

Règles générales de conception et de mise en œuvre de l'ossature bois et de l'isolation thermique des bardages rapportés faisant l'objet d'un Avis Technique ou Document Technique d'Application

e-Cahier

Annule et remplace le Cahier du CSTB 3316_V2 de décembre 2010.

Groupe Spécialisé n° 2.2

Produits et procédés de bardage rapporté, vêtage et vêture



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.

SOMMAIRE

1. Introduction.....	6
1.1. Objet du document	6
1.2. Bardage rapporté.....	6
1.2.1. Définitions	6
1.2.2. Structure porteuse	7
1.2.3. Ossature	7
1.2.4. Isolation complémentaire.....	7
2. Description des constituants de l'ossature et de l'isolation complémentaire.....	8
2.1. Chevrons d'ossature.....	8
2.1.1. Rappel des exigences	8
2.1.2. Durabilité.....	8
2.1.3. Section des chevrons	9
2.1.4. Fractionnements	10
2.2. Pattes de fixation des chevrons.....	11
2.2.1. Rappel des exigences	11
2.2.2. Durabilité.....	11
2.2.3. Géométrie des pattes	12
2.2.4. Trous pré-perçés en ailes des pattes	14
2.3. Bande de protection	18
2.3.1. Rappel des exigences	18
2.3.2. Présentation.....	18
2.3.3. Cas particulier de la protection de la face vue d'un chevron intermédiaire au droit d'un joint horizontal ouvert entre éléments de peau	19
2.4. Lisses	19
2.4.1. Nature	19
2.5. Isolant.....	22
2.5.1. Isolant en laine minérale.....	22
2.5.2. Panneau isolant en mousse plastique	23
2.5.3. Autres isolants	23
2.6. Organes de fixation	23
2.6.1. Organes de fixation de la patte sur la structure porteuse	23
2.6.2. Organes de fixation du chevron sur la patte	26
2.6.3. Organes de fixation de l'isolant sur la structure porteuse	26
2.6.4. Organes de fixation des lisses sur les chevrons.....	30
3. Description de la mise en œuvre des divers constituants	31
3.1. Pose des pattes.....	31
3.1.1. Disposition et répartition des pattes.....	31
3.1.2. Fixation des pattes sur la structure porteuse	32
3.2. Pose de l'isolant	34

3.2.1.	Disposition de l'isolant	34
3.2.2.	Fixation de l'isolant sur la structure porteuse.....	35
3.3.	Pose des chevrons	37
3.3.1.	Entraxe des chevrons	37
3.3.2.	Fixation des chevrons sur les pattes	39
3.3.3.	Raboutage des chevrons	40
3.3.4.	Fractionnement.....	41
3.3.5.	Planitude générale des chevrons	42
3.4.	Aménagement de la lame d'air	43
3.4.1.	Dispositions générales.....	43
3.4.2.	Compartimentage horizontal de la lame d'air (cf. fig. 28b)	44
3.4.3.	Compartimentage vertical de la lame d'air (cf. fig. 29).....	44
3.5.	Pose de la bande de protection	45
3.6.	Pose des lisses.....	45
3.6.1.	Entraxe des lisses.....	45
3.6.2.	Fixation des lisses	45
3.6.3.	Raccordement des lisses.....	46
ANNEXE 1 – Charges dues au vent entraînant, pour les chevrons de section courante, une flèche égale au 1/200 de la portée entre fixations espacées de 1,35 m.....		48
A1.1	Première partie : Dimensionnement des chevrons selon les contraintes admissibles au NV 65 modifiées	48
A1.2	Deuxième partie : Charge de vent applicable aux chevrons de section courante selon la NF EN 1995 et NF EN 1991-1-4	49
A1.2.1	Critère de flèches	49
A1.2.2	Vérification ELS.....	49
ANNEXE 2 - Détermination des caractéristiques mécaniques des pattes destinées à la fixation des chevrons sur la structure porteuse.....		51
A2.1	Première partie : Résistance admise aux charges verticales permanentes dues à la masse du bardage rapporté.....	51
A2.1.1	Appareillage	51
A2.2.1	Nombre d'éprouvettes.....	52
A2.2.2	Mode opératoire	52
A2.2.3	Expression des résultats	53
A2.2	Deuxième partie : Résistance admissible aux charges horizontales momentanées dues à la dépression	54
A2.2.1	Résistance	54
A2.2.2	Nombre d'éprouvettes.....	55
A2.2.3	Mode opératoire	55
A2.3	Troisième partie : Fiche technique patte-équerre	56
A2.3.1	Informations à retrouver dans une fiche Technique d'une patte-équerre	56
ANNEXE 3 - Performances du liteau bois de section courante.....		58
A3.1	Généralités.....	58
ANNEXE 4 - Résistance des fixations dans les chevrons.....		61
A4.1	Première partie : Détermination de la résistance à l'arrachement d'une fixation mécanique dans un chevron de bardage rapporté.....	61
A4.2	Deuxième partie : Vérification des efforts de cisaillement sur la ou les vis de blocage et pour d'une longueur de patte-équerre de 300mm maximum	61

A4.2.1 Les efforts de cisaillement repris par les fixations, vis sont fonction du poids propre du bardage et de l'effet de levier résultant de la géométrie de la patte (cf. fig. A4.2.1).....	61
ANNEXE 5 - Éléments de calcul thermique	63
A5.1 Hypothèses	64
A5.2 Valeurs par défaut.....	64
A5.3 Exemple du calcul du coefficient U_p pour un bardage en bois	64
ANNEXE 6 - Définition des atmosphères extérieures Protection contre la corrosion des pattes-équerres et lisses en métal.....	66
A6.1 Objet	66
A6.2 Atmosphères extérieures directes (E11 à E19)	66
A6.2.1 Atmosphère rurale non polluée : E11.....	66
A6.2.2 Atmosphère normale urbaine ou industrielle : E12	66
A6.2.3 Atmosphère sévère urbaine ou industrielle : E13	66
A6.2.4 Atmosphères marines	66
A6.2.5 Atmosphères mixtes.....	66
A6.3 Atmosphères extérieures protégées et ventilées (E21 à E29).....	67

1. Introduction

PREAMBULE

Par rapport à l'édition précédente les modifications suivantes ont été apportées :

- Introduction de la vérification possible aux états limites et simplification du calcul des sollicitations (*cf. Cahier du CSTB 3763*)
- Corrections de forme,
- Mises à jour du § 2.5 Isolant,
- Renvoi à l'AT ou au Cahier du CSTB 3725 pour les aspects sismiques Mise à jour de l'Annexe 5 « Eléments de calcul thermique »
- Ajout de l'Annexe 1 P2 et P3 dans l'Annexe 2,
- Suppression des fixations par clouage du chevron

1.1. Objet du document

Ce document a pour objet de rappeler les exigences les plus usuellement retenues, en ce qui concerne l'ossature bois et l'isolation thermique associée, des bardages rapportés faisant l'objet d'un Avis Technique ou Document Technique d'Application (DTA) et de décrire :

- Les constituants usuellement utilisés pour la réalisation de l'ossature bois et celle de l'isolation thermique associée ;
- La mise en œuvre habituelle des constituants précédemment décrits, permettant de satisfaire ces exigences.

En l'attente de DTU couvrant les principales familles de bardages rapportés à l'exception du NF DTU 41.2, il a paru utile d'établir un document technique de référence dans le souci de rassembler ce que l'on peut considérer comme les Règles de l'Art. En pratique, la constitution de l'ossature bois et sa mise en œuvre, telles qu'elles sont décrites dans le présent document, sont communes tant aux bardages rapportés relevant du domaine traditionnel qu'à la plupart des bardages rapportés considérés comme non traditionnels ; en effet, le caractère de non-traditionalité d'un bardage rapporté résulte le plus souvent de la nature de la peau.

- Soit parce qu'ils sont réalisés en matériaux non traditionnels (mortier de résines, mortier CCV, stratifiés, compounds polyester, panneaux composites, etc.) ;
- Soit parce que réalisés dans des matériaux reconnus traditionnels, ils sont proposés dans des formats et selon des modes de fixation qui ne le sont pas (par exemple carreaux céramiques de grandes dimensions et/ou fixés à l'aide d'inserts).

Les deux référentiels relatifs au vent (Neige et Vent 65 modifiées et Eurocode 1991-1-4 (EC 1 P1-4) +AN et ses amendements) cohabitent. Lorsque les hypothèses suivantes sont vérifiées :

- 600 mm d'entraxe maximum entre les montants d'ossature tels que définis au § 2.1 (pour leurs natures et durabilités) ;
- Distance entre pattes-équerrés (disposées en quinconce) ou étriers de 1,35 m au maximum.

Alors les formules classiques de RDM concernant les déformées peuvent être utilisées quel que soit le référentiel choisi pour les efforts de vent qui s'appliquent à la façade (Règles NV 65 modifiées ou Eurocode 1991-1-4 (EC 1 P1-4) +AN + amendements).

