dans les arêtes verticales compte tenu du comportement en plaque des bardages double peau.

Pour vérifier les fixations et la flexion du pare-pluie métallique des procédés de bardage rapporté sur plateaux métalliques, on utilise les coefficients globaux de dépression C_e , pour les bâtiments fermés.

Le tableau E.1 donne les coefficients de pression et dépression.

Tableau E.1 – Coefficients de pression – dépression des plateaux

Type de bâtiment	Positions	Coefficients de pression		
		Extérieur	Intérieur	Global
		C_e	C_i	C
Bâtiments fermés	Parties courantes	+0,8	-0,3	+1,1
		-0,5	+0,3	-0,8
	Arêtes verticales	+0,8	-0,3	+1,1
		-1,0	+0,3	-1,3
Bâtiments ouverts	Parties courantes	+0,8	-0,5	+1,3
		-0,5	+0,8	-1,3
	Arêtes verticales	+0,8	-0,5	+1,3
		-1,0	+0,8	-1,8

Tableau E.2 – Pressions et dépressions (en N/m^2) en vent normal selon les Règles NV 65 modifiées à prendre en compte pour le choix des plateaux et de leurs fixations (C_e - C_i)

Type de bâtiment	Hauteur	Actions résultantes	Zones de vent							
			1		2		3		4	
			Site		Site		Site		Site	
			Normal	Exposé	Normal	Exposé	Normal	Exposé	Normal	Exposé
Bâtiment fermé	≤ 10 m	Pression	480	650	570	750	720	900	860	1030
		Dépression	350	470	420	540	520	650	630	750
	> 10 m ≤ 15 m	Pression	530	710	630	820	790	990	950	1140
		Dépression	380	520	460	600	570	720	690	830
	> 15 m ≤ 20 m	Pression	570	770	680	890	850	1070	1020	1230
		Dépression	410	560	500	640	620	770	740	890
Bâtiment ouvert	≤ 10 m	Pression	570	760	680	880	850	1060	1020	1220
		Dépression	570	760	680	880	850	1060	1020	1220
	> 10 m ≤ 15 m	Pression	620	840	750	970	930	1170	1120	1340
		Dépression	620	840	750	970	930	1170	1120	1340
	> 15 m ≤ 20 m	Pression	670	910	810	1050	1010	1260	1210	1450
		Dépression	670	910	810	1050	1010	1260	1210	1450

Tableau E.3 – Pressions et dépressions (en N/m²) en vent normal selon les Règles NV 65 modifiées à prendre en compte pour le choix du pare-pluie métallique et de ses fixations (C_e en partie courante et 2 x C_e le long des arêtes verticales)

Type de bâtiment	Hauteur	Actions résultantes	Zones de vent								
			1		2		3		4		
			Site		Site		Site		Site		
			Normal	Exposé	Normal	Exposé	Normal	Exposé	Normal	Exposé	
Bâtiment fermé	≤ 10 m	Pression	510	680	610	790	760	950	910	1090	
		Dépression	*	370	500	450	570	550	690	660	790
			**	600	810	720	930	900	1120	1080	1290
	> 10 m ≤ 15 m	Pression	560	750	670	870	830	1040	1000	1200	
		Dépression	*	400	550	490	630	610	760	730	870
			**	660	890	790	1030	990	1230	1180	1420
	> 15 m ≤ 20 m	Pression	600	810	720	940	900	1130	1080	1300	
		Dépression	*	440	590	520	680	660	820	790	940
			**	710	960	850	1110	1070	1330	1280	1530

* Parties courantes.
** Arêtes verticales.

E.2.5 Calcul des pressions et dépressions des acrotères au vent selon les Règles NV 65 modifiées 2009

Lorsqu'un plateau est poursuivi en acrotère, il est identique à celui de la façade.

L'ouvrage est donc dimensionné selon le tableau E.1, dans la même configuration de calcul de la façade (ouvert ou fermé suivant que le bâtiment est ouvert ou fermé).

E.2.6 Cas des bâtiments industriels

Dans le cas de bâtiments à usage industriel, pour tenir compte de l'effet des actions dynamiques parallèles à la direction du vent, il convient de multiplier les pressions dynamiques servant au calcul de l'action d'ensemble par un coefficient de majoration β_s au moins égal à l'unité, donné par :

Tableau E.4 – Majorations pour les bâtiments à usage industriel

	Pression normale	Pression extrême
Ossature en béton armé	$0,7 + 0,3\sqrt{T}$	$0,85 \times (0,7 + 0,3\sqrt{T})$
Ossature en béton	$0,5 + 0,5\sqrt{T}$	$0,85 \times (0,5 + 0,5\sqrt{T})$

Annexe F

Dimensionnement par calculs des capacités résistantes des profils selon l'Eurocode 3, parties 1.3 et 1.5 (compléments)

F.1 Objet

L'objet de cette annexe est de donner aux utilisateurs des compléments aux normes NF EN 1993-1-3 et NF EN 1993-1-5, pour déterminer les performances mécaniques résistantes des profils par calculs.

Cette annexe traite uniquement les classes de construction III (non structurelles) selon NF EN 1993-1-3.

Cette annexe ne traite pas de l'établissement des tableaux de charges (cf. Annexe H). Le calcul des portées limites suivant les performances mécaniques résistantes aux Eurocodes font l'objet de l'Annexe G.

Les performances mécaniques résistantes suivantes sont à déterminer pour la pression et la dépression :

Aux ELU :

- détermination du module de résistance W_{eff} et du moment résistant $M_{c,Rd}$;
- détermination de la capacité résistante à l'effort tranchant $V_{b,Rd}$;
- détermination de la capacité résistante à la compression sur appui $R_{w,Rd}$;
- détermination de la capacité résistante à l'arrachement au droit des appuis F_{Rd} .

À ELS :

- détermination des Inerties efficaces I_{eff} pour une flèche limite = $L/150$.

Les profils concernés :

- plateaux en acier ;
- pare-pluie métalliques en acier.

Note : Un calcul des montants d'ossature selon la NF EN 1993-1-3 est également possible mais n'est pas traité dans cette annexe.

F.2 Complément sur la limite d'élasticité et le module d'élasticité

Dans les calculs, comme valeurs caractéristiques, il faut utiliser les valeurs nominales des propriétés des matériaux.

Les valeurs nominales f_{yb} et f_u à prendre en compte sont à prendre dans la NF EN 1993-1-3, tableau 3.1.a et tableau 3.1.b en excluant les aciers DX51.

La valeur du module d'élasticité (module d'Young) E est égale à 210 000 MPa pour l'acier et 200 000 MPa pour de l'acier inoxydable.

F.3 Complément sur les proportions géométriques

Le dimensionnement par calcul suppose le respect des proportions données au 5.2 de l'Eurocode 3 partie 1.3. Cependant, lorsque les proportions géométriques définies dans l'Eurocode 3.1.3 ne sont pas respectées, les calculs peuvent être effectués, à condition que leur résistance aux états limites ultimes et le comportement aux états limites de service soient vérifiés par au moins deux essais (pression et dépression).

Les essais seront menés selon l'Annexe G de ce document.

Deux cas possibles :

1. Les résultats sont satisfaisants : les résultats par calculs sont exploitables.
2. Les résultats ne sont pas satisfaisants : les performances des résultats de calculs doivent être calibrées selon les essais.

Méthode de calibrage des résultats :

Il convient de déterminer les rapports entre les sollicitations résistantes obtenues par essais avec celles obtenues par calculs. Ces rapports servent ensuite au recalibrage des valeurs de calculs.

F.4 Complément sur l'analyse globale plastique

Si l'analyse globale plastique prend en compte une redistribution des moments fléchissants, il convient de démontrer cette distribution (capacité de rotation de la section sur appui), à partir des résultats d'essais effectués conformément à l'Annexe G de ce document.

Le nombre d'essais à effectuer n'est pas inférieur à celui défini à l'Annexe G.

F.5 Condition d'interpolation entre les calculs de certains profils

Les valeurs de charges limites obtenues par calculs pour des épaisseurs nominales supérieures sont obtenues par extrapolation linéaire proportionnellement au rapport des épaisseurs.

Les valeurs de charges limites pour des épaisseurs nominales inférieures à celles calculées ne peuvent pas être extrapolées.

Les inerties efficaces aux ELS et moments associés obtenus à partir de la contrainte nominale ne peuvent pas être extrapolés à des contraintes supérieures à la contrainte nominale.

Les profils perforés ou crevés sont calculés soit à partir du paragraphe 10.4 de l'Eurocode 3 partie 1.3 en prenant en compte les corrections apportées aux formulations figurant dans les amendements et corrigendum de cet Eurocode.

Pour des géométries de répartition des perforations non triangulaires, il est loisible de retenir une approche par calculs selon l'article « Load bearing capacity of perforated trapezoidal sheeting » (T Misiak and H Saal).

F.6 Procédure de détermination des performances mécaniques des sections

Il convient de prendre en compte les effets du traînage de cisaillement, conformément au paragraphe 6.1.4.3 et 10.2, pour les plateaux, de la norme NF EN 1993-1-3.

Lorsqu'il est considéré, le traînage de cisaillement dépend de la portée étudiée et il est à prendre en compte sur la semelle comprimée et tendue aux ELU et ELS.

La déformation transversale des semelles comprimées, au sens du paragraphe 5.4 de la norme NF EN 1993-1-3, peut être considérée.

L'analyse doit tenir compte de l'influence des arrondis selon les critères définis par le paragraphe 5.1 de la norme NF EN 1993-1-3.

L'étude de l'influence des arrondis constitue l'étape préliminaire obligatoire à toute analyse de la section du profil.
 En complément de la figure 5.1 de la NF EN 1993-1-3, dont un extrait est repris ci-après, les paramètres f et y_c doivent être déterminés comme suit :

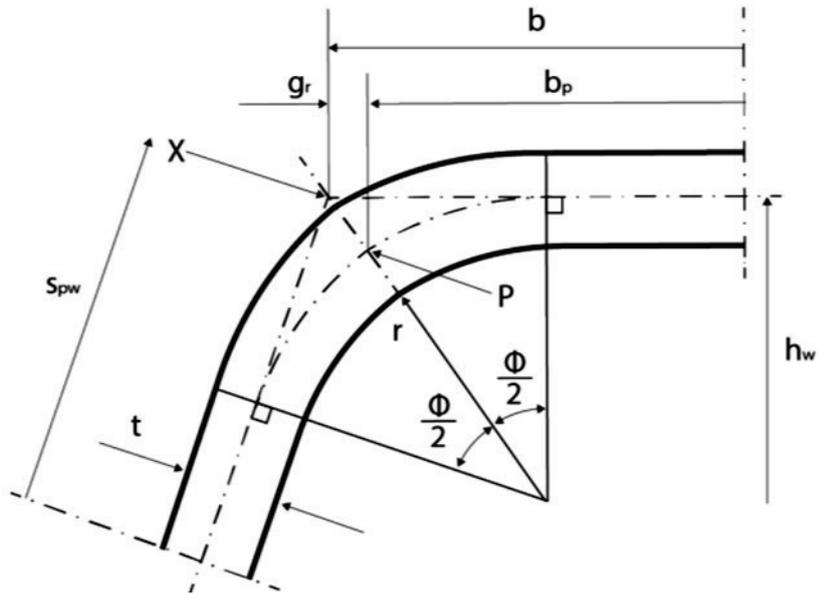
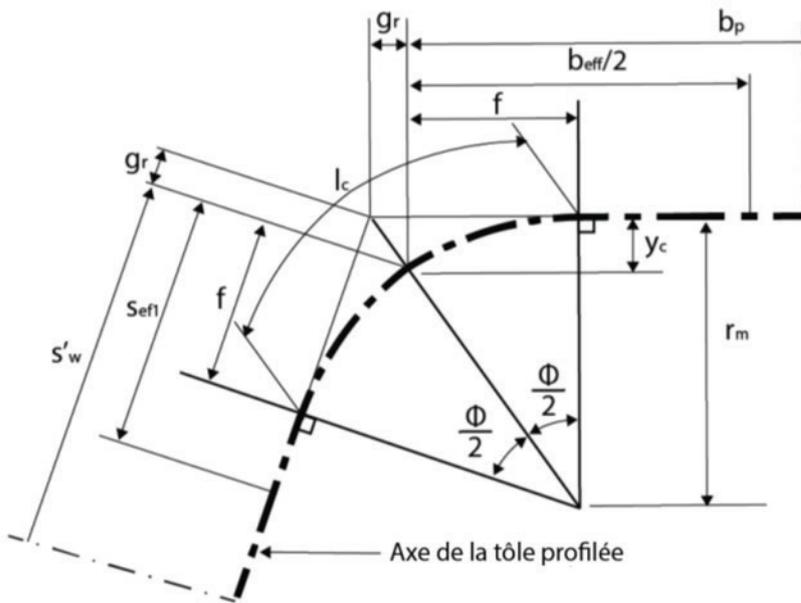


Figure F.1 – Géométrie de l'angle (extrait de la figure 5.1 de la norme NF EN 1993-1-3)



$$l_c = r_m \times \Phi$$

$$r_m = r + \frac{t}{2}$$

$$f = r_m \times \sin \frac{\Phi}{2}$$

$$y_c = r_m \left(1 - \frac{\sin \Phi}{\Phi}\right)$$

Figure F.2 – Compléments pour l'influence des arrondis

Les calculs de largeurs efficaces selon la NF EN 1993-1-5 sont toujours effectués (que les arrondis soit pris en compte ou non) à partir des largeurs $b_{p,i} = b_i - 2g_{r,i}$ (i indique le numéro de la partie de profil considérée seul).