Pour ce qui concerne le respect des exigences relatives à la Sécurité Incendie, on se reportera à la réglementation en vigueur.

Le présent document s'applique aux territoires métropolitains, hors zones sismiques. Les conditions d'utilisation d'un bardage rapporté posé sur ossature bois, objet du présent document, dans les zones sismiques concernées par la Réglementation sont décrites dans l'Avis Technique ou DTA de ce bardage rapporté.

1.2. Bardage rapporté

1.2.1. Définitions

On appelle bardage rapporté le système de revêtement extérieur de parois verticales, composé d'une peau et d'une ossature repris sur le gros-œuvre à revêtir.

La peau du bardage rapporté peut être à base :

- De grands éléments (plaques, panneaux...);
- D'éléments de grande longueur (clins, lames...);
- De petits éléments (tuiles, ardoises, écailles, dalles, bardeaux...).

Il n'appartient pas au bardage rapporté de séparer l'intérieur du bâtiment de l'extérieur mais d'être entièrement situé à l'extérieur. Il est rapporté sur le gros-œuvre qui assume ladite séparation et auquel l'ouvrage de bardage apporte l'aspect extérieur. Il contribue à l'étanchéité à la pluie et le plus souvent à l'isolation thermique assurant ainsi la protection de la structure porteuse vis-à-vis des sollicitations climatiques.

Remarque :

Lorsqu'un système, normalement employé en bardage rapporté, est utilisé pour séparer l'intérieur du bâtiment de l'extérieur, il ne constitue plus un bardage rapporté tel que visé dans le présent document, mais un ouvrage différent, où il joue lui-même le rôle de mur et où il doit répondre aux diverses performances exigées d'un mur, notamment du point de vue stabilité, résistance aux sollicitations climatiques, sécurité incendie, confort thermique et confort acoustique... Il peut en ce cas être appelé : « bardage » tout court, « bardage industriel », « façade légère », etc.

1.2.2. Structure porteuse

On appelle « structure porteuse » les éléments du gros-œuvre, devant assurer notamment la stabilité du bâtiment ainsi que l'étanchéité à l'air des murs.

Ne sont visées dans le présent document que les structures porteuses réalisées en maçonneries d'éléments enduit ou en béton.

1.2.3. Ossature

On appelle ossature l'ensemble du dispositif permettant de rapporter la peau sur la structure porteuse.

Le type d'ossature support de bardage considéré dans le présent document est constitué de montants ou chevrons disposés en réseau vertical.

Ces chevrons verticaux peuvent être :

- Soit solidarisés directement à la structure porteuse, en pose directe ;
- Soit le plus souvent, déportés à l'aide de pattes « équerres ».

Ces « pattes-équerres » permettent un réglage d'adaptation pour ménager l'espace pour l'isolation thermique et obtenir. La planéité du parement, compte tenu des tolérances et irrégularités plus ou moins importantes du gros-œuvre.

Les peaux composées de grandes plaques ou de clins disposés horizontalement sont fixées directement sur le réseau vertical de chevrons.

Les peaux composées de clins disposés verticalement ou de petits éléments sont fixées par un réseau intermédiaire de lisses horizontales, lui-même fixé sur le réseau vertical de chevrons.

Remarque :

L'usage semble établi aujourd'hui d'appeler le réseau de chevrons « ossature primaire » et le réseau de lisses « ossature secondaire ».

1.2.4. Isolation complémentaire

Une isolation thermique extérieure est le plus souvent associée pour répondre à la réglementation thermique. Entre isolation et dos de la peau est toujours ménagée une lame d'air ventilée qui est en communication avec l'extérieur en rives basses et en rives hautes de la totalité de la façade revêtue par le bardage rapporté (les parties en allège et en imposte sont concernées).

2. Description des constituants de l'ossature et de l'isolation complémentaire

Constituants

Les constituants utilisés pour la réalisation de l'ossature et de l'isolation complémentaire concernent : les chevrons, les pattes de fixation, les éventuels lisses ou liteaux, les isolants et les diverses fixations.

2.1. Chevrons d'ossature

2.1.1. Rappel des exigences

Compte tenu des dispositions prises à la mise en œuvre (cf. § 3) et des conditions d'emploi, les chevrons doivent présenter :

- Une durabilité suffisante ;
- Une section assurant :
 - Une déformabilité sans conséquence préjudiciable sous l'action des agents climatiques (hydrothermie, vent),
 - Une largeur « vue » (face avant des chevrons) correctement adaptée aux dimensionnements et à la position des fixations.

2.1.2. Durabilité

2.1.2.1. Nature du bois

Les chevrons en bois massif doivent présenter un classement mécanique correspondant à la classe C 18 ou D 18 selon la norme NF EN 338.

Lors de la livraison, le taux d'humidité des bois doit être au plus égal à 18 % en poids.

Remarque :

Pour certains systèmes de bardages, ce taux d'humidité peut être ramené à une valeur inférieure, laquelle sera alors précisée dans l'Avis Technique ou le Document Technique d'Application (DTA) visant le système considéré.

La méthode de mesure de l'humidité des bois est définie dans la norme NF EN 13183-2 « Teneur en humidité d'une pièce de bois scié - Partie 2 : estimation par méthode électrique par résistance.

2.1.2.2. Durabilité du bois

Les bois doivent, compte tenu de leur emploi en ossature de bardage rapporté c'est-à-dire en atmosphère extérieure protégée et ventilée, satisfaire aux conditions de durabilité correspondant à la classe d'emploi

- 2 défini par la norme F DP 20-651 si joints fermés
- 3b selon FD P20-651 (ou 3-2 selon NF EN 335). Les bardages à joints de « peau » ouverts exposent les bois d'ossature aux projections et/ou au ruissellement d'eau de pluie. Les joints ouverts doivent respecter les exigences du Cahier du CSTB 3251_V2 pour les murs de type III/Type XIII (1).

Remarque :

En front de mer (exposition directe aux embruns) les joints sont fermés et classe d'emploi 3a selon FD P 20 651 (ou 3.1 selon NF EN 335) dans le cas de type parois de type XIII ou classe d'emploi 2 dans le cas de paroi de type XIV.

En bord de mer (<3km) et ailleurs les dispositions suivantes sont à suivre :

- Joint ouvert avec classe d'emploi 2 + bande de protection ou classe 3b selon FD P 20-651 (ou 3-2 selon NF EN 335)
- Joint fermé avec classe d'emploi 2

Nota : ces dispositions permettent de considérer que les chevrons restent en classe d'emploi choisie ci-avant.

- Les stations de traitement doivent, sur demande, fournir un certificat de traitement des bois traités (cf. NF B 50-105-3) ;
- La protection des bâtiments neufs contre les termites et autres insectes à larves xylophages doit être assurée conformément à l'arrêté du 27 juin 2006 modifié. En régions termitées, la lutte contre les termites comporte des mesures visant la protection de l'interface sol/bâtiment complémentaires à la préservation des éléments en bois ou à base de bois qui participent à la solidité des structures. Les chevrons en bois ne sont pas concernés par cet arrêté.
- La satisfaction des exigences fonctionnelles ou réglementaires ne nécessite pas d'autres traitements de préservation (hydrofugation ou ignifugation par exemple dont, par ailleurs, les résultats ne sont pas reconnus comme durables) ;
- Les bois doivent être livrés secs de traitement.

2.1.3. Section des chevrons

La section des chevrons est une section rectangulaire définie comme suit (cf. fig. 1).

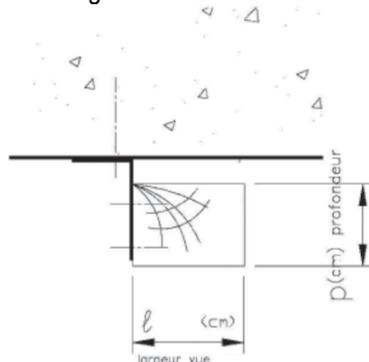


Figure 1 – Définition de la section des chevrons

Cette section dont :

- L'élanement transversal e est égal à p/l ;
- Le moment d'inertie I est égal à $(l \times p^3/12)$ en cm^4 , au regard des actions du vent perpendiculaires à la peau de bardage rapporté ;
- Doit répondre à un certain nombre de conditions :
- en ce qui concerne la largeur vue l , celle-ci doit permettre un appui et une fixation suffisante compte tenu des éléments qu'elle aura à supporter (éléments de peau ou réseau de lisses ou liteaux) et des gardes aux bords à respecter et des tolérances de pose ;
- dans le cas où le joint vertical entre deux éléments est prévu au droit d'un chevron (cf. fig. 2), cette largeur l doit permettre :
- l'ouverture j du joint entre éléments,
- une distance d suffisante entre l'axe des fixations de l'élément et le bord de l'élément (prise en compte deux fois). Cette distance est fonction de la nature de l'élément est définie dans l'Avis Technique ou le DTA du bardage rapporté,
- une garde g suffisante entre l'axe des fixations de l'élément et le flanc du chevron (prise en compte deux fois). Cette garde est au moins égale à :
- $g = n \varnothing$ mm où :
- $n = 3$ dans le cas des vis à bois ;
- \varnothing est le diamètre nominal de la fixation.