Lorsque l'influence des arrondis est à considérer, la partie plane de la partie efficace de la paroi vaut : $b_{ei} = b_{eff,i}/2 - f$ avec $b_{eff,i} = \rho \times b_{p,i}$.

Lorsque l'influence des arrondis n'est pas à considérer (5.1.3, NF EN 1993-1-3), la largeur efficace vaut : $b_{ei} = b_{eff,i}/2$, avec $b_{eff,i} = \rho \times b_{p,i}$.

Lorsque le traînage de cisaillement ($\beta \leq 1$) est considéré : $b_{ei} = b_{eff,i}/2 \times \beta - f$ avec $b_{eff,i}$ (β , coefficient de traînage de cisaillement).

L'influence des arrondis des raidisseurs peut ne pas être à considérer dans l'application de la présente procédure.

Les raidisseurs sont considérés suffisamment raides pour ne pas être sujets au voilement local.

Pour les profils, la résistance au moment fléchissant $M_{c,Rd}$ selon les paragraphes 6.1.4.1 et 6.1.4.2 de la norme NF EN 1993-1-3 doit être déterminée pour les deux sens du profil :

- en sens « positif » du profil (utilisation normale du profil en pression) pour la résistance au moment fléchissant en travée : la plage comprimée est alors la plage supérieure ;
- en sens « négatif » du profil pour la résistance au moment fléchissant sur appui : la plage comprimée est alors la plage inférieure.

La résistance élastique au moment fléchissant d'un plateau $M_{c,Rd}$ est déterminée selon le paragraphe 10.2 de la norme NF EN 1993-1-3.

La résistance aux efforts de cisaillement de l'âme d'un profil $V_{b,Rd}$ ou d'un plateau doit être évaluée selon le paragraphe 6.1.5 de la norme NF EN 1993-1-3.

La résistance transversale locale d'une âme d'un profil ou d'un plateau $R_{w,Rd}$, sous l'action d'une réaction d'appui, doit être déterminée selon les paragraphes 6.1.7.1, 6.1.7.3 et 6.1.7.4 de la norme NF EN 1993-1-3.

La résistance de la section d'un profil ou d'un plateau à la combinaison du moment sur appui et de la réaction d'appui doit être évaluée selon le paragraphe 6.1.11 de la norme NF EN 1993-1-3.

F6.1 Profils sans raidisseurs – résistance élastique au moment fléchissant aux ELU

L'analyse s'effectue en application des prescriptions du paragraphe 5.5.2 de la norme NF EN 1993-1-3.

F6.2 Profils avec un raidisseur au moins dans la plage comprimée – résistance élastique au moment fléchissant aux ELU

L'analyse s'effectue en application des prescriptions du paragraphe 5.5.3.4 de la norme NF EN 1993-1-3.

La seconde étape de l'analyse consiste à déterminer la largeur efficace de la partie comprimée de l'âme :

- en considérant la position provisoire de l'axe neutre précédemment établie ;
- en appliquant les prescriptions du paragraphe 5.5.3.4.3 sur la base de la figure 5.12 de la norme NF EN 1993-1-3 : équations (5.32), et (5.33a) et (5.33f), pour déterminer la partie effective $s_{eff,i}$ $s_{eff,n}$.
- en retranchant la partie non efficace de l'âme sujette au voilement local.

En alternative de cette seconde étape, la largeur efficace de la partie comprimée de l'âme peut être déterminée en considérant le cas $\psi < 0$ du tableau 4.1 de la norme NF EN 1993-1-5.

F6.3 Profils avec un raidisseur au moins dans la plage comprimée et un raidisseur au moins dans l'âme – résistance élastique au moment fléchissant aux ELU

L'analyse s'effectue en application des prescriptions du paragraphe 5.5.3.4 de la norme NF EN 1993-1-3.

F6.4 Profils avec un raidisseur au moins dans l'âme – résistance élastique au moment fléchissant aux ELU

L'analyse s'effectue en application des prescriptions des paragraphes 5.5.2 et 5.5.3.4 de la norme NF EN 1993-1-3.

F6.5 Capacités résistantes des profils aux ELS et inerties efficaces associées aux ELS

Les calculs selon l'annexe E de la NF EN 1993-1-5 sont menés en prenant :

- une contrainte $\sigma_{com,Ed} = f_{yb}$ lorsque l'on recherche le moment résistant élastique (cf. N.3) ;
- deux valeurs de contraintes $\sigma_{com,Edmin}$ et $\sigma_{com,Edmax}$ lorsque l'on cherche à tracer la droite (ou la courbe) $M_{c,Rd}$ (service) fonction de (I_{eff}) ; confère L. 7.8.

F.6.6 Prise en compte de la distorsion des sections

Le modèle FCM peut être pris en compte (cf. Nordic steel 2012 construction conférence).

Le principe de la démarche est donné dans l'organigramme ci-dessous :

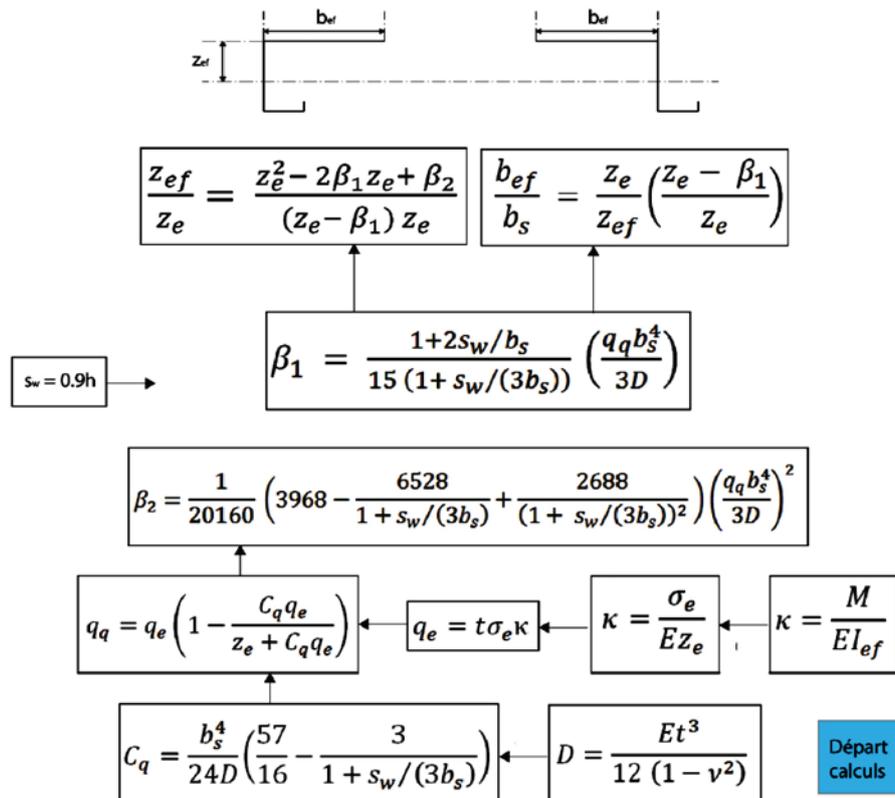
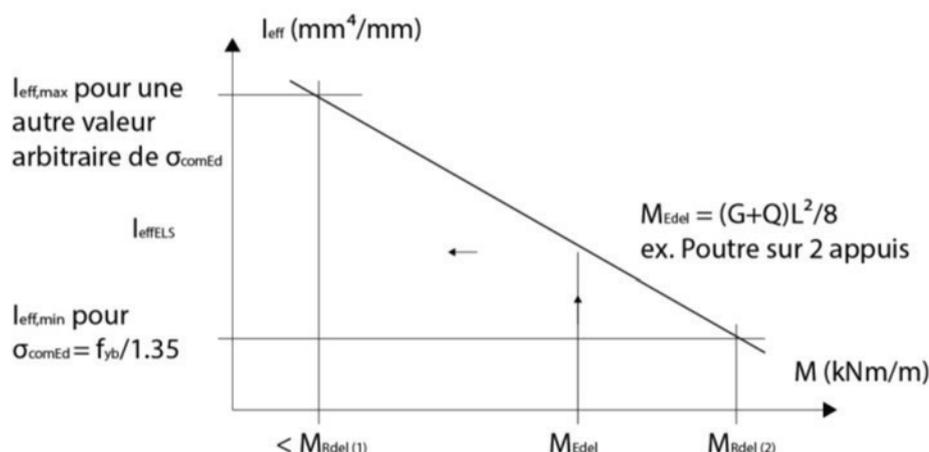


Figure F.3 – Organigramme de prise en compte de la déformation transversale des sections

F.6.7 Inertie effective aux ELS

En alternative au paragraphe 7.1 de la norme NF EN 1993-1-3 ; il est admis d'appliquer les procédures d'analyse définies ci-avant, en considérant le paragraphe E.1 de l'annexe E de la norme NF EN 1993-1-5, pour la détermination du moment d'inertie de la section effective du profil.

Il est également admis de fixer arbitrairement différents niveaux de contraintes σ_{comEd} , inférieure ou égale à f_{yb} , ou de procéder par itérations/résolution d'optimums de l'équation E.2 de la norme NF EN 1993-1-5.



Estimation du moment d'inertie aux ELS

Figure F4 – Exemple de courbe des inerties efficaces fonction des moments aux ELS

Plusieurs couples de points ($M ; I_{eff}$) peuvent être établis pour remplacer la droite par une courbe.

F6.8 Résistance élasto-plastique au moment fléchissant aux ELU

L'analyse s'effectue en application des prescriptions du paragraphe 6.1.4.2 de la norme NF EN 1993-1-3.

En première alternative à 6.1.4.2 (3), le calcul de bc peut se baser sur une répartition bilinéaire des contraintes, en supposant $\psi = -1$, et en application du paragraphe 4.4 de la norme NF EN 1993-1-5.

En seconde alternative à 6.1.4.2 (3), l'axe neutre peut être déterminé par résolution de l'équilibre des forces en déterminant la contrainte locale et la section effective de chaque portion plate de la section du profil.

Lorsque le profil est en pose hyperstatique, il est également possible d'effectuer par calculs une analyse plastique-plastique des sections, mais dans ce cas, un contrôle de la capacité résistante doit être effectué selon la procédure d'essais définis dans l'Annexe G.

F6.9 Détermination des capacités résistantes des profils en acier inoxydable

Les recommandations suivantes s'appliquent en complément de l'Eurocode 3-1-3 :

Design manual for structural stainless steel (third edition)
18 avril 2006 – stainless steel from the steel construction institute.

F6.10 Plateau – Détermination des capacités résistantes élastiques au moment aux ELU

Le paragraphe 10.2 de l'Eurocode 3-1-3 s'applique.

Il convient de déterminer d'une part le moment correspondant à la plage comprimée d'autre part le moment résistant correspondant à la plage tendue.

a) Plage comprimée

Dans le cas de la plage comprimée, il est possible de prendre en compte l'effet du couturage des lèvres des plateaux dans la rigidité du ressort permettant le calcul de la section efficace des lèvres.

La performance système (plateau + montant d'ossature + pare-pluie métallique) peut être prise en compte dans la détermination des efforts agissant sur le plateau.

Les moments agissants sur appuis peuvent être pris en compte au nu des appuis.

b) Plage tendue

Dans le cas de la plage tendue, la largeur efficace de la plage $b_{u,eff}$, doit être déterminée en tenant compte de sa déformation transversale.

$b_{u,eff}$ peut être établi selon la procédure FCM en alternative à la formule 10.20 (cf. Nordic steel 2012 construction conférence).

Lorsque $b_{u,eff}$ est établie à partir de la formule 10.2, la capacité résistante en flexion du plateau dépend de la portée considérée.

F6.11 Plateau – Détermination des capacités résistantes élastiques au moment aux ELS

Pour le dimensionnement des plateaux aux ELS, il est admis de considérer une contrainte de :

$$1,0 \times \sigma_{comEd}$$

$$\text{avec : } \sigma_{comEd} = f_{yb}$$

F6.12 Détermination des capacités résistantes des assemblages

La capacité résistante des assemblages est établie à partir de la charge minimum issue de la résistance de la vis en traction, l'ancrage de la vis sur son support, la capacité de déboutonnage sur le support.

Voir notamment le tableau 8.2 « Résistances de calcul pour les vis auto taraudeuses » de l'Eurocode 3-1-3 pour déterminer les différentes capacités résistantes.

Annexe G

Procédures applicables pour la détermination des performances selon la NF EN 1993-1-3 des plateaux et des pare-pluie métalliques vis-à-vis des sollicitations perpendiculaires à leur plan par essais

G.1 Dispositions minimales

G.1.1 Conditions sur les échantillons

Les épaisseurs de tôles et la limite d'élasticité des échantillons doivent respecter les conditions fixées au paragraphe A. 6.2 de la NF EN 1993-1-3 :

- la limite d'élasticité réelle mesurée ne doit pas être inférieure à la limite d'élasticité nominale de plus de 25 % ;
- l'épaisseur réelle mesurée ne doit pas être supérieure à l'épaisseur nominale de plus de 12 %.

G.1.2 Nombre d'échantillons composants les maquettes

G.1.2.1 Plateaux

La maquette sera composée au minimum de trois plateaux assemblés côte à côte et représentant chacun un échantillon de produit à tester.

G.1.2.2 Pare-pluie métalliques

La maquette sera composée au minimum d'une plaque nervurée représentant un échantillon de produit à tester.

G.1.3 Nombre d'essais minimum

Le nombre d'essais minimum par portée et par épaisseur est de deux.

Pour un produit, un minimum de douze essais est nécessaire.

Ils se répartissent comme suit :

- Flexion positive :
 - 1 portée en travée simple ;
 - 3 portées en appui intermédiaire ;
 - 1 essai d'appui d'extrémité.
- Flexion négative :
 - 1 portée en travée simple.