Remarque :

Dans l'exemple ci-dessus avec des fixations $\varnothing 5$ et compte tenu des tolérances d'alignement des chevrons, la largeur standardisée (cf. EN 1313-1) la plus proche susceptible de convenir est de 75 mm.

- Dans le cas de chevrons supports de lisses ou liteaux et pour les chevrons intermédiaires dans le cas des bardages en grandes plaques, la largeur l minimale est de 40 mm.

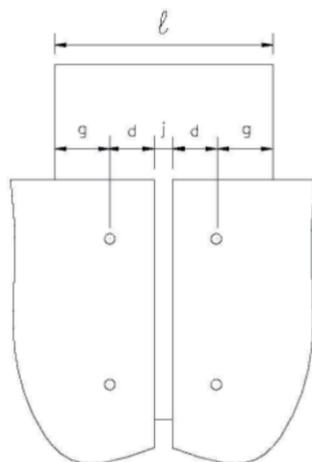


Figure 2 – Joint vertical entre deux éléments de peau prévus au droit d'un chevron

Remarque :

Si la dimension horizontale des éléments de peau nécessite un chevron intermédiaire (avec un seul alignement vertical de fixations), les dimensions de celui-ci peuvent rester, pour des raisons de facilité, identiques à celles du chevron au droit du joint.

Pour éviter le vrillage des bois, l'élancement transversal

$$e = p/l \text{ devra être compris entre } 0,5 \text{ et } 2.$$

Compte tenu de la largeur vue l retenue, la profondeur p du chevron doit être choisie telle que la flèche prise tant en pression qu'en dépression et en tenant compte des actions locales majorées, soit inférieure au $1/200$ sous vent normal (si Règles NV 65 modifiées) ou $1/167^{\text{ième}}$ (si EC1 P1-4 + AN) de la portée entre fixations du chevron à la structure porteuse.

Remarque

Lorsque la nature de la structure porteuse impose l'entraxe des fixations, la profondeur du chevron est fonction de cet entraxe. Inversement, lorsque la section du chevron est imposée, l'entraxe des fixations est fonction de cette section ;

Quoiqu'il en soit, le tableau donné en Annexe 1 permet de constater que les sections commerciales usuelles des chevrons satisfont, en fonction des entraxes les plus habituellement retenus aux limitations de flèches précitées. $1/200$ (NV65 modifiées) ou $1/167$ (EC1 P1-4 + AN) ;

En tout état de cause, on vérifiera en tant que de besoin lors de l'instruction d'un Avis Technique ou DTA, si cette flèche de $1/200$ (NV65 modifiées) ou $1/167$ (EC1 P1-4 + AN) est compatible avec les déformations des éléments de peau aux limitations de flèches précitées, compte tenu de l'éventuelle interaction entre peau et ossature, liée au mode de fixation ou de maintien de la peau.

2.1.4. Fractionnements

2.1.4.1. Vertical

Lorsque, pour tenir compte de valeurs d'exposition au vent (à partir d'une certaine hauteur et/ou en zones de rives/arrêtes du bâtiment), l'ossature est renforcée par réduction des entraxes de chevron et/ou des pattes de fixation de ces derniers, il convient de faire un fractionnement vertical du bardage rapporté (dans l'angle), car le comportement sous poids propre des différentes zones de façades ne sera pas le même.

2.1.4.2. Horizontal

Un fractionnement horizontal n'est pas nécessaire pour les petits éléments de peau mis en œuvre avec recouvrement horizontal selon une seule ligne de fixation en partie haute (clins à fixation sur une rive par exemple).

2.2. Pattes de fixation des chevrons

2.2.1. Rappel des exigences

Compte tenu des dispositions prévues pour la mise en œuvre (cf. chap. 3) et des conditions d'emploi, les pattes de fixation doivent présenter :

- Une durabilité suffisante ;
- Une géométrie assurant une déformation limitée sous l'action des charges transmises en œuvre (dues au vent et au poids propre) ;
- Un pré-perçage de trous de diamètre adapté aux fixations usuelles, disposés de façon à ne pas risquer d'entraîner le fendage du bois de chevron ;
- Un réglage permettant de rattraper les tolérances ou irrégularités du gros-œuvre afin d'obtenir une coplanéité des chevrons adaptée au système de peau tant pour satisfaire les exigences d'aspect que pour éviter des mises en contraintes (notamment plaques ou dalles rainurées) ;
- Un perçage qui permet le passage de la cheville sans démontage.

2.2.2. Durabilité

2.2.2.1. Nature du métal

Les pattes de fixation des chevrons à la structure porteuse sont métalliques et réalisées en métal durable par lui-même (acier inoxydable, alliage d'aluminium ou rendu tel par traitement contre la corrosion.

Remarque :

Lorsque les pattes sont en acier, elles sont de nuance minimale S 220 GD conformément à la norme NF EN 10 346 :

En bordure de mer (laquelle comprend le littoral sur une profondeur de 3 km, sauf conditions locales particulières), l'emploi de pattes en métal durable est nécessaire ; les chevilles en acier inoxydable A4 doivent être alors utilisées.

Le métal durable retenu peut être de :

- L'aluminium, d'alliage issus de la série 3000 au minimum et présente une limite d'élasticité $R_{p0,2}$ supérieure ou égale à 110 MPa. L'alliage utilisé doit être exempt de cuivre ou en contenir moins de 1 %. On doit vérifier, par ailleurs, la compatibilité électrolytique par rapport aux fixations (cf. norme NF E 25-032, annexe 1), aux choix des essences de bois ainsi qu'à leur éventuel produit de préservation ;

- L'acier inoxydable, la situation protégée des pattes dans l'ouvrage permet l'utilisation d'acier inox A2 mini (1.4301 ; X5CrNi18-10 ; AISI304) selon la norme NF EN 10088-2 (Indice de classement NF A 35-573).

2.2.2.2. Traitement de protection du métal

Les pattes en acier sont protégées par galvanisation. La protection est apportée :

- Soit par l'emploi des tôles galvanisées à chaud en continu selon NF EN 10346 Z275mini répondant aux spécifications des normes NF EN 10142 et NF EN 10147 (indice de classement NF A 36-321 et NF A 36-322) et d'épaisseur maximale 25/10 pour limiter la corrosion superficielle des tranches recoupées laissées sans protection rajoutée ;
- Soit par immersion dans le zinc fondu (galvanisation (Z395 mini cf. tableau 6.1 en Annexe 6) par trempage à chaud), après façonnage conformément à la norme NF EN ISO 1461.

On se reportera à la norme NF P24-351 pour définir le niveau de protection (Z 275 ou plus) selon la sévérité des expositions, en considérant que du fait de leur position à l'intérieur de l'ouvrage, les pattes sont situées en atmosphères extérieures protégées et ventilées (notées E21 à E29 dans la norme NF P24-351 précitée). On peut également se reporter à l'Annexe 6 du présent document.

2.2.3. Géométrie des pattes

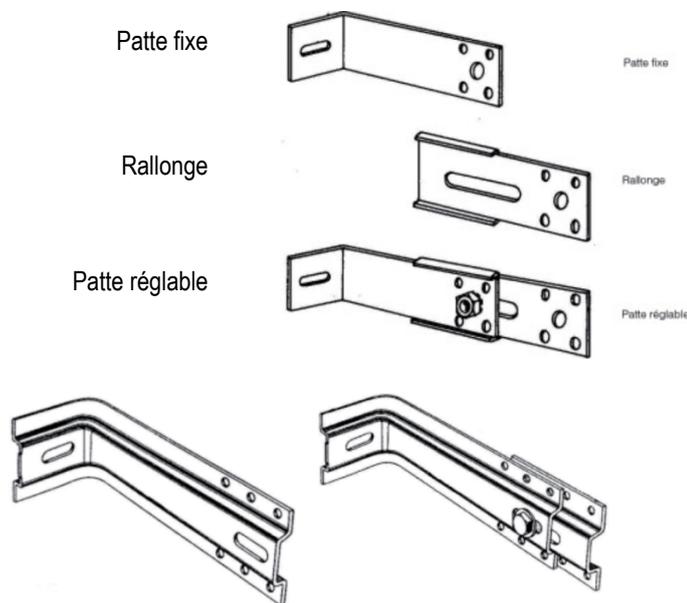
La longueur maximale des pattes est de 300mm.

Les pattes sont soit de type cornière en L soit étriers en « U », obtenu par pliage, et peuvent être renforcées par estampage d'une ou deux nervures en angle, ou par un gousset rapporté.

La petite « aile » du L constitue aile d'appui sur la structure porteuse et la grande branche, aile d'appui pour le flanc du chevron. Cette grande aile peut être fixe ou réglable, auquel cas elle est alors en deux parties coulissant l'une sur l'autre selon une course guidée, et associées par boulonnage assurant l'indésirabilité de l'assemblage.

Les pattes réglables sont de deux types :

1^{er} type : il s'agit d'une patte fixe complétée par une rallonge coulissante (cf. fig. 3a et 3b). Le guidage de la rallonge sur l'aile d'appui est assuré par le retour des rives longitudinales de cette rallonge ;



Figures 3a et 3b – Pattes fixes complétées par une rallonge coulissante ()

L'association de la rallonge sur la patte s'effectue par boulonnage au travers :

- Du trou rond (pouvant être de \varnothing 8 mm prévu en extrémité de l'aile d'appui sur le chevron de la patte fixe ;
- D'un trou oblong (de dimensions $\varnothing \times P$ où P constitue la plage de réglage) disposé longitudinalement en âme de la rallonge.

2^{ème} type : il s'agit d'une patte conçue réglable (cf. fig. 4) en deux parties non dissociables pour l'emploi, la partie mobile coulissant sur la partie fixe. Le guidage de la partie mobile sur la partie fixe est assuré par le retour des rives longitudinales de la partie mobile.

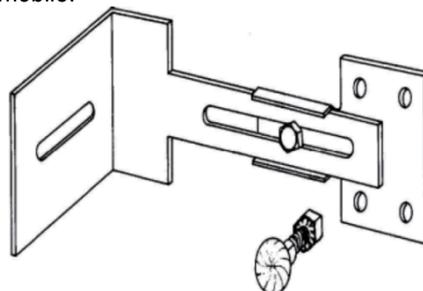


Figure 4 – Patte conçue réglable en deux parties non dissociables

L'association des deux parties s'effectue par boulonnage au travers :

- Du trou rond (pouvant être de Ø 8 mm) prévu en partie mobile,
- Du trou oblong (de dimensions Ø × P où P constitue la plage de réglage) disposé en partie fixe.

Remarque :

- le boulonnage d'association de la partie mobile sur la partie fixe de l'aile d'appui côté chevron s'effectue, dans les deux types, par boulon et écrou avec rondelle élastique (éventail - Grower...) pour assurer l'indésirabilité de l'assemblage ;

- les boulons employés, pouvant être H8 × 20 ou plus pratiques type TRCC J8 × 20, selon la norme NF E 27-351, sont en acier de qualité 4.6 selon la norme NF EN 20898-1 au minimum afin de permettre un serrage énergique sans dépassement de leur limite élastique. L'écrou et sa rondelle seront toujours disposés du côté perçage circulaire.

2.2.3.1. Rigidité des pattes

La convenance d'une patte de fixation, du point de vue rigidité, s'apprécie en fonction de la résistance qu'elle oppose aux trois types de charge ci-après :

2.2.3.1.1. Charge verticale due au poids propre du bardage rapporté

La performance à la charge verticale due au poids propre du bardage rapporté est déterminée selon l'essai défini en Annexe 2, première partie. Cette détermination tient compte de deux critères :

- Non-dépassement de la limite élastique du métal sous la charge F_r ;
- Non-dépassement d'une déformation donnée (mesurée en nez de patte) sous une charge F_d .

Remarque :

Le plus souvent $F_d < F_r$, avec une déformation en nez de patte proportionnelle à la longueur de la patte. Cette déformation est spécifiée dans l'Avis Technique (ou DTA) du procédé de bardage rapporté.

2.2.3.1.2. Charge orthogonale de dépression due aux actions du vent

Généralités :

La sollicitation de vent est considérée dans le cas le plus défavorable soit perpendiculaire au parement du bardage rapporté.

Dans le cas d'un bardage rapporté ne présentant pas une rugosité importante de surface, les effets du vent latéral sont négligés.

a) Dans le cas d'un dimensionnement aux contraintes admissibles

La résistance admissible selon NV 65 modifiées à la charge orthogonale de dépression due aux actions du vent est déterminée selon l'essai défini en Annexe 2 - Deuxième partie.

La convenance de la patte s'apprécie par la comparaison de cette résistance admissible selon NV 65 modifiées à la charge maximale estimée supportée en œuvre et prise égale à la charge déterminée géométriquement en fonction de la dépression sous VENT NORMAL selon NV 65 modifiées et du nombre de pattes le long des montants porteurs et de l'entraxe de ces derniers.

Remarque :

Considérant que chaque chevron porteur reprend les efforts de la bande verticale de bardage de largeur égale à l'entraxe "x" des chevrons, la charge (Q) s'exerçant sur un montant de longueur "l" sera égale à :

$$Q = \alpha q_H \cdot x$$

Avec

q_H = pression (ou dépression) en Pascal calculée selon les Règles NV 65 modifiées.

Le coefficient α tient compte de la continuité globale de la façade sur n travées (a selon le nombre d'appui de pattes-équerrés par chevron).

b) Dans le cas d'un dimensionnement aux Etats Limites

La valeur de calcul à l'état limite de service au sens de l'Eurocode 1991-1-4 +AN à la charge orthogonale de dépression due aux actions du vent est déterminée selon l'essai défini en Annexe 2 - Deuxième partie.

La convenance de la patte s'apprécie par la comparaison de cette valeur de calcul à l'état limite de service au sens de l'Eurocode 1991-1-4 +AN (et ses amendements) (cf. *Cahier du CSTB 3763*) à la charge maximale estimée supportée en œuvre et prise égale à la charge déterminée géométriquement en fonction de la dépression sous vent W_{50} selon l'Eurocode 1991-1-4 +AN (et ses amendements) et du nombre de pattes le long des montants porteurs et de l'entraxe de ces derniers.

Remarque :

Considérant que chaque chevron porteur reprend les efforts de la bande verticale de bardage de largeur égale à l'entraxe "x" des chevrons, la charge ($C_{p,net} W_{50}$) (en fonction de la position dans le bâtiment) s'exerçant sur un chevron de longueur "l" sera égale à :

$$Q = \alpha C_{p,net} W_{50} x$$

avec :

$C_{p,net} \cdot W_{50}$ = pression (ou dépression) en Pascal calculée selon Eurocode 1 -P1-4 +AN.

Le coefficient α tient compte de continuité globale de la façade sur n travées (a selon le nombre d'appui de pattes-équerrés par montant).

2.2.3.1.3. Charges latérales

Le bardage rapporté ne participant pas aux fonctions de transmission des charges de contreventement, les pattes ne reprennent pas en œuvre de charges latérales. Les seules charges latérales éventuellement reprises, peuvent résulter de la dilatation des lisses horizontales. Néanmoins, les dispositions technologiques prises dans le présent document permettent de considérer que les charges latérales sont négligeables,

Les pattes satisfaisant aux deux précédentes exigences (cf. § 2.2.3.1.1 et § 2.2.3.1.2), satisfont à la présente. Cependant, dans le cas de sollicitations sismiques le Cahier du CSTB 3725 s'applique. En tout état de cause, l'Avis Technique (ou DTA) du procédé de bardage rapporté précise si des dispositions spécifiques sont à prendre vis-à-vis des charges latérales à reprendre par les pattes.

2.2.4. Trous pré-percés en ailes des pattes

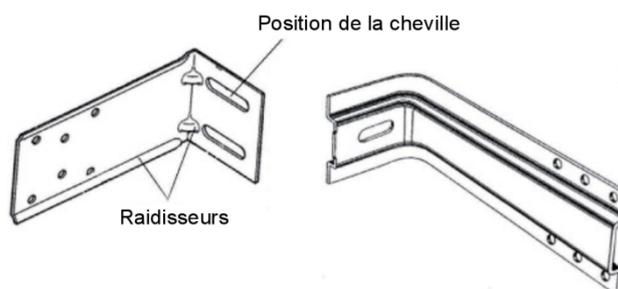
2.2.4.1. En aile d'appui côté structure porteuse (cf. fig. 5)

L'aile d'appui sur la structure porteuse est prépercée d'un (ou parfois deux) trou oblong horizontal, destiné au passage de la fixation de la patte, sur la structure porteuse.

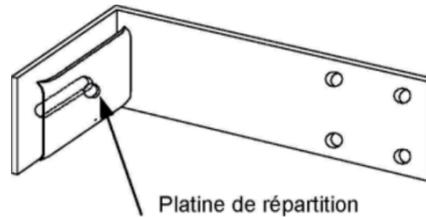
Rappel :

Retenir la patte dont le perçage permet le passage de la cheville sans démontage.

La forme oblongue du trou par rapport à l'horizontale est imposée par la nécessité de réaliser un ajustement latéral nécessaire à l'obtention du bon alignement vertical des ailes d'appui sur les chevrons.



Figures 5a- Pattes avec un ou deux trous oblongs



Figures 5b– Patte-équerre avec platine de répartition

Remarque 1 :

La patte de gauche de la figure 5a ci-dessus comporte deux trous oblongs, de façon à pouvoir être fixée indifféremment à droite ou à gauche du profilé porteur, mais l'unique cheville de fixation doit être impérativement positionnée dans le trou supérieur. À cet égard, les pattes ne comportant qu'un trou oblong sur l'axe de symétrie horizontal évitent toute erreur d'exécution.