G.2 Mode opératoire

G.2.1 Essais en travée simple

Le chargement, pour ces essais, est appliqué de la manière suivante :

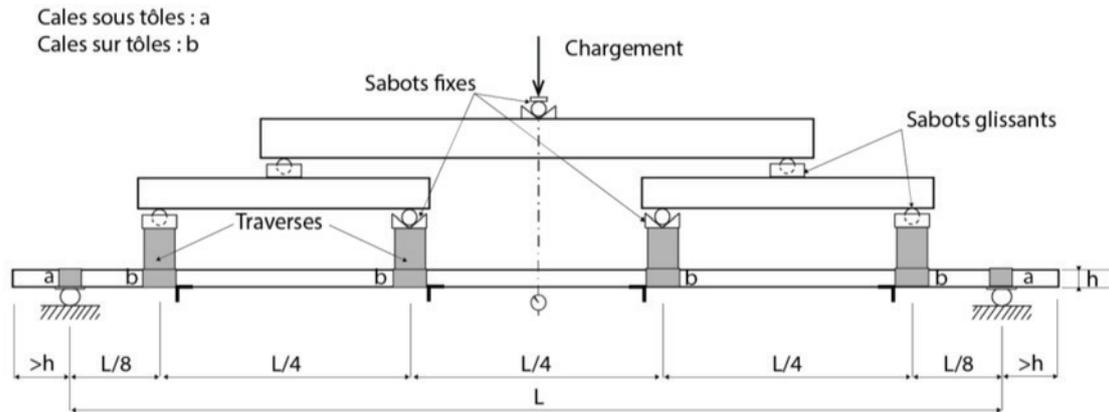


Figure G.1 – Essais de flexion en travée simple

Les maquettes sont posées librement sur les appuis articulés.

Les dispositifs sur appuis peuvent être constitués d'un plat dont les dimensions minimales sont les suivantes :

- 80 × 8 mm pour les plateaux ;
- 60 × 8 mm pour les pare-pluie métalliques.

Il est possible de fixer la tôle sur le plat ; les appuis restant articulés. La portée d'essai doit permettre d'atteindre une charge minimum de 1,00 kN/m² pour une flèche de L/200.

Le chargement est appliqué à vitesse constante jusqu'à la ruine du profil. La ruine ne doit pas être atteinte avant cinq minutes.

Les flûtes métalliques sont constituées par des plats (30 × 2 mm minimum) ou des cornières (30 × 30 × 1 mm minimum). Elles sont fixées aux nervures ou lèbres de rives par rivets aveugles ou vis autoperceuses. Elles sont disposées perpendiculairement aux nervures principales ou aux lèbres. Leur écartement peut être adapté à la taille de la maquette.

Les dispositifs de mesures des flèches sont positionnés, dans le sens transversal, de la manière suivante :

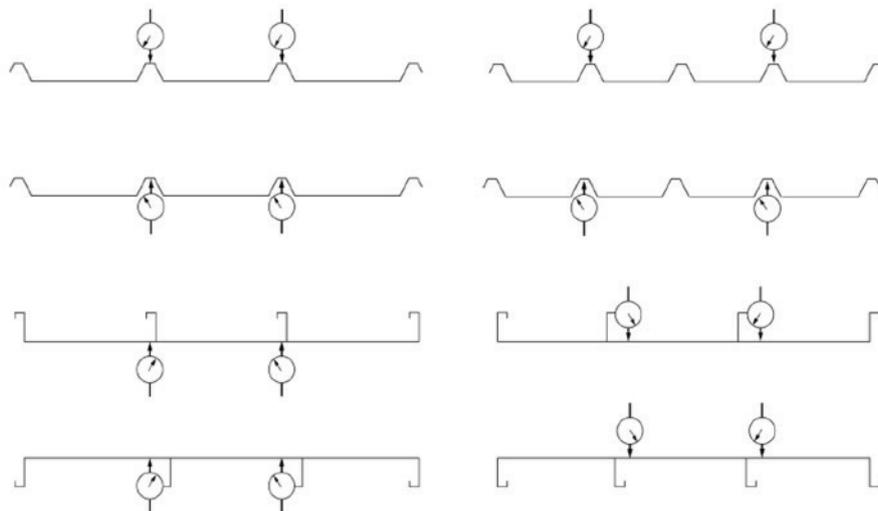


Figure G.2 – Positionnement des dispositifs de mesures

G.2.2 Essais d'appuis intermédiaires

Le chargement, pour ces essais, est appliqué de la manière suivante :

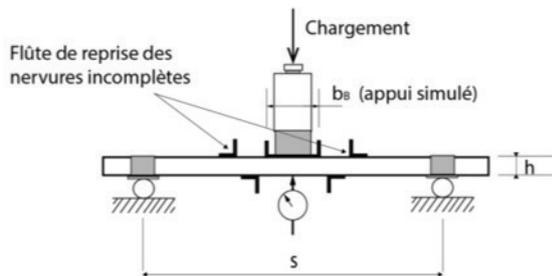


Figure G.3 – Essais d'appuis intermédiaires

La portée s peut être prise égale à :

- $4h + b_B$ minimum, h étant la hauteur du profil ;
- $0,4 L_{max}$ maximum, L_{max} étant la portée maximale visée.

Les dispositions de calage sur les appuis d'extrémités peuvent être prises à l'identique de l'essai de flexion simple.

Le chargement est monotone croissant, avec une vitesse de chargement idem à précédemment.

La largeur d'appui b_B doit être égale au moins à :

- 80 mm pour les plateaux ;
- 60 mm pour les pare-pluie métalliques.

La largeur maximum doit être de 200 mm.

Pour les pare-pluie métalliques, le découpage des rives longitudinales est admis, de manière à avoir un nombre entier de nervures (au milieu du sommet de nervure). Dans le cas contraire, on dispose de flûtes en partie supérieure (comme montré ci-dessous).

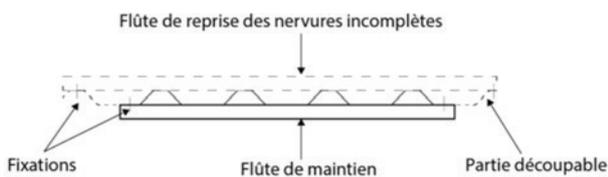


Figure G.4 – Positionnement des flûtes sur une tôle de pare-pluie métallique

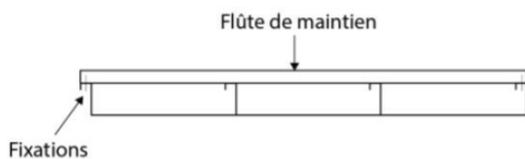


Figure G.5 – Position des flûtes sur un plateau

G.2.3 Essais d'appuis d'extrémité

Le chargement, pour ces essais, est appliqué de la manière suivante :

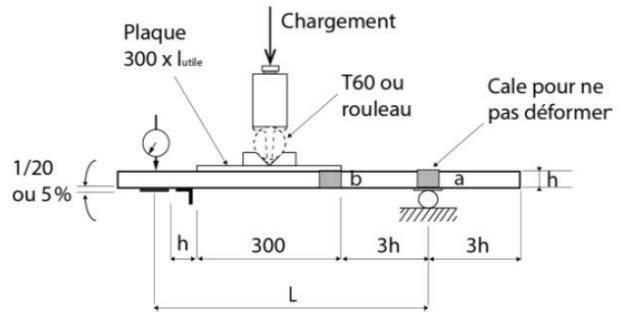


Figure G.6 – Essai d'appui d'extrémité

La portée L (mm) d'essais est prise égale à : $3 \times (h + 150)$, avec h en mm.

Le chargement est monotone croissant, avec une vitesse de chargement idem à précédemment. L'essai doit être poursuivi après avoir atteint la charge maximale. La vitesse de déplacement de traverse peut être augmentée après avoir atteint la charge maximale.

La réaction d'appui peut être déduite par calcul, ou par mesure directe de l'effort sur appui.

G.2.4 Essais en travée double

La NF EN 1993-1-3 s'applique et notamment le paragraphe A.2.3 (figure G.7) et (figure G.8).

Il est loisible de mesurer la réaction d'appui central en vue d'établir le moment résiduel sur cet appui.

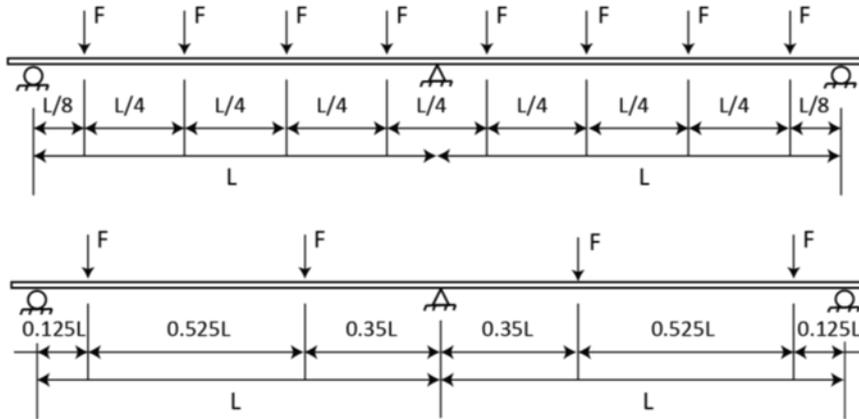


Figure G.7 – Dispositif pour déterminer la résistance en travée double

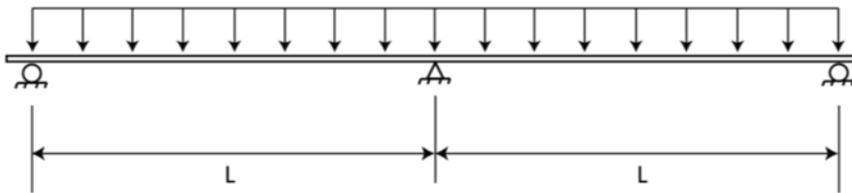


Figure G.8 – Dispositif pour déterminer la résistance en travée double

G.3 Interprétation des résultats

G.3.1 Calculs des résistances

Pour chaque essai i , il faut calculer la valeur ajustée de la résistance $R_{adj,i}$ à partir de la valeur observée $R_{obs,i}$ de la manière suivante :

$$R_{adj,i} = R_{obs,i} / \mu_R$$

avec :

μ_R : coefficient d'ajustement de la résistance (défini au paragraphe A.6.2 (5) de la norme NF EN 1993-1-3) ;

$R_{adj,i}$: résultat d'essai i ajusté ;

$R_{obs,i}$: résultat d'essai i observé.

La résistance caractéristique R_k dépend du nombre d'essais réalisés pour une famille ayant les mêmes paramètres (portée, épaisseur, largeur d'appuis) :

- Pour une famille de 2 ou 3 essais :

$$R_k = \eta_k \times R_m$$

- Pour une famille de 4 essais au moins :

$$R_k = R_m \pm k \times s$$

où :

R_m : valeur moyenne des résultats d'essais ajustés R_{adj} ;

η_k : coefficient dépendant du mode de ruine :

ruine par plastification : $\eta_k = 0,9$

déformation : $\eta_k = 0,9$

flambement local : $\eta_k = 0,8$

instabilité globale : $\eta_k = 0,7$

k : coefficient dépendant du nombre d'essais (voir tableau ci-dessous) : coefficient dépendant du nombre d'essais.

n (nombre d'essais)	4	5	6	8	10	20	30	∞
k	2,63	2,33	2,18	2,00	1,92	1,76	1,73	1,64

s : l'écart-type des valeurs ajustées R_{adj} de la famille d'essais.

G.3.2 Calcul de l'inertie

Elle est déterminée par la moyenne d'au moins deux résultats individuels d'essai en travée simple.

G.3.3 Dispositions dans le cas de calcul plastique/plastique

Dans le cas d'un dimensionnement par calcul en plastique/plastique à l'ELU, la performance mécanique des profils doit être contrôlée par essai.

G.3.4 Supervision des essais

Les essais mécaniques sont supervisés par une tierce partie indépendante compétente en éléments minces en acier.

Annexe H

Procédures d'établissement des tableaux de charges/portées et des fiches techniques suivant les différentes méthodes de dimensionnement

H.1 Valeurs de calcul (suivant toutes méthodes essais ou calculs)

Pour chaque peau ou plateau, il y a lieu de déterminer les valeurs de calcul suivant les tableaux H.1.a ou H.1.b ci-dessous fonction de la méthode de dimensionnement retenue.

Tableau H.1.a – Valeurs des capacités résistantes des profilés dans le cas d'un dimensionnement aux états limites selon l'Annexe E (méthode de calcul C du § 2.1)

Valeurs de calcul Classe de tolérance : Nuance d'acier :				Épaisseurs (mm)						
				0,63	0,75	0,88	1,00	1,25		
Masse surfacique		kg/m ²		M						
Pression	Moments d'inertie cm ⁴ /ml	Travée simple		I ₂						
		Deux travées égales		I ₃						
		Continuité		I _m						
	Moments de flexion m.daN/ml	En travée	Système élastique		M _{2T}					
			Système élastoplastique		M _{3T}					
	Sur appui				M _{3A}					
Réaction sur appui..... daN/ml				R						
Dépression	Moments d'inertie cm ⁴ /ml	Travée simple		I' ₂						
		Deux travées égales		I' ₃						
		Continuité		I' _m						
	Moments de flexion m.daN/ml	En travée	Système élastique		M' _{2T}					
			Système élastoplastique		M' _{3T}					
	Sur appui				M' _{3A}					
Réaction sur appui..... daN/ml				S _a						

Le minimum de fixation est utilisé lors des essais en vue de valider leur capacité résistante. Les vérifications des assemblages sont effectuées selon le § 3.5.