Remarque 2 :

La rigidité de l'aile, souvent amoindrie par la présence du(des) trou(s) oblong(s), peut être rétablie, voire augmentée par l'emploi d'une platine disposée sous tête de fixation (cf. fig. 5b). Le rapport d'essais réalisés conformément aux prescriptions de l'Annexe 2 doit mentionner le cas échéant la présence de cette platine de répartition et en préciser les caractéristiques.

Remarque 3 :

Du fait de sa forme en L, la patte introduit un effet de levier intéressant les charges momentanées en dépression dues aux actions du vent, comme illustré sur la figure 6 ci-après :

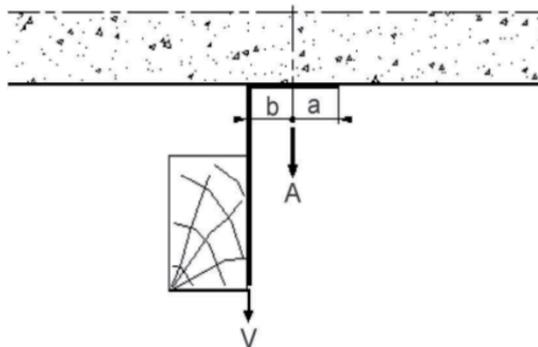


Figure 6 – Patte équerre en L

L'effet de levier conduit à considérer que l'effort d'arrachement A est égale à :

$$A = \alpha V(a + b)/a$$

où :

V est la charge due au vent et reprise par la patte,

α un coefficient donné dans l'Avis Technique ou DTA s'il diffère de 1.

Du fait de la position moyenne de la cheville en milieu de lumière et, partant, en milieu d'aile, on peut estimer que :

$$a = b \text{ d'où } A = 2V$$

En conséquence et en pratique, le choix de la cheville devra prendre en compte que cette cheville sera supposée devoir transmettre une charge égale au double de celle reprise par la patte.

2.2.4.2. En aile d'appui côté chevron (cf. fig. 7)

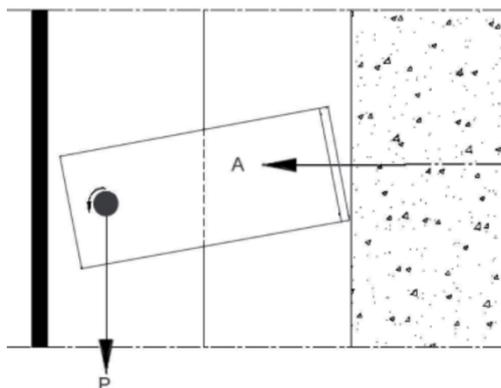


Figure 7 – Positionnement en aile d'appui côté chevron

2.2.4.2.1. Dimensions et nombre de trous prépercés

L'aile d'appui côté chevron peut être, prépercée d'un trou (par exemple d'un diamètre $\varnothing = 8$ mm) pour le passage du tire-fond de fixation dans le chevron.

Ce trou est encadré par d'autres percements d'un diamètre minimal de 4.5 mm permettant de loger au moins deux vis de même diamètre.

A cette fin, on doit réaliser un encastrement du chevron sur la patte en ajoutant des vis, c'est-à-dire que la fixation patte-chevron pouvant être par un tire-fond doit être comme illustrée en figure 8a ci-après, complétée par au moins deux vis, de diamètre égal ou supérieur à 4,5 mm. La réalisation de cet encastrement permet au système de fonctionner en portique articulé sur le gros-œuvre, ce qui élimine l'effet de levier précité sous charges verticales.

Remarque 1 :

Du fait de sa forme, la patte introduit également un effet de levier sur la cheville de fixation vis-à-vis des charges permanentes dues au poids propre de l'ouvrage.

Pour être assuré que ces sollicitations permanentes dues au poids propre du bardage rapporté et reprises par les pattes ne se traduisent sur la cheville que par des efforts de cisaillement qu'elle supporte aisément, il convient d'interdire à la fixation de la patte sur le chevron la tendance à la rotation, qui est illustrée en figure 7 ci-avant.

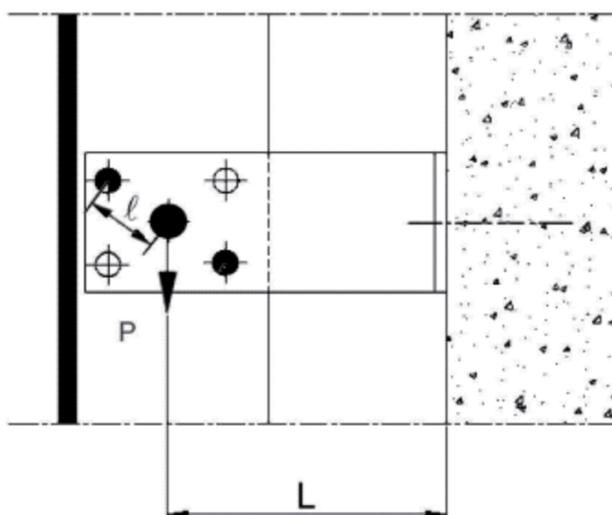


Figure 8a – Fixation patte-chevron



Figure 8b – exemple d'une vis de blocage ($\varnothing \geq 4,5\text{mm}$)

Remarque 2 :

Cependant, l'effet de levier qui s'exerçait sur la cheville de fixation et supprimé par l'encastrement est, de la sorte, transféré au niveau des efforts de cisaillement appliqués sur la vis de blocage. Cet effet prend pour valeur :

$$F = (P \times L) / \ell$$

L'assemblage peut être assurée uniquement par des vis. La patte doit alors être munie de 4 à 6 trous pré percés de diamètre 4,5mini pour la mise en œuvre des vis.

Ce nombre élevé de trous pré-perçés complémentaires a pour objectif de permettre de disposer la ou les fixations complémentaires de blocage ailleurs que sur la verticale du tire-fond et ce, pour éviter les risques de fendage du bois de chevron ;

D'ailleurs, certaines pattes sont livrées sans trou pour tire-fond, comme illustré par la figure 9 ci-après :

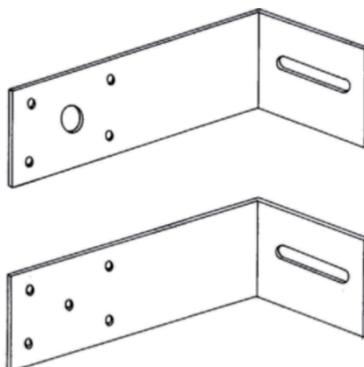


Figure 9 – Pattes sans trou pour tire-fond

Pour que cet encastrement soit réalisé d'emblée, de façon à limiter au minimum la descente d'ouvrage lors de la mise en charge consécutive à la pose des éléments de peau, le diamètre des fixations devra être aussi proche que possible du diamètre des trous prépercés sur l'aile de la patte.

Si la fixation du chevron sur la patte était réalisée par tire-fond seul sans fixation (cf. fig. 8) complémentaires de blocage, la fixation de la patte sur le support subirait outre l'effort momentané d'arrachement dû à la charge du vent en dépression un effort permanent d'arrachement dû au poids propre du bardage rapporté.

Pour les fixations assurant la liaison patte/chevron (un tire-fond et au moins une vis de blocage), les performances admissibles (r_{α} en daN) sont données dans le tableau ci-après en fonction du diamètre nominal \varnothing et de la profondeur utile d'enfoncement des vis (e).

\varnothing mm	e (mm)			
	37	42	47	52
4,5	69	73	78	82
5	77	82	86	91
6	92	98	104	109
7	–	114	121	127
8	–	–	138	146

Tableau 1 - Performances admissibles

Ces valeurs sont établies à partir de la formule :

$$F (daN) = 80 d \sqrt{e}$$

dans laquelle :

d : Ø nominal en cm,

e : longueur d'enfoncement en cm.

Le recours systématique à 2 vis de blocage de diamètre 4,5mm permet d'éviter le recours au dimensionnement dans le cadre des hypothèses du présent cahier.

2.2.4.2.2. Disposition des trous prépercés

Pour éviter le fendage du bois de chevron, la disposition des trous prépercés (cf. fig. 10) doit être telle que :

- Selon un axe horizontal, les fixations puissent être, d'une part séparée entre elles, d'autre part éloignée de l'arête la plus proche du chevron, d'une distance au moins égale à : $n_h \cdot \emptyset$

où :

n_h : 3 pour les vis (y compris tire-fond),

\emptyset est le diamètre nominal de la fixation ;

- Selon un axe vertical, les fixations puissent être séparées d'une distance au moins égale à $n_v \cdot \emptyset$

où :

n_v : 6 pour les vis.