Tableau H.1.b – Valeurs des capacités résistantes des profilés utilisés dans le cas d'un dimensionnement aux états limites selon les Eurocodes et les Annexes F ou G (méthode de calcul B du § 1.1)

Valeurs de calcul Classe de tolérance : Nuance d'acier :				Épaisseurs (mm)							
				0,63	0,75	0,88	1,00	1,25			
Masse surfacique		kg/m ²		M							
Pression	Moments d'inertie cm ⁴ /ml	Pour $\sigma_{comEd\ min}$		I'_{effmax}							
		Pour $\sigma_{comEd\ max}$		I'_{effmin}							
	Moments de flexion résistant m.daN/ml	En travée	Système élastique		$M_{c,Rd}$ ou M_{u2T}						
			Système élastoplastique		$M_{pl,Rd}$						
		Sur appui	Système élastique		$M_{c,Rd}$ ou M_{u3A}						
			Système élastoplastique		$M_{pl,Rd}$ ou M_{res}						
	Effort tranchant résistant en daN/ml	Appui de rive		$V_{b,Rd}$ ou V_{u2T}							
		Appui intermédiaire		$V_{b,Rd}$ ou V_{u3A}							
	Réaction d'appui résistante en daN/ml	Appui de rive		$R_{w,Rd}$ ou R_{u2T}							
		Appui intermédiaire		$R_{w,Rd}$ ou R_{u3A}							
Dépression	Moments d'inertie cm ⁴ /ml	Pour $\sigma_{comEd\ min}$		I'_{effmax}							
		Pour $\sigma_{comEd\ max}$		I'_{effmin}							
	Moments de flexion résistant m.daN/ml	En travée	Système élastique		$M'_{c,Rd}$ ou M'_{u2T}						
			Système élastoplastique		$M'_{pl,Rd}$						
		Sur appui	Système élastique		$M'_{c,Rd}$ ou M'_{u3A}						
			Système élastoplastique		$M'_{pl,Rd}$ ou M'_{res}						
	Effort tranchant résistant en daN/ml	Appui de rive		$V'_{b,Rd}$ ou V'_{u2T}							
		Appui intermédiaire		$V'_{b,Rd}$ ou V'_{u3A}							
	Capacité résistante des assemblages en daN/ml	Appui de rive		Min ($F_{p,Rd}$, $F_{o,Rd}$, $F_{t,Rd}$) ou F'_{u2T}							
		Appui intermédiaire		Min ($F_{p,Rd}$, $F_{o,Rd}$, $F_{t,Rd}$) ou F'_{u3A}							

Dans le cas de l'utilisation de la méthode A aux contraintes admissibles du § 1.1, l'Annexe I s'applique.

H.2 Principe de justification du pare-pluie métallique et des plateaux (suivant toutes méthodes essais ou calculs)

Les actions à considérer sont données dans le tableau H.2.a ci-dessous. Les unités pour les portées et le module d'Young sont données dans le tableau H.2.b.

Tableau H.2.a – Actions à considérer sur le pare-pluie métallique

Symbole	Signification	Valeurs proposées
W_k	Charge normale due au vent (NV 65 modifiées 2009) x 1,20 aux ELU et x 1,00 aux ELS ou pression/dépression de vent de référence W (NF EN 1991-1-4 + Annexe nationale + corrigendum)	En daN/m ²

Tableau H.2.b – Unités pour les portées et le module d'Young

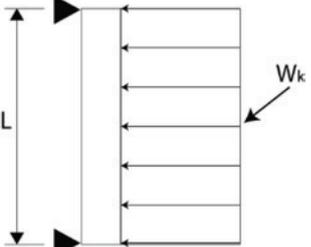
Symbole	Signification	Unité
L	Portée	m
E	Module d'Young	MPa

H.2.1 Pression travée simple

H.2.1.1 Résistance

Pour chaque cas de charge, la résistance doit être vérifiée pour une répartition élastique des sollicitations. Le tableau H.3 définit les critères de résistance à respecter dans le cas de profils sur deux appuis en pression.

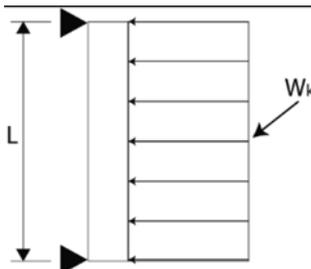
Tableau H.3 – Critères de résistance à vérifier en deux appuis pression

	Moment en travée	$0,125 \times L^2 \times 1,5 \times W_k \leq M_{zT}$ ou $(M_{c,Rd})$ (*)
	Réaction sur appui	$0,5 \times L \times 1,5 \times W_k \leq (R_{w,Rd})$ (*) $L \times 1,5 \times W_k \leq R$ (**)
	Effort tranchant	$0,5 \times L \times 1,5 \times W_k \leq V_{b,Rd}$
(*) Dans le cas d'une vérification selon les Eurocodes. (**) Dans le cas où R est issue d'un essai 3 appuis selon l'Annexe B du présent document Pour la méthode C : W_k = vent Eurocode.		

H.2.1.2 Flèche

Le tableau H.4 définit les critères de flèche à respecter en pression dans le cas de profil sur deux appuis.

Tableau H.4 - Critères de flèche à vérifier en deux appuis pression

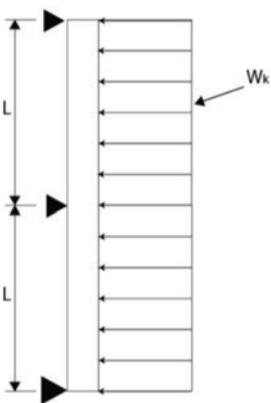
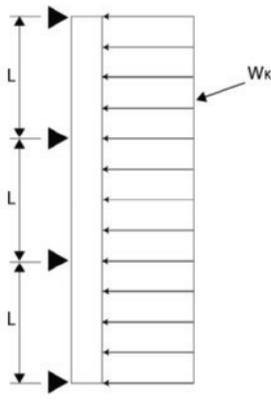
	En travée	$0,013 \times (W_k \times L^4)/(E \times I_2) \leq L/200$ ou $L/150$ (*)
(*) L/200 selon les Règles NV 65 modifiées 2009 et L/150 selon les Eurocodes. I_2 est remplacé par $I_{eff,2appuis}$ dans le cas d'un calcul selon les Eurocodes. Pour la méthode C : W_k = vent Eurocode.		

H.2.2 Pression travée multiple

H.2.2.1 Résistance

Le tableau H.5 définit les critères de résistance à respecter dans le cas d'une répartition élastique ou élasto-plastique des sollicitations pour des profils sur trois appuis ou plus en pression. La valeur de W_k dépend du référentiel de vent utilisé (cf. tableau H.2).

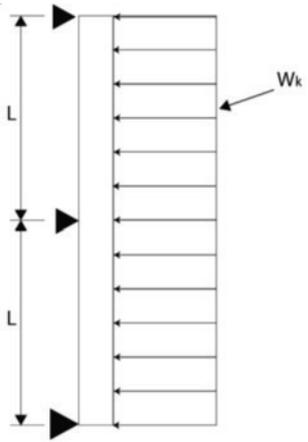
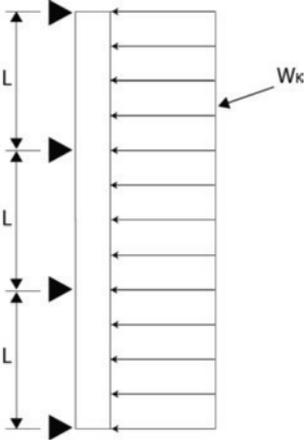
Tableau H.5 – Critères de résistance à vérifier en trois appuis et plus en pression

Cas de charges vérifiées pour les fiches techniques	Répartition élastique ⁽¹⁾	Répartition élasto-plastique ^(**) ^(***) ⁽²⁾	
	Moment en travée	$0,07 \times L^2 \times 1,5 \times W_k \leq M_{2T}$ ou $(M_{c,Rd})^*$	$0,125 \times L^2 \times 1,5 \times W_k \leq M3T$ ou $(M_{pl,Rd})^*$
	Moment sur appui	$0,125 \times L^2 \times 1,5 \times W_k \leq Md3A$ ou $(M_{c,Rd})^*$	$0,125 \times L^2 \times 1,2 \times W_k \leq M3A$ $0,125 \times L^2 \times 1,5 \times W_k \leq M_{pl,Rd}^*$
	Réaction sur appui	$1,25 \times L \times 1,5 \times W_k \leq R$ ou $(R_{w,Rd})^*$	$1,25 \times L \times 1,2 \times W_k \leq R$ $1,25 \times L \times 1,5 \times W_k \leq R_{w,Rd}^*$
	Effort tranchant	$0,625 \times L \times 1,5 \times W_k \leq V_{b,Rd}^*$	$0,625 \times L \times 1,5 \times W_k \leq V_{b,Rd}^*$
 <p>4 appuis et plus</p>	Moment en travée	$0,08 \times L^2 \times 1,5 \times W_k \leq Md2T$ ou $(M_{c,Rd})^*$	$0,125 \times L^2 \times 1,5 W_k \leq M3T$ ou $(M_{pl,Rd})^*$
	Moment sur appui	$0,107 \times L^2 \times 1,5 \times W_k \leq Md3A$ ou $(M_{c,Rd})^*$	$0,107 \times L^2 \times 1,2 \times W_k \leq M3A$ $0,107 \times L^2 \times 1,5 \times W_k \leq M_{pl,Rd}^*$
	Réaction sur appui	$1,143 \times L \times 1,5 \times W_k \leq R$ ou $(R_{w,Rd})^*$	$1,143 \times L \times 1,2 \times W_k \leq R$ $1,143 \times L \times 1,5 \times W_k \leq R_{w,Rd}^*$
	Effort tranchant	$0,6 \times L \times 1,5 \times W_k \leq V_{b,Rd}^*$	$0,6 \times L \times 1,5 \times W_k \leq V_{b,Rd}^*$
<p>1. En répartition élastique des moments de flexion et efforts tranchants, la ruine sur appui doit être évitée (pondération 1,5 pour le vent W_k). Pour la méthode C (décrite au § 2.1 de ce document) : $W_k =$ vent Eurocode.</p> <p>2. En répartition élasto-plastique des moments de flexion et des efforts tranchants, on autorise une certaine plastification sur appui. Elle est limitée ainsi que les déformations résiduelles par la prise en compte d'un coefficient de pondération réduit de 1,20. Pour la méthode C (décrite au § 2.1 de ce document) : $W_k =$ vent Eurocode.</p> <p>(*) Si les capacités résistantes sont établies par calculs ou essais selon les Eurocodes. Le moment où l'effort tranchant ou la réaction d'appuis résistant sont ceux correspondant à la section étudiée (indice 2T ou 3T ou 3A).</p> <p>(**) Pour l'établissement des efforts agissant sur appuis en élasto-plastique aux ELU, il est loisible de prendre en compte le moment résiduel obtenu sur appuis central lors des essais, après plissement sur appui, et de déterminer les moments, efforts tranchant et réaction d'appui correspondants en travée.</p> <p>(***) Dans le cas d'essais de système plateau + montants d'ossature + pare-pluie métallique les valeurs des moments maximum sur appui et en travée peuvent être réduites.</p>			

H.2.2.2 Flèche

Le tableau H.6 définit les critères de flèche à respecter en pression dans le cas de profil sur trois appuis ou plus.

Tableau H.6 – Critères de flèche à vérifier en trois appuis et plus en pression

	En travée (**) (***)	$0,005 \times (W_k \times L^4) / (E \times I_3) \leq L/200$ ou $L/150$ (*)
	En travée (**) (***)	$0,007 \times (W_k \times L^4) / (E \times I_n) \leq L/200$ ou $L/150$ (*)
<p>(*) L/200 selon les Règles NV 65 modifiées 2009 et L/150 selon les Eurocodes et I3 et IM sont remplacés par $I_{eff,3}$ appuis dans le cas d'un calcul des profils selon les Eurocodes.</p> <p>(**) Lorsqu'un calcul élasto-plastique est effectué selon les Eurocodes pour le profil, il faut toujours s'assurer qu'aux ELS de résistance il n'y a ni plastification en travée ou sur appuis ni plissement sur appui central.</p> <p>(***) Dans le cas d'essais de système plateau + montants d'ossature + pare-pluie métallique les valeurs des flèches en travée peuvent être réduites. Pour la méthode C : $W_k = \text{vent Eurocode}$.</p>		

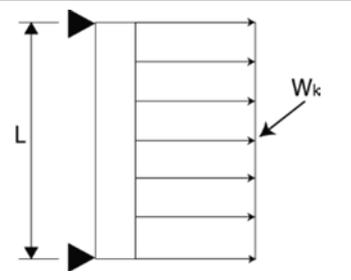
H.2.3 Dépression travée simple

H.2.3.1 Résistance

Pour chaque cas de charge, la résistance doit être vérifiée pour une répartition élastique des sollicitations.

Le tableau H.7 définit les critères de résistance à respecter dans le cas de profils sur deux appuis en dépression. La valeur de W_k dépend du référentiel de vent utilisé (cf. tableau H.2).

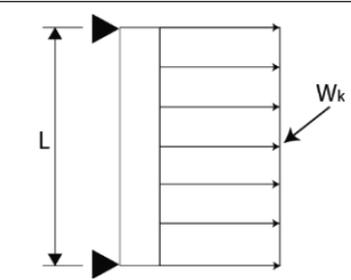
Tableau H.7 - Critères de résistance à vérifier en deux appuis dépression

	Moment en travée	$0,125 \times L^2 \times 1,5 \times W_k \leq M'_{2T}$ ou $(M_{c,Rd})$ (*)
	Résistance des assemblages	$0,5 L \times 1,5 \times W_k \leq Sa$ $0,5 L \times 1,5 \times W_k \leq \text{Min}(F_{p,Rd}, F_{o,Rd}, F_{t,Rd})$ (*)
	Effort tranchant	$0,5 \times L \times 1,5 \times W_k \leq V_{b,Rd}$ (*)
(*) Dans le cas d'un dimensionnement selon les Eurocodes. Pour la méthode C : $W_k =$ vent Eurocode.		

H.2.3.2 Flèche

Le tableau H.8 définit les critères de flèche à respecter en dépression dans le cas de profil sur deux appuis.

Tableau H.8 - Critères de flèche à vérifier en deux appuis dépression

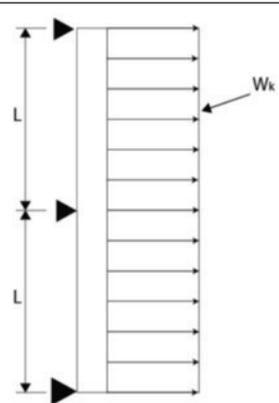
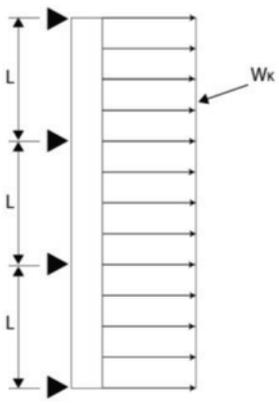
	En travée	$0,013 \times (W_k \times L^4) / (E \times I'_{2}) \leq L/200$ ou $L/150$ (*)
	(*) $L/200$ selon les Règles NV 65 modifiées 2009 et $L/150$ selon les Eurocodes I'_{2} est remplacé par $I'_{\text{eff},2\text{appuis}}$ dans le cas d'un calcul selon les Eurocodes. Pour la méthode C : $W_k =$ vent Eurocode.	

H.2.4 Dépression travée multiple

H.2.4.1 Résistance

Le tableau H.9 définit les critères de résistance à respecter dans le cas d'une répartition élastique ou élasto-plastique des sollicitations pour des profils sur trois appuis ou plus en dépression. La valeur de W_k dépend du référentiel de vent utilisé (cf. tableau H.2).

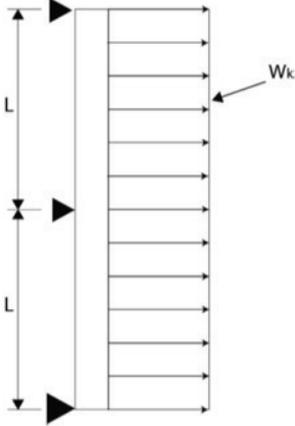
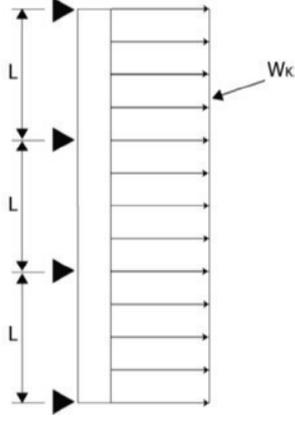
Tableau H.9 – Critères de résistance à vérifier en trois appuis et plus en dépression

Cas de charges vérifiés pour les fiches techniques	Répartition élastique ⁽¹⁾	Répartition élasto-plastique ^(**) ^(***) ⁽²⁾	
	Moment en travée	$0,07 \times L^2 \times 1,5 \times W_k \leq M'_{2T}$ ou $(M'_{c,Rd})$ (*)	$0,125 \times L^2 \times 1,5 \times W_k \leq M'_{3T}$ ou $(M'_{pl,Rd})$ (*)
	Moment sur appui	$0,125 \times L^2 \times 1,5 \times W_k \leq M'_{3A}$ ou $(M'_{c,Rd})$ (*)	$0,125 \times L^2 \times 1,2 \times W_k \leq M'_{3A}$ $0,125 \times L^2 \times 1,5 \times W_k \leq M'_{pl,Rd}$ (*)
	Résistance des assemblages en appui intermédiaire	$1,25 \times L \times 1,5 \times W_k \leq Sa$ $1,25 \times L \times 1,5 \times W_k \leq \text{Min}(F_{p,Rd}, F_{o,Rd}, F_{t,Rd})$ (*)	$1,25 \times L \times 1,2 \times W_k \leq Sa$ $1,25 \times L \times 1,5 \times W_k \leq \text{Min}(F_{p,Rd}, F_{o,Rd}, F_{t,Rd})$ (*)
	Résistance des assemblages en appui de rive	$0,375 \times L \times 1,5 \times W_k \leq Sa$ $0,375 \times L \times 1,5 \times W_k \leq \text{Min}(F_{p,Rd}, F_{o,Rd}, F_{t,Rd})$ (*)	$0,375 \times L \times 1,2 \times W_k \leq Sa$ $0,375 \times L \times 1,5 \times W_k \leq \text{Min}(F_{p,Rd}, F_{o,Rd}, F_{t,Rd})$ (*)
	Effort tranchant	$0,625 \times L \times 1,5 \times W_k \leq V'_{b,Rd}$ (*)	$0,625 \times L \times 1,5 \times W_k \leq V'_{b,Rd}$ (*)
	Moment en travée	$0,08 \times L^2 \times 1,5 \times W_k \leq M'_{2T}$ ou $(M'_{c,Rd})$ (*)	$0,125 \times L^2 \times 1,5 \times W_k \leq M'_{3T}$ ou $(M'_{pl,Rd})$ (*)
	Moment sur appui	$0,107 \times L^2 \times 1,5 \times W_k \leq M'_{3A}$ ou $(M'_{c,Rd})$ (*)	$0,107 \times L^2 \times 1,2 \times W_k \leq M'_{3A}$ $0,107 \times L^2 \times 1,5 \times W_k \leq M'_{pl,Rd}$ (*)
	Résistance des assemblages en appui intermédiaire	$1,143 \times L \times 1,5 \times W_k \leq Sa$ $1,143 \times L \times 1,5 \times W_k \leq \text{Min}(F_{p,Rd}, F_{o,Rd}, F_{t,Rd})$ (*)	$1,143 \times L \times 1,2 \times W_k \leq Sa$ $1,143 \times L \times 1,5 \times W_k \leq \text{Min}(F_{p,Rd}, F_{o,Rd}, F_{t,Rd})$ (*)
	Résistance des assemblages en appui de rive	$0,40 \times L \times 1,5 \times W_k \leq Sa$ $0,40 \times L \times 1,5 \times W_k \leq \text{Min}(F_{p,Rd}, F_{o,Rd}, F_{t,Rd})$ (*)	$0,40 \times L \times 1,2 \times W_k \leq Sa$ $0,40 \times L \times 1,5 \times W_k \leq \text{Min}(F_{p,Rd}, F_{o,Rd}, F_{t,Rd})$ (*)
	Effort tranchant	$0,6 \times L \times 1,5 \times W_k \leq V'_{b,Rd}$ (*)	$0,6 \times L \times 1,5 \times W_k \leq V'_{b,Rd}$ (*)
<p>1. En répartition élastique des moments de flexion et des efforts tranchants, la ruine sur appui doit être évitée (pondération 1,5 pour le vent W_k). Pour la méthode C : $W_k =$ vent Eurocode.</p> <p>2. En répartition élasto-plastique des moments de flexion et des efforts tranchants, on autorise une certaine plastification sur appui. Elle est limitée ainsi que les déformations résiduelles par la prise en compte d'un coefficient de pondération réduit de 1,20 au lieu de 1,5. Pour la méthode C : $W_k =$ vent Eurocode.</p> <p>(*) Si les capacités résistantes sont établies par calculs ou essais selon les Eurocodes. Le moment où l'effort tranchant ou la réaction d'appuis résistant sont ceux correspondant à la section étudiée (indice 2T ou 3T ou 3A).</p> <p>(**) Pour l'établissement des efforts agissant sur appuis en élasto-plastique aux ELU, il est loisible de prendre en compte le moment résiduel obtenu sur appuis central lors des essais, après plissement sur appui, et de déterminer les moments, efforts tranchant et réaction d'appui correspondants en travée.</p> <p>(***) Dans le cas d'essais de système plateau + montants d'ossature + pare-pluie métallique les valeurs des moments maximum sur appui et en travée peuvent être réduites.</p>			

H.2.4.2 Flèche

Le tableau H.10 définit les critères de flèche à respecter en dépression dans le cas de profil sur trois appuis ou plus.

Tableau H.10 – Critères de flèche à vérifier en trois appuis et plus en dépression

	En travée (**) (***)	$0,005 \times (W_k \times L^4) / (E \times I'_3) \leq L/200$ ou $L/150$ (*)
	En travée (**) (***)	$0,007 \times (W_k \times L^4) / (E \times I'_m) \leq L/200$ ou $L/150$ (*)
<p>(*) L/200 selon les Règles NV 65 modifiées 2009 et L/150 selon les Eurocodes (**) Lorsqu'un calcul élasto-plastique est effectué selon les Eurocodes pour le profil, il faut toujours s'assurer qu'aux ELS de résistance il n'y a ni plastification en travée ou sur appuis ni plissement sur appui central. (***) Dans le cas d'essais de système plateau + montants d'ossature + pare-pluie métallique les valeurs des flèches en travée peuvent être réduites. Pour la méthode C : $W_k =$ vent Eurocode.</p>		

H.3 Moment fléchissant combiné avec une charge concentrée ou une réaction d'appui (cas d'un dimensionnement par les Eurocodes uniquement)

Pour le moment fléchissant combiné avec une réaction d'appui, les vérifications sont effectuées selon l'Eurocode 3 partie 1-3 § 6.1.11 :

Il convient de vérifier que les sections transversales soumises à l'action combinée d'un moment fléchissant M_{Ed} et d'un effort transversal dû à une charge localisée ou à une réaction d'appui F_{Ed} satisfont les équations suivantes :

$$\frac{M_{Ed}}{M_{c,Ed}} \leq 1 \quad (6.28a)$$

$$\frac{F_{Ed}}{R_{w,Rd}} \leq 1 \quad (6.28b)$$

$$\frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} + \frac{F_{Ed}}{R_{w,Rd}} \leq 1,25 \quad (6.28c)$$

où :

$M_{c,Rd}$ est le moment résistant de la section transversale donné au 6.1.4.1(1) établi par calculs ou essais.

$R_{w,Rd}$ est la valeur appropriée de la résistance transversale locale de l'âme, donnée au 6.1.7 établi par calculs ou essais.

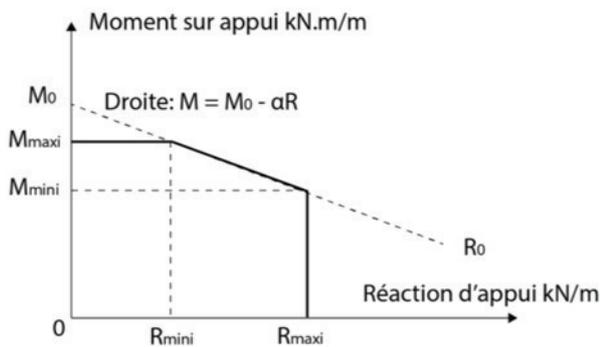


Figure H.1 – Diagramme d'interaction aux ELU

Une campagne d'essais trois points selon le dispositif de la figure A.5 de la NF EN 1993-1-3 article A 2.4, aboutit au tracé d'un contour tel que celui de la figure H.2 mettant en relation un moment négatif avec l'effort maximal observé de réaction d'appui simulé à l'essai. Les portées choisies pour les essais permettent d'explorer le domaine d'utilisation du profil.

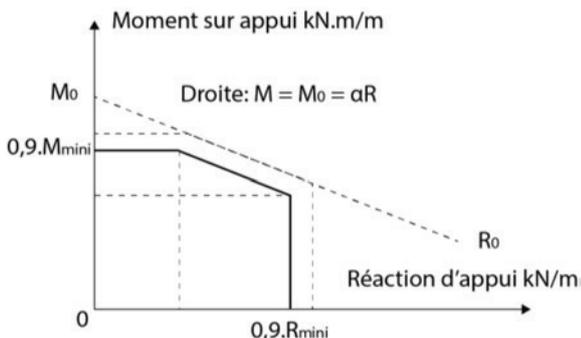


Figure H.2 – Diagramme d'interaction aux ELS

Pour l'établissement des capacités résistantes en travée en élasto-plastique aux ELU, il est loisible de prendre en compte le moment résiduel sur appui central, après plissement sur appui, et de déterminer les moments correspondants en travée :

- 1) Dans le cas d'une analyse globale plastique (moment élasto-plastique sur appui et moment élasto-plastique en travée), il convient de s'assurer que la combinaison moment – réaction sur un appui intermédiaire n'excède pas 0,9 fois la résistance de calcul combinée appliquée au 1,25 de la formule 6.28c, déterminée en prenant en compte $\gamma_{M,ser} = 1$.
- 2) La résistance de calcul combinée peut être déterminée d'après 6.1.11, mais en utilisant la section transversale efficace pour les états limites de service et en prenant en compte $\gamma_{M,ser}$.

H.4 Influence du mode de fixation des plateaux, montants d'ossature et pare-pluie métallique

Les charges permanentes maximum rapportées sur les plateaux (pare-pluie métallique + montants d'ossature) ne doivent pas excéder 16 kg/m² de masse maxi. Le critère de résistance au cisaillement des assemblages plateaux/soutiens est satisfait lorsque le 6.2.2.3 est vérifié (cf. aussi 6.2.4.4.1).