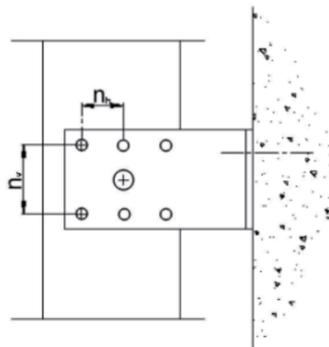


Figure 10 – Disposition des trous prépercés

2.3. Bande de protection

Comme indiqué au § 2.1.2, les peaux de bardage à joints laissés ouverts conduisent à placer les bois d'ossature en classe d'emploi 3b selon FDP 20-651. Si la durabilité des chevrons retenue est la classe d'emploi 2 alors la face avant des chevrons devra être protégée complètement (sur toute sa hauteur) des projections et/ou ruissellement d'eau de pluie par une bande de protection.

2.3.1. Rappel des exigences

Cette bande qui peut être réalisée dans divers matériaux doit être mince, imperméable, durable.

2.3.2. Présentation

Pratiquement, cette bande de protection est constituée par :

- Une bande de PVC souple, d'épaisseur 1 mm, spécialement extrudée pour cet emploi. Elle peut comporter une ou deux lèvres de part et d'autre de son axe de symétrie. Dans ce cas, elles peuvent ne pas être débordantes. Toutefois, si les chevrons sont de durabilité naturelle ou conférée pour une classe d'emploi 2, alors les joints horizontaux entre éléments de parement sont fermés ;
- Une bande EPDM d'épaisseur mini 0,7 mm et offrir une largeur égale à la largeur vue du chevron augmentée de 20 mm au moins (afin d'obtenir un débord de part et d'autre du chevron).

2.3.3. Cas particulier de la protection de la face vue d'un chevron intermédiaire au droit d'un joint horizontal ouvert entre éléments de peau

Cette protection spécifique à la peau peut être obtenue par l'éventuelle garniture du joint horizontal (profilé « chaise » par exemple).

La contribution de cette protection à la bonne conservation des bois d'ossature n'est pas suffisante en l'absence de bandes de protection ou même en présence de bandes ne répondant pas à l'exigence de largeur ci-dessus.

2.4. Lisses

2.4.1. Nature

Les lisses peuvent être soit en bois (elles sont alors appelées liteaux), soit en métal.

2.4.1.1. Lisses en bois

2.4.1.1.1. Nature des bois

Toutes les essences employées pour la réalisation des chevrons peuvent être utilisées.

Les liteaux doivent être :

- Soit de classe mécanique minimale C18 suivant la NF EN 338 ;
- Soit pour les sections supérieures à 2200 mm² avec les deux dimensions supérieures à 22 mm classement ST III suivant NF B52-001-1 ;
- Soit pour les sections inférieures à 2200 mm², avoir une masse volumique moyenne supérieure à 380 kg/m³ et sur leurs faces ne sont admis que les nœuds dont le diamètre est inférieur à 1/3 de la somme des dimensions des deux faces.

Lors de la livraison, le taux d'humidité des bois doit être au plus égal à 20 % en poids mesuré conformément à la NF EN 13183-2.

2.4.1.1.2. Traitement de préservation des bois

Le présent document ne vise dans le cas d'utilisation de liteaux que les bardages à joints fermés, dans ces conditions, les bois de liteaux doivent satisfaire aux conditions de durabilité correspondant au minimum à la classe d'emploi 2 définie dans F DP 20-651.

Remarque : Pour les autres cas les dispositions à prendre seront indiquées dans l'Avis Technique ou DTA du procédé.

2.4.1.1.3. Dimensions

La section des lisses bois est normalement une section rectangulaire, auquel cas elle est définie comme précisé en figure 11 ci-après :

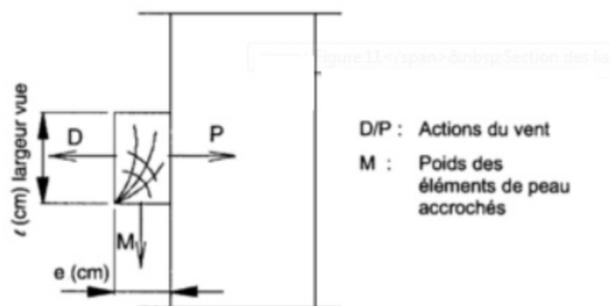


Figure 11 – Section des lisses

Le moment d'inertie de cette section :

- Par rapport aux charges horizontales dues au vent, est égal à :

$$I = \ell \times e^3/12$$

- Par rapport aux charges verticales dues au poids supporté, est égal à :

$$I = e \times \ell^3/12$$

La section des liteaux doit être telle que :

- Sous la charge permanente due au poids des éléments de peau que la lisse supporte, la flèche prise entre fixations sur chevron soit au plus égale à 1/300 de la portée entre axes des fixations sur les chevrons ;
- Sous les charges momentanées dues aux actions du vent, tant en pression qu'en dépression :
- Sous vent normal tel qu'il est défini par les Règles NV 65 modifiées la flèche prise entre les appuis sur chevron soit au plus égale à 1/100 de la portée entre axes des fixations sur les chevrons,
- Sous « vent caractéristique W50 » à l'état limite de service selon l'Eurocode 1 P1-4+AN, la flèche est de 1/83 de la portée entre chevrons
- L'épaisseur e soit adaptée pour recevoir des crochets de dimensions commercialisées (cas de la pose aux crochets des éléments de peau) ou puisse permettre un enfoncement suffisant des fixations traversantes sans déboucher (cas de la pose vissée des éléments de peau).
- Une épaisseur supérieure peut éventuellement être imposée par le caractère particulier des fixations.

En tout état de cause, la section des liteaux ainsi que leur éventuelle classe de résistance (cf. NF B 52-001 – partie 4) sont précisées dans l'Avis Technique ou Document Technique d'Application.

Remarque :

En cas de peau en petits éléments (ardoises, tuiles, bardeaux fibres-ciment...) et d'entraxe maximal des chevrons égal à 60 cm la section usuelle des liteaux est $\ell \times e = 40 \times 14$ mm.

En entraxe 60 cm des chevrons et en entraxe 20 cm des liteaux, ces derniers prennent, selon les calculs développés en Annexe 3 :

- dans le plan vertical, une flèche égale au 1/300 de la portée sous une charge correspondant à une masse surfacique de peau de l'ordre de 300 kg/m^2 ;

- dans le plan horizontal, dans le cas d'un dimensionnement

a) selon Règles NV 65 modifiées une flèche horizontale égale au 1/100 de la portée sous charge correspondant à une pression ou une dépression égale à 1130 Pa par référence au vent normal,

b) sous « vent caractéristique W50 » à l'état limite de service selon l'Eurocode 1 P1-4 +AN une flèche horizontale égale au 1/83 de la portée correspondant à une pression ou dépression de l'ordre de 1170Pa.

2.4.1.2. Lisses en métal

2.4.1.2.1. Nature du métal

Les profilés sont réalisés à partir des produits ou demi-produits ci-après :

2.4.1.2.1.1. Profilés en acier

La nuance minimale de l'acier S 220 GD conformément à la norme NF EN 10 346.
L'épaisseur minimale est de 15/10.

2.4.1.2.1.2. Profilés en aluminium ou alliages d'aluminium

Les alliages d'aluminium utilisés sont caractérisés par l'absence de cuivre ou par une teneur en cuivre inférieure à 1 %.

Les épaisseurs minimales à considérer sont de 20/10 pour une fixation par rivet et 25/10 avec une fixation par vis.

Les alliages d'aluminium sont issus de la série 3000 au minimum et présentent une limite d'élasticité $R_p 0,2$ supérieure à 110 MPa.

- Profilés filés

Les caractéristiques de ces produits sont conformes à la aux normes NF EN 1301-1 et NF EN 755-2 et les tolérances sur dimensions sont conformes à la norme. NF EN 755-9.

- Profilés formés à partir de laminés

Les caractéristiques de ces produits sont issues de la série 3000 au minimum et présentant une limite d'élasticité $R_p 0,2$ supérieure à 110Mpa.

2.4.1.2.1.3. Profilés en acier inoxydable

L'épaisseur minimale est de 15/10.

Les nuances d'acier inoxydable, selon NF EN 10088-2, à utiliser conformément aux spécifications de la norme NF P24-351 (reprises dans l'Annexe 3 du présent document) et NF EN 10 088 sont les suivantes :

- Acier austénitique au chrome nickel de désignation 1.4301 (X5 Cr Ni 18-10) ;
- Acier inoxydable au chrome-nickel-molybdène de désignation 1.4401 à 6 (X5 Cr Ni Mo 17).

2.4.1.2.2. Protection

La protection doit être adaptée en fonction de la nature du métal et de la sévérité de l'exposition, selon qu'il y aura ou non nécessité de conserver l'aspect des profilés restant en parties visibles après pose de la peau de bardage.

Dans le cas d'ossature entièrement située derrière une peau de bardage de type IV ou XIV, les protections seront celles prévues pour les emplois en « atmosphère extérieure protégée et ventilée » telle que définie en Annexe 3 du présent document.