Si la vérification de la tenue des assemblages sous l'action concomitante du vent et du poids propre au cisaillement est souhaitée, il est procédé comme indiqué ci-après :

- pour le calcul des fixations de plateaux : le poids G = (pare-pluie métallique + montant d'ossature + isolation + plateau) ;
- pour le calcul des fixations des montants d'ossature : le poids G = (pare-pluie métallique + montant d'ossature + isolation) ;
- pour le calcul des fixations du pare-pluie métallique : le poids G (pare-pluie métallique).

L'effort d'arrachement sera calculé avec les actions de vent ($1,5 \times W_k$) en dépression. W_k est la charge caractéristique de vent W_{50} déterminée selon la NF EN 1994-1 et son Annexe nationale.

Le calcul des assemblages se fera conformément à l'Eurocode Partie 1-3 ch. 8.

Les efforts agissant sont déterminés comme indiqué en (8.4) des présentes recommandations. Les efforts résistants des assemblages sont calculés selon les tableaux 8.1 à 8.4 de la NF EN 1993-1-3. Dans tous les cas, tous les critères indiqués en (8.4) des présentes recommandations ($F_{Ed} < P_k/\gamma_M$) doivent aussi être vérifiés.

Pour une fixation sollicitée à la fois en cisaillement et en traction, sous réserve que F_t , R_d et F_v soient toutes deux déterminées suivant les tableaux 8.1 à 8.4 de la NF EN 1993-1-3, la résistance de la fixation à la combinaison cisaillement – traction à l'aide de l'équation suivante :

$$\frac{F_{t,Ed}}{\min(F_{p,Rd}; F_{o,Rd})} + \frac{F_{v,Ed}}{\min(F_{p,Rd}; F_{n,Rd})} \leq 1$$

H.5 Cas particulier de vérification de plateaux en travées impaires

Le cas visé concerne les ouvrages où la structure porteuse des plateaux comporte un nombre impair de travées, de portées égales, alors même que le projet prévoit l'usage de plateaux repris sur trois appuis.

Lorsqu'on a disposé les plateaux repris par trois appuis, il reste une travée à barder. Une solution envisageable pour éviter d'avoir recours à la mise en œuvre sur la travée « impaire » de plateaux tous repris sur deux appuis (épaisseur de tôle majorée) consiste à traiter le calepinage d'ensemble de la peau intérieure en plaçant d'un rang à l'autre le plateau repris par deux appuis tantôt sur une travée, tantôt sur une autre travée.

H.5.1 Principe de justification

On considère que les éléments rapportés sur les lèvres des plateaux assurent un comportement global de plaque du système. Les déformations en parties centrales des travées sont égalisées entre plateaux repris sur trois appuis et les plateaux repris sur deux appuis. La contribution à la résistance d'ensemble des plateaux repris sur deux appuis est plus faible que celle des plateaux repris sur trois appuis.

On détermine un coefficient de majoration K des charges moyennes de vent W_k appliquées aux plateaux métalliques pour définir une action de calcul des plateaux en continuité.

On vérifie alors les plateaux repris sur trois appuis sous l'effet de la charge de calcul $K \times W_k$.

On vérifie les assemblages avec un coefficient de majoration $\left(\frac{1+K}{2}\right)$ des charges moyennes de vent W_k appliquées aux plateaux métalliques, soit une charge de calcul $\left(\frac{1+K}{2}\right) \times W_k$.

H.5.2 Méthode de calcul des charges sur les plateaux

I_2 : le moment d'inertie des plateaux repris sur deux appuis.

I_3 : le moment d'inertie des plateaux repris sur trois appuis (épaisseurs de tôles identiques ou non).

N_2/N : le rapport, dans la travée concernée, entre le nombre N_2 de plateaux repris sur deux appuis et le nombre N de lits de plateaux, N_3 nombre de plateaux repris sur trois appuis est tel que :

$$\frac{N_3}{N} + \frac{N_2}{N} = 1 \Rightarrow N_2 + N_3 = N$$

On considère que :

$$\frac{s_2}{77 \times I_2} = \frac{s_3}{192 \times I_3}$$

d'où :

$$s_2 = s_3 \times 0,4 \times \frac{I_2}{I_3}$$

Il vient alors :

$$s_2 \times N_2 + s_3 \times N_3 = W_k \times N$$

$$s_3 \left[\frac{N_2}{N} \times 0,4 \times \frac{I_2}{I_3} + 1 - \frac{N_2}{N} \right] = W_k$$

et :

$$\frac{1}{K} = \frac{W_k}{s_3} = \left[1 - \frac{N_2}{N} \times \left(1 - 0,4 \times \frac{I_2}{I_3} \right) \right]$$

Soit :

$$K = \frac{1}{1 - \frac{N_2}{N} \times \left(1 - 0,4 \times \frac{I_2}{I_3} \right)}$$

Avec :

W_k : la charge de calcul à retenir pour le dimensionnement des plateaux (pression / dépression appliquées) ;

s_2 : la réaction élastique apportée par un plateau repris sur deux appuis ;

s_3 : la réaction élastique apportée par un plateau repris sur trois appuis.

La justification des plateaux est conduite pour les plateaux en continuité sous l'effet d'une charge :

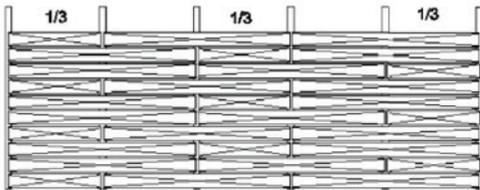
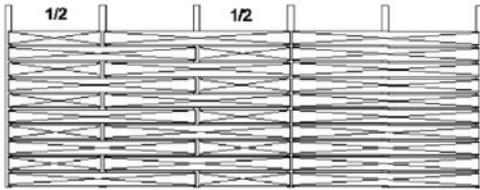
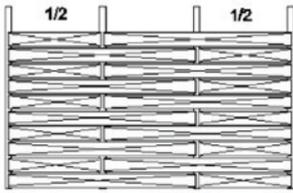
$$K \times W_k$$

La justification des fixations au milieu des plateaux en continuité est à effectuer sous charge :

$$\frac{1+K}{2} \times W_k$$

Dessins avec :	Trois travées $N_2/N = 0,5$	Deux dispositions possibles du plateau sur deux appuis
	Cinq travées $N_2/N = 1/3$ ou $0,5$	Possibilités en 1 3 ou 5
Par extension :	Sept travées $N_2/N = 1/4$ ou $0,5$	Possibilités en 1 3 5 ou 7
	Neuf travées $N_2/N = 1/5$ ou $0,5$	Possibilités en 1 3 5 7 ou 9

En dépression, la même démarche est appliquée pour déterminer les coefficients K .



$$\begin{aligned}
 K &= 1/[1 - 1/3 \times (1 - 0,4 \times 1,332)] \\
 &= 1/(1 - 0,333 \times 0,467) \\
 &= 1/0,844 \\
 &= 1,1845
 \end{aligned}$$

a) Vérification des plateaux (lecture des tableaux charges portées) avec :

En trois appuis :

$$K \times W_k$$

En pression : $61 \times 1,1845 = 72,23$ daN.

En dépression : $45 \times 1,1845 = 53,28$ daN.

83 daN et 62 daN (lus sur les tableaux de charges => satisfaisants).

b) Vérification des assemblages

En trois appuis :

$$\frac{1 + K}{2} \times W_k$$

H.5.3 Exemple d'application

- Exemple :

Long pan cinq travées de 6 mètres.

Pression $W_k = 61$ daN/m².

Dépression $W_k = 45$ daN/m², disposition 1/3.

Plateaux 92, 400 AC 0,75

$N_2/N = 1/3$

$I_2 = 136,26$ cm⁴/m

$I_3 = 102,32$ cm⁴/m

$I_2/I_3 = 1,332$

$$K = \frac{1}{1 - \frac{N_2}{N} \times \left(1 - 0,4 \times \frac{I_2}{I_3}\right)}$$

- Application numérique :

- Application numérique :

$$(1 + 1,1845)/2 \times 45 = 49,14 \text{ daN/m}^2.$$

Annexe I

Procédures applicables pour la détermination des performances aux contraintes admissibles usuelles des plateaux et des pare-pluie métalliques

I.1 Généralités

Les performances usuelles des plateaux ou pare-pluie métalliques en acier peuvent être déterminées par calculs en les considérant comme des éléments minces (cf. Annexe F).

Les performances usuelles des plateaux, des tôles de pare-pluie métallique peuvent également être déterminées par essais conformément aux spécifications qui suivent.

I.2 Objet

Il s'agit ici :

1. de préciser les conditions des essais conventionnels de flexion sous charges en pression ou en dépression réparties destinées à déterminer les performances usuelles des plateaux, tôles de pare-pluie métallique ;
2. de définir l'interprétation de ces essais et l'établissement des tableaux de charges et des abaques d'utilisation.

I.3 Cas des pare-pluie métalliques

I.3.1 Appareillage

L'appareillage comporte :

- un bâti rigide représentant un élément de charpente permettant de disposer la maquette à essayer horizontalement, sur 2 ou 3 appuis, situés à distances variables ;
- un système de mise en charge ;
- un système de mesure des flèches.

I.3.1.1 Bâti – Appuis

Le bâti représentant l'élément de charpente est constitué par un ensemble de pièces suffisamment rigides pour éviter des déformations importantes lors des essais.

Les appuis sont des pièces en acier représentant l'ossature sur laquelle sont fixés, suivant les procédures d'essais, les plateaux ou tôles de pare-pluie métallique représentant l'échantillon à essayer.

La largeur d'appui est d'environ :

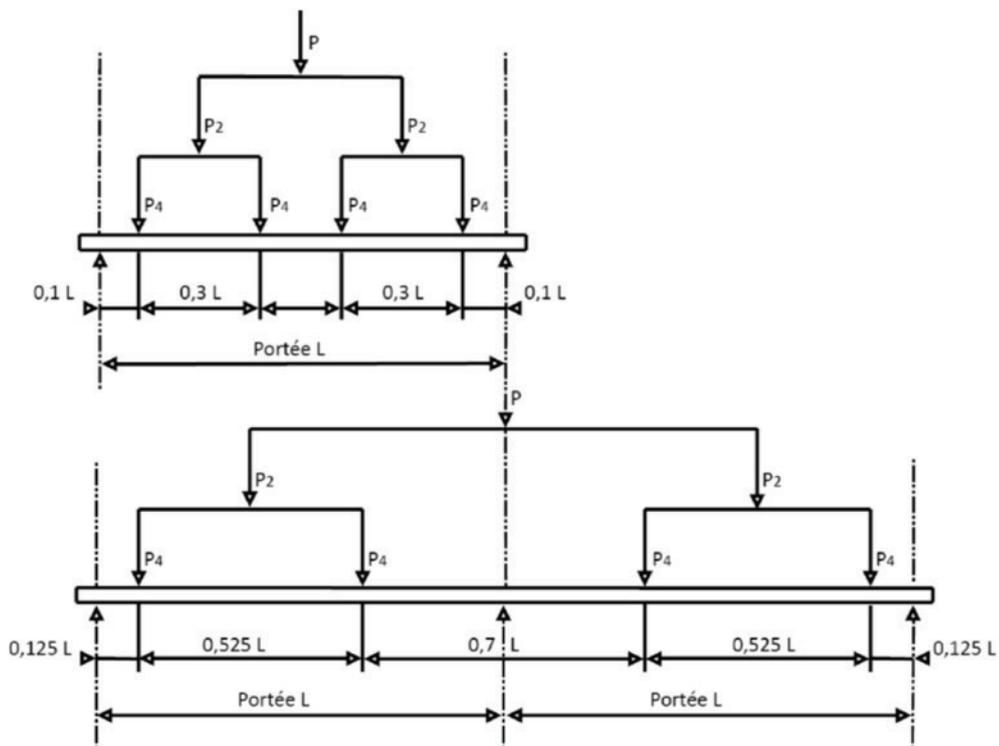
- 80 mm pour les plateaux ;
- 60 mm pour les tôles de pare-pluie métallique,

De plus, ces pièces sont parallèles et leurs faces supérieures sont situées dans un même plan horizontal. La distance entre ces appuis doit pouvoir varier d'une façon continue.

Dans le cas où l'essai comporte trois appuis, les deux portées sont égales. Les portées sont mesurées d'axe en axe des appuis.

1.3.1.2 Système de mise en charge

Les charges sont appliquées en simulation d'une charge répartie, par des charges concentrées disposées selon les schémas suivants.



Ces charges sont transmises par des pièces transversales, peu déformables, dont la face inférieure est :

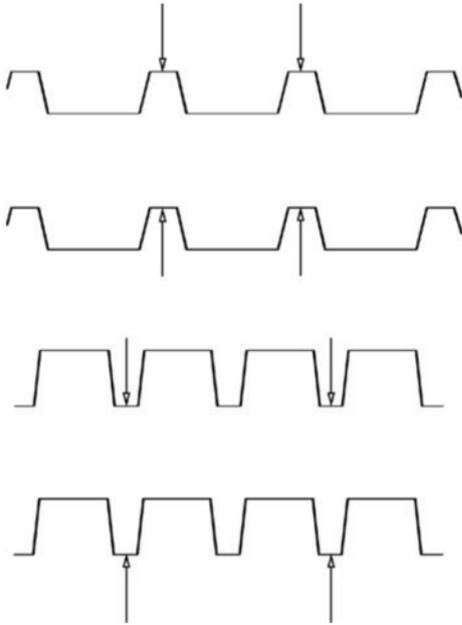
- soit plane, dans le cas d'essais sur tôles de pare-pluie métallique dont les nervures principales sont dirigées vers le bas, et dans le cas d'essais de plateau en pression où l'effort est transmis par les « flûtes » ou le pare-pluie métallique ;
- soit découpée suivant le profil transversal de la tôle (avec un jeu maximal de +2 mm), et tel qu'en aucun cas, la charge ne soit reportée sur le sommet et les flancs des nervures, dans le cas d'essais sur tôle dont les nervures sont dirigées vers le haut.

La largeur des pièces d'application de la charge est de 70 mm environ. La liaison de ces pièces deux par deux, se fait par l'intermédiaire des balanciers, eux même reliés par une double rotule à un balancier sur lequel agit le système de mise en charge mécanique ou hydraulique.

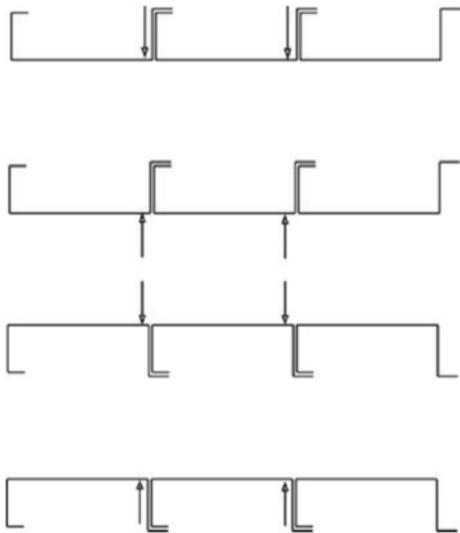
1.3.1.3 Système de mesure des flèches

Les flèches sont mesurées à l'aide de dispositifs de mesure permettant une précision du 1/10 mm (comparateurs, capteurs de déplacement, enregistreurs...), au nombre de deux par travée et disposés :

- a) Pour les pare-pluie métalliques au droit de deux nervures principales, symétriques de l'axe médian de la tôle de pare-pluie métallique selon les schémas suivants :



- b) Pour les plateaux au voisinage de la jonction du plateau central avec chacun des plateaux latéraux



1.3.2 Importance du contrôle

1.3.2.1 Conditions imposées aux échantillons

- a) Épaisseur

L'épaisseur moyenne mesurée sur chaque échantillon devra être égale à l'épaisseur nominale à plus ou moins 0,03 mm près.

- b) Caractéristiques mécaniques

La limite d'élasticité moyenne mesurée sur les échantillons devra être conforme aux conditions suivantes :

- pour les échantillons issus de tôle galvanisées de qualité courante (NF EN 10346 et NF EN 10343) ou à la limite d'élasticité minimale garantie inférieure de 280 MPa : la limite d'élasticité moyenne mesurée sur chaque échantillon ne devra pas être supérieure à 300 MPa ;

Note : En ce qui concerne les tôles d'acier galvanisées de qualité courante, le profileur par son auto-contrôle devra éliminer les tôles de limite d'élasticité moyenne, avant profilage, inférieure à 250 MPa.

- pour les échantillons issus de tôles galvanisées à la limite d'élasticité minimale garantie par marquage supérieure ou égale à 280 MPa : la limite d'élasticité moyenne mesurée sur chaque échantillon ne devra pas être supérieure de plus de 20 % à la limite d'élasticité minimale garantie.

1.3.2.2 Nombre d'échantillons composant la maquette

- a) Plateaux

La maquette sera composée au minimum de trois plateaux assemblés côte à côte et représentant chacun un échantillon du produit à tester.

- b) Pare-pluie métalliques

La maquette sera composée au minimum d'une tôle de pare-pluie métallique représentant un échantillon du produit à tester.

1.3.2.3 Nombre d'essais de flexion

Pour un type de produit dans une épaisseur donnée, douze essais sont nécessaires.

Ils sont répartis comme il suit :

- 6 essais en pression dont :
 - 3 portées d'essais sur deux appuis,
 - 3 portées d'essais sur trois appuis.

L'essai jusqu'à effondrement ne se fera dans chacun des deux cas d'appuis que sur la grande portée.

- 6 essais en dépression dont :

- 3 portées d'essais sur deux appuis,
- 3 portées d'essais sur trois appuis.

L'essai jusqu'à effondrement ne se fera dans chacun des deux cas d'appuis que sur la plus grande portée.

1.3.3 Mode opératoire

1.3.3.1 Identification de l'échantillon

- a) Caractéristiques géométriques

L'identification porte sur chaque échantillon du produit essayé en flexion.

- Relever la dénomination du produit ainsi que l'épaisseur nominale et le profil géométrique annoncés par le fabricant.
- Mesurer l'épaisseur en six points minimum et noter la moyenne.

- Mesurer et reporter sur un croquis de la section droite du profil toutes les cotes définissant le produit.

Ces mesures doivent être effectuées dans les sections situées à plus de 750 mm des extrémités.

- Relever la marque, le type, les dimensions caractéristiques (diamètre, longueur, pas, etc.) de la fixation (ou du système de fixation) utilisé.
- Relever la densité et la répartition de fixations utilisées lors des essais

b) Caractéristiques mécaniques

Déterminer les caractéristiques mécaniques à la traction de l'acier, en prélevant après l'essai de flexion, dans les grandes plages et la plus loin possible des zones pliées au profilage, des éprouvettes de formes et dimensions conformes aux prescriptions de la norme EN ISO 6892-1 (anciennement EN 10002-1) à raison de deux éprouvettes par échantillon essayé et procéder à l'essai de traction décrit dans cette norme.

Remarque : Si b_o est la largeur de la partie plane de la plage dans laquelle on prélève une éprouvette de traction de largeur b_e , on devra toujours avoir :

$$b_e \leq b_o - 8 \times e$$

Compte tenu des largeurs des éprouvettes définies dans la norme (20 mm et 12,5 mm) lorsqu'il n'est pas possible de les prélever, en respectant la condition citée ci-dessus, dans les grandes plages loin de zones pliées au profilage (nervures, plis au bord), les éprouvettes de traction doivent être prélevées dans d'autres parties du profil (âme, fond de nervure) de façon à respecter cette condition.

1.3.3.2 Détermination des portées conventionnelles d'essais

Déduire du calcul ou par l'intermédiaire d'essais préliminaires trois portées conventionnelles respectivement pour les charges réparties normales de service de 500, 1 000 et 1 750 N/m² (51, 102 et 178,4 kg/m²) ou plus, et dans chacun des cas envisagés : 2 et 3 appuis, pression et dépression.

Lorsqu'on utilise des essais préliminaires, on détermine les portées en prenant pour critère :

- une flèche maximale de 1/200 de la portée ;
- une sécurité à la ruine supérieure ou égale à deux pour les charges normales de services envisagées.

Lorsqu'on utilise le calcul aux éléments minces, on considère comme conditions :

- de déformation : une flèche maximale de 1/200 de la portée ;
- de résistance : une pondération des charges normales de service envisagées de 1,75.

Note : Le calcul étant effectué selon le DTU éléments minces P 22 703 dans les règles de bardage de 1981.

1.3.3.3 Procédure d'essai de flexion

• Dispositions générales

Pour chacune des portées définies en 1.3.3.2 et pour chaque cas (pression et dépression sur deux et trois appuis), procéder comme suit :

a) Constituer la maquette

- Pour les pare-pluie métalliques, il est possible d'ajouter quelques raidisseurs transversaux constitués de plats d'acier de 30 x 2 fixés aux nervures extérieures selon un pas supérieur ou égal à 1 m.
- Pour les plateaux, assembler les échantillons à l'aide des coutures latérales et fixer le pare-pluie métallique ou quelques raidisseurs transversaux

Le pare-pluie métallique doit être fixé selon la répartition et la densité minimale de fixation choisie par le fabricant.

Les raidisseurs transversaux éventuels :

- peuvent être constitués de plats (30 x 2) ou d'éléments pare-pluie métallique de largeur réduite (une ou deux nervures) ;
- ne doivent pas augmenter la raideur des plateaux plus que ne le ferait le pare-pluie métallique (nombre de raidisseurs et fixations de ceux-ci) ;
- ne doivent pas être disposés au droit des sections critiques ou au droit des sections de mesures (sections sur appuis et à mi-portée).

Remarque : Il sera nécessaire de joindre au rapport d'essai, les caractéristiques et le plan des fixations et des raidisseurs utilisés.

b) Mettre en place la maquette

Disposer la maquette sur les appuis (ou sous les appuis) et la fixer à l'aide des fixations standards prévues disposées suivant la répartition et la densité minimales envisagées.

c) Mettre en place le dispositif de mesure des flèches

d) Mettre en place le dispositif de chargement

e) Appliquer les principes de montée en charge définies en O.3.4.2

f) Relever pour chaque palier de chargement, la valeur des flèches indiquées par les comparateurs et établir au fur et à mesure le graphique des relations « charges-flèches moyenne »

Remarque : On peut ainsi s'assurer du bon déroulement de l'essai et de sa validité en ce qui concerne la maquette essayée en vérifiant que les points du graphique « charges-flèches moyenne » correspondant aux premières mesures sont sensiblement alignés.

g) Observer et décrire les déformations apparaissant sur la tôle de pare-pluie métallique au droit de la (ou des) section(s) centrale(s) en travée, et sur l'appui intermédiaire dans le cas d'essai sur deux travées (cloquage des parties planes, flambage des nervures)

• Principes de montée en charge

a) Augmenter la charge régulièrement en réalisant au moins six paliers sensiblement réguliers jusqu'à :

- soit l'obtention d'une flèche égale au 1/200 de la portée ;
- soit une charge égale à 120 % de la charge normale de service prédéterminée.

b) Décharger et noter la flèche résiduelle.

c) Pour la plus grande portée d'essai, poursuivre le chargement jusqu'à effondrement en procédant comme il suit :

- continuer le chargement par paliers identiques jusqu'à une charge de l'ordre de 80 % de la charge de ruine prédéterminée en déchargeant et notant les flèches résiduelles à chaque palier ;
- continuer ensuite le chargement jusqu'à effondrement, par paliers ne dépassant pas 5 de la charge de ruine prédéterminée en déchargeant et notant les flèches résiduelles pour chacun de ces paliers ;
- noter la valeur de la charge de ruine.

Remarque : Les flèches résiduelles peuvent être mesurées sans enlever le dispositif de répartition des charges, ce qui n'introduit qu'une faible erreur.

I.3.4 Expression des résultats

I.3.4.1 Identification de la maquette

a) Caractéristiques géométriques

Sur un croquis schématique de la section droite de la maquette, porter les cotes relevées selon les prescriptions de l'article I.3.3.1.a).

Fournir également un croquis de la fixation utilisée en précisant la marque, le type et ses dimensions caractéristiques (diamètre, longueur, pas, diamètre de rondelle),

Indiquer la densité et la répartition des fixations utilisées lors des essais.

b) Caractéristiques mécaniques

- l'allongement relatif A pour cent après rupture ;
- la charge unitaire à la limite apparente d'élasticité et la charge à la rupture mesurée dans les conditions de l'article I.3.3.1 b).

I.3.4.2 Résultats des essais de flexion

Présenter les résultats à la fois sous forme de tableaux et de graphiques.

a) Sous forme de tableau

Pour chaque épaisseur nominale et pour chaque cas (2 et 3 appuis) en pression et en dépression, donner pour chaque portée, les valeurs :

- des épaisseurs mesurées ;
- des charges et des flèches mesurées correspondantes ;
- des charges et des flèches résiduelles correspondantes mesurées après déchargement ;
- et s'il y a lieu, de la charge ayant entraîné l'effondrement (il y a effondrement lorsqu'on observe une augmentation continue de la flèche sans augmentation de charge).

Noter également les déformations subies par la tôle de pare-pluie métallique en cours d'essai.

Donner également essai par essai :

- le poids propre d'un échantillon de N/m² et le nombre d'échantillons composant la maquette ;
- le poids au m² du pare-pluie métallique s'il est mis en place ;
- le poids global du dispositif de chargement.

b) Sous forme de graphiques

Pour chaque épaisseur nominale et pour chaque cas, en pression et en dépression sur deux et trois appuis, donner sous forme de graphique :

1. Pour les deux plus petites portées

Le diagramme charges-flèches moyennes en portant :

- en ordonnées :

Les charges par m² de tôle de pare-pluie métallique en N/m² (50 mm minimum pour 1000 N/m²).

- en abscisses :

Les flèches moyennes en mm (5 mm pour 1 mm de flèche).

2. Pour la plus grande portée

On procède comme en I.3.4.2.b), mais l'on corrige l'origine du graphique du poids propre de la maquette.

Sur ce même graphique, on trace la courbe du double des flèches moyennes résiduelles en fonction de la moitié des charges sollicitant la maquette avant déchargement.

Ceci revient à porter :

- en ordonnées :

La moitié de la valeur des charges sollicitant la maquette.

- en abscisses :

Le double des flèches moyennes résiduelles mesurées après la suppression des charges.

Note : Le bombement sur appui des éléments composant la maquette, avant mise en charge, peut introduire un décalage des graphiques charges-flèches par rapport à l'origine des coordonnées. La correction est effectuée en prenant pour origine réelle des charges l'intersection de la droite représentative de la variation de la flèche avec l'axe des ordonnées.

I.3.5 Interprétation des résultats des essais de flexion

I.3.5.1 Critères de définition de la charge limite de service

La charge limite de service sera définie selon le paragraphe 3 à partir des charges admissibles P₁, P₂, P₃ définies ci-après :

- a) La charge P₁ est la charge pour laquelle on a mesuré une flèche moyenne égale au 1/200 de la portée
- b) La charge P₂ est déterminée lorsque l'effondrement de la maquette se produit sous une charge de valeur 2 x P₂
- c) La charge P₃ est obtenue graphiquement par l'intersection des deux courbes définies à l'article I. 3.4.2 b) de la procédure d'essai.