Cette même atmosphère peut être également retenue dans le cas des bardages permettant de réaliser des murs de type III ou XIII dès lors que :

- L'ouvrage n'est pas situé en zone littorale (distance > à 10 km du bord de mer) ;
- Toutes dispositions auront été prises pour assurer un drainage évitant d'éventuelles stagnations d'eau d'infiltration ou de condensation ;
- Et, par ailleurs, il n'y ait pas modification de l'aspect, tant vis-à-vis des parties de profilés partiellement vues, que des risques de coulures sur les parements. Lorsque ce risque existe, il est mentionné dans l'Avis Technique ou Document Technique d'Application du bardage rapporté.

Dans tous les autres cas d'ossature y compris ceux dans lesquels les profilés restent apparents et contribuent à l'esthétique d'ensemble, on se référera aux protections requises pour les emplois en « atmosphères extérieures » telles que définies en Annexe 3.

En dehors des exigences relatives à la conservation de l'aspect, les profilés réalisés en acier inoxydable ou en alliages d'aluminium ne nécessitent pas de protection, hormis le cas d'exposition en atmosphères particulièrement corrosives pour lequel une étude spécifique est nécessaire (cf. Annexe 3).

2.4.1.2.3. Traitement de protection de l'acier

Galvanisation à chaud

Les revêtements obtenus par galvanisation, par immersion dans le zinc fondu (galvanisation à chaud) sur produits finis ou semi-finis doivent satisfaire à la norme NF EN ISO 1461.

Les épaisseurs minimales des revêtements selon les atmosphères doivent satisfaire au tableau 6.1 de l'Annexe 6.

Les formages ultérieurs sur produits semi-finis, par exemple par profilage aux galets ou pliage à la presse, ne doivent pas détériorer la protection.

Revêtements de zinc (galvanisation) par immersion à chaud en continu (tôles et bandes) sans peinture de finition

Les produits obtenus par galvanisation à chaud en continu de tôles et bandes doivent satisfaire à l'une des normes suivantes : NF EN 10346 ou NF P34-310.

Les épaisseurs minimales des revêtements selon les atmosphères doivent satisfaire au tableau 6.2 de l'Annexe 6.

Nota : La norme NF P34-310 donne des informations utiles sur ce point.

Autres revêtements métalliques en continu

Des revêtements éprouvés assurant une protection des surfaces reconnue équivalente, pour l'application visée, aux procédés définis peuvent être utilisés. Le revêtement spécifique peut être justifié dans le cadre de l'Avis Technique (ou DTA) du procédé. Ils font l'objet d'ETPM délivrées par le CSTB.

Les produits obtenus doivent satisfaire à l'une des normes NF EN 10327, NF EN 10346 ou NF P34-310.

Dans ce cas, les épaisseurs minimales des revêtements selon les atmosphères doivent satisfaire au tableau 3.2 ou au tableau 6.3 de l'Annexe 6.

Les formages ultérieurs sur produits semi-finis, par exemple par profilage aux galets ou pliage à la presse, ne doivent pas détériorer la protection.

Nota : La norme NF P34-310 donne des informations utiles sur ce point.

2.4.1.2.4. Dimensions

La lisse-métal est livrée par le fournisseur des éléments de peau. En effet, la géométrie de la section de cette lisse est le plus souvent fonction du mode d'accrochage des éléments de peau. Si tel n'est pas le cas l'AT ou DTA le précisera.

Les moments d'inertie de cette section doivent, compte tenu du module d'élasticité du métal retenu, être tels que :

- Sous la charge permanente due au poids propre des éléments de peau que la lisse supporte, la flèche verticale prise entre fixations sur chevrons soit au plus égale au 1/300 de la portée entre axes de fixation sur chevrons ;
- Sous les charges momentanées dues aux actions du vent, tant en pression qu'en dépression sous vent normal, la flèche horizontale prise entre appuis sur chevron soit au plus égale à 1/100 de la portée entre chevrons selon les Règle NV 65 modifiées ou de 1/83 de la portée entre chevrons sous « vent caractéristique W50 » à l'état limite de service selon l'Eurocode 1 P1-4 +AN.

2.4.1.3. Joint de fractionnement

La distance verticale entre joints de fractionnement est précisée dans l'AT ou le DTA du procédé de bardage rapporté.

2.5. Isolant

2.5.1. Isolant en laine minérale

- Des panneaux ou des rouleaux de laine minérale bénéficiant d'une certification ACERMI avec usage « bardage rapporté » ou certification ACERMI attestant des niveaux :

- WS, ce qui correspond au critère d'absorption à court terme (24 h) par immersion partielle $W_p < 1,0$ kg/m² selon la norme EN 1609 – Méthode A,

Nota : Le classement WL (P) ne substitue pas au classement WS

« Isolant semi-rigide » pour l'épaisseur concernée ou, à défaut, TR50 ce qui correspond au critère de résistance en traction $\sigma_m > 50$ kPa selon la norme 1607.

Les produits les plus couramment utilisés sont des panneaux ou des rouleaux de laine minérale (sans pare-vapeur).

2.5.2. Panneau isolant en mousse plastique

L'isolation thermique est réalisée à partir de matériaux bénéficiant d'une certification ACERMI intégrant l'usage bardage rapporté ou dont le classement ISOLE minimal est :

I₁S₃O₂L₂E₁

O₂ : isolant non hydrophile,

L₂ : isolant semi-rigide.

En l'absence de classement ISOLE, il peut être utilisé :

- Des panneaux de polystyrène bénéficiant d'une certification ACERMI. Les plastiques alvéolaires étant réputés satisfaire intrinsèquement au niveau L₂ et O₂;

Ces isolants en plaques rigides, tels que panneaux de polystyrène expansé moulé, panneaux de polystyrène extrudé, panneaux de polyuréthane de dimensions maximales 0.60*1.20m et fixés par au moins deux fixations par m² ou par panneau, peuvent être employés à condition que :

- Les défauts de planéité du support (désaffleurements, balèvres, bosses et irrégularités diverses) ne soient pas supérieurs à 5mm sous la règle de 20cm, et à 10mm sous la règle de 2 m la conception de l'ossature et des fixations le permette.

2.5.3. Autres isolants

D'autres produits ou procédés peuvent être envisagés au cas par cas et sous couvert de l'Avis Technique ou DTA.

Nota : Les isolants peuvent être soumis à des exigences de réaction au feu et la façade à des seuils de masse combustible mobilisable.

2.6. Organes de fixation

Avants propos

Les organes de fixation considérés sont ceux permettant la fixation :

- De la patte sur la structure porteuse ;
- Du chevron sur la patte ;
- De l'isolant sur la structure porteuse ;
- Des lisses sur les chevrons.

2.6.1. Organes de fixation de la patte sur la structure porteuse

2.6.1.1. Référentiels et performances attendues

Il n'est actuellement examiné que le cas le plus général où la fixation s'effectue par des ensembles vis/chevilles soit par chevilles métalliques, soit par chevilles en matière plastique.

Dans tous les cas, on vérifiera la compatibilité électrolytique avec le métal des pattes (cf. tableau 6.6, Annexe 6). Les chevilles utilisées doivent faire l'objet d'un ETE selon les ETAG 001, 020 ou 029 (ou DEE correspondant).

Commentaire 1 :
ETE = Evaluation technique Européenne.
ETAG = European Technical Approval Guidelines/Guide d'Agrément Technique européen.

Commentaire 2 :
Correspondance entre ETAG et DEE : ETAG 001 parties 1-4 chevilles mécaniques sur béton : DEE n° 330232-00-0601.
ETAG 001 partie 5 chevilles chimiques sur béton : transition en cours, DEE n°330499-00-0601.
ETAG 001 partie 6 chevilles métalliques ou chimiques redondantes : transition en cours, DEE n° 330747-00-0601.
ETAG 020 chevilles nylon : : transition en cours, DEE n° 330284-00-0604.
ETAG 029 chevilles chimiques sur maçonnerie : transition en cours, DEE n° 330076-00-0601.

Les chevilles en place doivent résister aux charges de calcul en traction, cisaillement et combinaison de traction et de cisaillement auxquelles elles sont soumises pendant la durée de vie prévue en assurant :

1. une résistance à l'état limite ultime ;
2. une résistance adéquate aux déplacements (état limite de service).

Remarque 1 :
Les efforts de vent s'appliquant sur la façade (vent extrême selon les Règles NV 65 modifiées ou WELU selon l'Eurocode 1 P4 +AN) sont à comparer avec les valeurs de calcul à l'état limite ultime de traction NRD et de cisaillement VRD ou en traction/cisaillement combiné FRD indiquées dans l'ETE de la fixation (cf. § 3.1.1).

Remarque 2 :
L'ancrage (ou fixation) est constitué du support (gros-œuvre), de la cheville de fixation (ou du groupe de chevilles) et de l'élément fixé au support.

Remarque 3 :
La fixation dans des blocs creux de maçonnerie impose la réalisation d'un enduit d'étanchéité à l'air côté extérieur.