I.3.5.2 Exploitation des résultats obtenus expérimentalement pour une épaisseur donnée

a) Établissement des graphiques

Pour chaque épaisseur et pour chaque type de fonctionnement en simple et en double portée, deux graphiques seront établis : l'un pour la maquette en compression, l'autre pour la maquette en dépression.

Les charges seront définies en ordonnées et les portées en abscisses.

Chaque graphique comportera les deux courbes limitatives suivantes :

b) Courbe limitative à rapport de flèche sur portée constant 1/200

Les trois essais effectués pour trois portées différentes permettent de définir trois charges admissibles P₁, P₁₂, P₁₃ définies selon le paragraphe I.3.5.1 qui correspondent chacune à une des trois portées d'essais.

Soit L₁, L₂ et L_g ces trois portées d'essai et P₁₁, P₁₂, P₁₃ les trois charges admissibles du type P₁ correspondantes (avec L₁ < L₂ > L_g).

Pour des éléments ne se voilant pas, on aurait un moment d'inertie constant et le produit PL³ serait supposé constant à flèche constante (rapport).

Pour les types de produits testés, ce moment d'inertie du fait du voilement varie en fonction du moment appliqué, donc en fonction de la charge et de la portée.

Nous devons donc considérer les trois produits suivants :

$$P_{11} \times L_1^3 = K_1$$

$$P_{12} \times L_2^3 = K_2$$

$$P_{13} \times L_g^3 = K_3$$

Pour tracer la courbe limitative, on effectue une interpolation linéaire pour les portées supérieures à L_1 .

C'est-à-dire que pour une portée L_i , la charge correspondante P_{1i} sera :

$$P_{1i} = \frac{1}{L_i^3} \times \frac{K_1 \times (L_2 - L_i) + K_2 \times (L_i - L_1)}{L_2 - L_1}$$

Si $L_1 < L_i < L_2$

Où

$$P_{1i} = \frac{1}{L_i^3} \times \frac{K_1 \times (L_g - L_i) + K_3 \times (L_i - L_2)}{L_g - L_2}$$

Si $L_i > L_2$

c) Courbe limitative à moment fléchissant maximal admissible

À partir des résultats de l'essai effectué sur la plus grande portée, on détermine les charges admissibles P_2 et P_3 définies au paragraphe 1.3.5.1.

On ne retient ensuite que la plus petite de ces deux charges P_2 et P_3 .

L'essai ayant été effectué sur la plus grande portée, on se place en sécurité en supposant que le module de résistance (I/v) est le même pour des portées inférieures à la portée d'essai.

La courbe limitative à moment fléchissant maximal admissible est la courbe d'équation :

Avec :

PP (P_2 , P_3) = plus petite des charges P_2 et P_3

L_g = plus grande portée d'essai

Lorsque les essais sont conduits à la ruine sur les trois portées d'essais, la courbe limitative à moment fléchissant maximal admissible peut être obtenue par interpolation linéaire pour les portées supérieures à L_1 selon une procédure équivalente à celle du paragraphe 0 3.5.2b) mais portant sur les produits PP_i (P_{2i} , P_{3i}) $\times L_i^2$.

1.3.5.3 Extrapolation à d'autres épaisseurs

L'extrapolation ne peut se faire qu'à des épaisseurs supérieures à celles essayées.

Pour une épaisseur e_s supérieure à celle essayée e_t , on peut obtenir les nouveaux graphiques en multipliant l'échelle de charge par le facteur e_s/e_t .

Lorsque des séries complétées d'essais sont effectuées pour plusieurs épaisseurs d'un même produit, proches les unes des autres, on peut également effectuer une interpolation linéaire.

1.3.6 Exemple d'expression des résultats d'un essai de flexion

1.3.6.1 Détermination préliminaire des conditions d'essai

a) Détermination des portées d'essais

L'essai de flexion envisagé est un essai en double portée sous une charge prévisionnelle de 500 N/m².

Les essais préliminaires effectués en double portée ont permis de déterminer :

- pour une flèche de 1/200 de la portée :

$$PL^3 \approx 130000 \text{ N} \cdot m$$

- pour la ruine :

$$PL^2 \approx 36000 \text{ N}$$

Pour une charge prévisionnelle de 500 N/m², nous avons les portées admissibles suivantes :

- limitation de la flèche :

$$L = \sqrt[3]{\frac{PL^3}{Q}} = \sqrt[3]{\frac{130000}{500}} = 6,4 \text{ m}$$

- limitation à la ruine (sécurité 2) :

$$L = \sqrt{\frac{PL^2}{2Q}} = \sqrt{\frac{36000}{1000}} = 6 \text{ m}$$

Les essais seront donc effectués avec des doubles portées choisies de 6 m.

b) Détermination des paliers de charge

L'essai est effectué sur une maquette composée de trois plateaux accolés chacun de 333 mm soit 1 000 mm de largeur pour la maquette. Les plateaux sont liés par des « flûtes » d'un poids négligeable. Le poids de la maquette est de 1 200 N (100 N/m²).

Les efforts sont fournis par un vérin hydraulique et mesurés par un dynamomètre. L'ensemble du dispositif de balancier qui assure la répartition des charges a un poids de 1 500 N.

La charge d'utilisation étant de l'ordre de 500 N/m², les paliers de charges sont choisis de façon à assurer jusqu'à une charge de 120 % de la charge d'utilisation, une progression par un minimum de 6 paliers. La flèche initiale sous poids propre est déterminée graphiquement à partir des premiers points de mesure.

Les 120 % de la charge d'utilisation représentent 7 200 N (500 N/m² \times 12 \times 1,2) de charge totale appliquée.

Compte tenu du poids du dispositif de chargement, il est décidé de faire des paliers de 1 000 N jusqu'à 600 N.

Charge appliquée (N)	Total des charges extérieures appliquées (N)	Total des sollicitations (avec poids propre) (N)
0	0	0
0	0	1 200
0	1 500	2 700
1 000	2 500	3 700
2 000	3 500	4 700
3 000	4 500	5 700
4 000	5 500	6 700
5 000	6 500	7 700
6 000	7 500	8 700

À partir de cette charge de 6 000 N, on décharge et on mesure les flèches rémanentes.

À partir de 80 % de la charge de ruine prévue, les paliers sont réduits à 500 N de façon à mieux préciser la courbe des flèches rémanentes.

Ces 80 % de la charge de ruine représentent 9 600 N (2 \times 500 \times 12 \times 0,8) de charge totale appliquée, soit 8 100 N de charge appliquée au vérin.

Nous aurons donc, au vérin, la progression suivante à réaliser :

0, 1 000, 2 000, 3 000, 4 000, 5 000, 6 000, 0, 7 000, 0, 8 000, 0, 8 500, 0, 9 000, 0, 9 500, 0, etc.

Remarque : Pour un essai réel, les observations concernant les déformations locales et d'autres incidents apparaissant pendant l'essai de flexion sont portées au fur et à mesure de leurs apparitions en regard des charges appliquées.

1.3.6.2 Résultats des essais

- Expression graphique des résultats

1. Courbes charges-flèches

On trace directement la courbe charges-flèches. Ceci permet de déterminer directement la charge maximale admissible P_1 pour une flèche 1/200 de la portée (30 mm).

$P_1 = 600 \text{ N/m}^2$

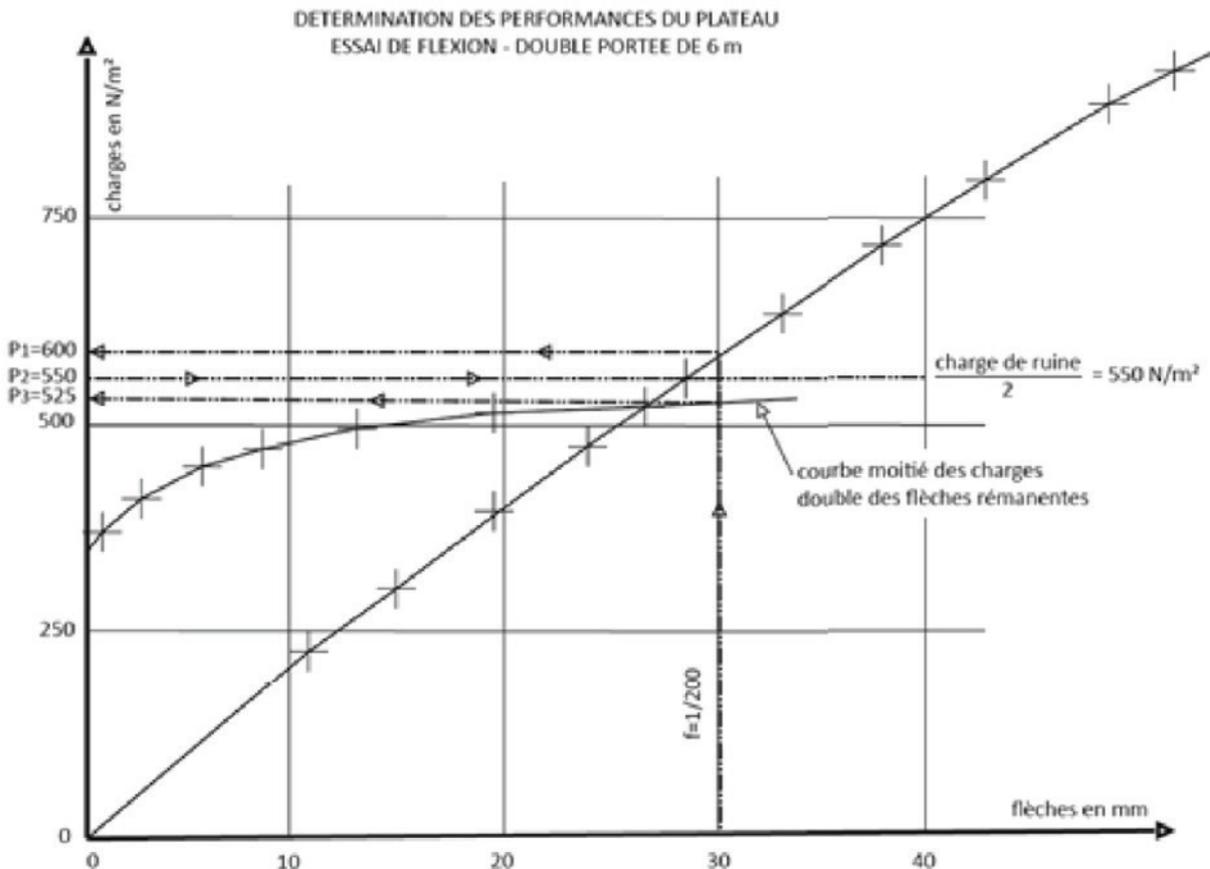
2. Charge de ruine

La charge à l'effondrement détermine la charge maximale admissible à la ruine :

$$P_2 = \frac{P_r}{2}$$

Que l'on reporte sur le graphique :

$P_2 = 550 \text{ N/m}^2$



3. Courbe « moitié des charges »/double des flèches rémanentes

Sur le même graphique, on trace la courbe exprimant la variation du double des flèches rémanentes en fonction de la moitié des charges les ayant induites.

L'intersection de cette courbe avec la courbe charge/flèches détermine la charge maximale admissible P_3 caractéristique de la limite des déformations permanentes. $P_3 = 656 \text{ N/mm}^2$

4. Commentaires

Afin de compléter cette série d'essai, deux autres essais seraient nécessaires pour des charges prévisionnelles d'environ 1 000 et 1 750 N/m^2 ou plus.

Ceci conduit à faire des essais pour des portées inférieures à 6 m, pour lesquelles il n'est pas nécessaire de prolonger le chargement jusqu'à la ruine.

La détermination préliminaire des portées d'essai se fera comme indiqué en I.3.6.1 c'est-à-dire :

- Pour 1 000 N/m^2

Flèche :

$$L = \sqrt[3]{\frac{PL^3}{Q}} = \sqrt[3]{\frac{130000}{1000}} = 5,1 \text{ m}$$

Ruine :

$$L = \sqrt{\frac{PL^2}{2Q}} = \sqrt{\frac{36000}{2000}} = 4,2 \text{ m}$$

- Pour 1750 N/m^2

Flèche :

$$L = \sqrt[3]{\frac{PL^3}{Q}} = \sqrt[3]{\frac{130000}{1000}} = 5,1 \text{ m}$$

Ruine :

$$L = \sqrt{\frac{PL^2}{2Q}} = \sqrt{\frac{36000}{1000}} = 6 \text{ m}$$

Les deux essais réalisés pour des doubles portées de 4,25 m et 3,20 m définissent deux autres charges maximales admissibles du type P_1 à la limitation du 1/200 des flèches.

Les trois charges de type P_1 et les charges P_2 et P_3 permettent ensuite de déterminer, conformément au paragraphe I.3.5 de la procédure d'essai, les performances du plateau, pour le cas de chargement et l'épaisseur de tôles essayée et pour des valeurs de charges supérieures à 500 N/m^2 ou des doubles portées inférieures à 6 m.

Remarque : Il sera avantageux de réaliser les essais à 1 000 et 1 750 N/m^2 avant l'essai à 500 N/m^2 en utilisant la même maquette pour les trois essais. L'influence du porte-à-faux est insignifiante en regard des charges appliquées.

SIÈGE SOCIAL

84, AVENUE JEAN JAURÈS | CHAMPS-SUR-MARNE | 77447 MARNE-LA-VALLÉE CEDEX 2
TÉL. (33) 01 64 68 82 82 | FAX (33) 01 60 05 70 37 | www.cstb.fr

CSTB
le futur en construction

CENTRE SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE DU BÂTIMENT | MARNE-LA-VALLÉE | PARIS | GRENOBLE | NANTES | SOPHIA ANTIPOLIS