2.6.1.2. Chevilles métalliques

Les chevilles peuvent être de différents types décrits dans l'ETAG 001 (ou DEE correspondant) « Chevilles métalliques pour béton » (Guide d'Agrément Technique Européen) et doivent répondre aux spécifications de ce document pour toute utilisation dans les supports en béton.

2.6.1.3. Chevilles chimiques

Les chevilles peuvent être de différents types décrits dans l'ETAG 001 (ou DEE correspondant) et 029 (DEE correspondant) dans le cas d'un scellement chimique et doivent répondre aux spécifications de ce document pour toute utilisation dans les supports en béton ou maçonnerie d'éléments enduits.

2.6.1.4. Chevilles métalloplastiques

Les chevilles peuvent être de différents types décrits dans l'ETAG 020 « Chevilles plastiques pour usage multiple pour béton et maçonneries, pour applications non structurales » et l'ETAG 001 (ou DEE correspondant) et doivent répondre aux spécifications de ce document pour toute utilisation dans les supports en béton ou maçonnerie d'éléments enduits.

Dans cet emploi, les chevilles réalisées dans des matières plastiques issues le plus souvent de la famille des polyamides PA6 sont les chevilles traversantes qui sont posées après la patte et qui présentent une collerette plate, sous laquelle on associe en œuvre une platine métallique de répartition (cf. fig. 12) ci-après :

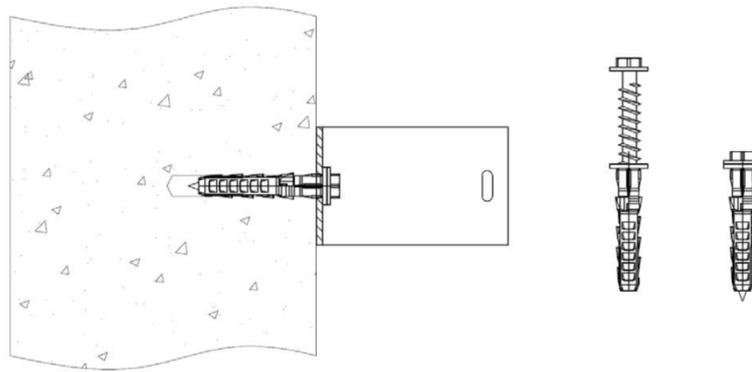


Figure 12 - cheville métalloplastique

Les chevilles en acier zingué peuvent convenir, lorsqu'elles sont protégées par un isolant, pour les emplois en atmosphères extérieures protégées rurales non polluées, urbaines et industrielles normales ou sévères.

2.6.1.5. Résistances à l'état limite ultime

Selon la conception de l'ancrage réalisé, les chevilles sont amenées à reprendre des efforts en traction perpendiculaire ou oblique et/ou en cisaillement avec ou sans effet de levier.

Pour les ancrages par chevilles métalliques dans des supports en béton, les méthodes de « conception-calcul » à appliquer sont celles de l'annexe C du Guide de l'Agrément Technique Européen précité ou EN 1992-4 (ETAG 001, 020 et 029 ou DEE correspondant).

Les valeurs de résistances caractéristiques des chevilles et des différents coefficients de sécurité à prendre en compte sont données dans l'Agrément Technique européen selon les ETAG 001, 020 ou 029 ou DEE correspondant.

Dans le cas de supports de caractéristiques non connues, la résistance à l'état limite ultime des chevilles sera déterminée par une reconnaissance préalable, conformément au document « Détermination sur chantier de la résistance à l'état limite ultime d'une fixation mécanique sur supports de bardage rapporté » (Cahier du CSTB 1661_V2).

Remarque :

Comme indiqué en § 2.2.4.1 (Remarque 3), la géométrie de la patte peut introduire un effet de levier appliqué à la fixation sous les sollicitations de vent en dépression, comme illustré ci-après :

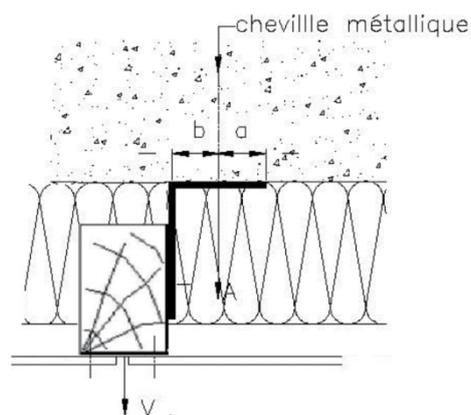


Figure 13 - Effet de levier

L'effet de levier conduit à considérer que l'effort d'arrachement A est égal à :

$$A = \alpha V \frac{a+b}{a}$$

où

V : est la charge due au vent et reprise par la patte,

α : un coefficient dépendant du type de fixation et donné dans l'Avis Technique (ou DTA) s'il diffère de 1.

Du fait de la position moyenne de la fixation en milieu de trou oblong, et partant en milieu d'aile, on peut estimer que :

$$a = b \text{ d'où } A = 2V$$

Le choix de la cheville s'effectuera en considérant qu'elle aura à transmettre une charge égale au double de celle reprise par la patte.

2.6.2. Organes de fixation du chevron sur la patte

2.6.2.1. Généralités

La fixation du chevron sur la patte s'effectue :

- Le plus ordinairement et notamment dans le cas des peaux lourdes par tire-fond ;
- Parfois, et plus particulièrement dans le cas des peaux légères, par vis.

Nature des fixations

Ces fixations peuvent être vis ou tire-fond :

- Pour les tire-fond : en acier protégé par une galvanisation à chaud répondant à la classe B de la norme NF EN ISO 1461 ou en acier protégé par une shérardisation répondant à la classe 30 mini avec passivation selon la norme NF EN ISO 17668, ou en acier inoxydable 1.4301 de nuance A2 mini répondant à la norme NF EN 10088-2 ;
- Pour les vis de blocage : en acier protégé par une galvanisation à chaud répondant à la classe B de la norme NF EN ISO 1461 en acier protégé par une shérardisation répondant à la classe 15 mini avec passivation selon la norme NF EN ISO 17668 ou en acier inoxydable 1.4301 de nuance A2 mini répondant à la norme NF EN 10088-2.

2.6.2.2. Fixation par tire-fond

Le tire-fond à utiliser est un tire-fond à visser (dont la dénomination exacte est : vis à bois à tête hexagonale).

Les dimensions du tire-fond sont au moins égales à $\varnothing 7 \times 50$ mm.

Cette fixation par tire-fond est complétée par au moins :

- Deux vis à bois de dimensions minimales $\varnothing 4,5 \times 40$ mm ;

2.6.2.3. Fixation vis

En ce cas, la fixation s'effectue par au moins quatre à six vis à bois (cf. §2.2.4.2.1).

Remarque :

Les vis à bois sont de dimensions au moins égales à $\varnothing 4,5 \times 40$ mm.

2.6.3. Organes de fixation de l'isolant sur la structure porteuse

La fixation de l'isolant sur la structure porteuse doit s'effectuer conformément aux prescriptions du fabricant d'isolant. Les organes de fixation peuvent être spécifiques à la nature de l'isolant à fixer. Les plus couramment utilisés sont décrits ci-après :

Nota : Les dispositions qui suivent permettent de limiter le risque de ventre mou de l'isolant ayant pour conséquence l'obturation de la lame d'air et la discontinuité de l'isolation.

2.6.3.1. Chevilles-étoile ou à rosace (cf. fig. 12)

Il s'agit de fixations moulées en matière plastique (superpolyamide ou polypropylène) présentant une collerette large, étoilée ou ajourée soit venue de moulage, soit rapportée (matière plastique ou métal).
Le diamètre de cette collerette est égal ou supérieur à 90 mm pour la fixation des laines minérales semi-rigides et égal ou supérieur à 50 mm pour les panneaux rigides (mousse alvéolaire ou laine minérale).
Ces fixations se présentent avec ou sans clou d'expansion.

2.6.3.2. Attaches spéciales à dents

2.6.3.2.1. Matériau

Les attaches spéciales à dents peuvent être classées en deux catégories en fonction de leur mise en œuvre : les attaches clipsées sur les pattes-équerres directement et les attaches fixées mécaniquement à l'ossature secondaire.

Les attaches spéciales à dents à clipser sont constituées d'acier de nuance minimale S350GD revêtu d'une protection contre la corrosion minimale Z275 selon la NF EN 10346.

Les attaches spéciales à dents à fixer mécaniquement sont constituées d'acier de nuance minimale DX51D avec une limite d'élasticité minimale de 140 N/mm² revêtu d'une protection contre la corrosion minimale Z275 selon NF EN 10346.

Les attaches spéciales sont considérées au même titre que l'ossature secondaire en atmosphères extérieures protégées et ventilées définies en Annexe 3. Le tableau 3 donne le domaine d'emploi des matériaux des attaches spéciales.

Tableau 2 : Guide de choix des matériaux des attaches spéciales à dents

Atmosphères extérieures protégées et ventilées ⁽¹⁾								
E ₂₁	E ₂₂	E ₂₃	E ₂₄	E ₂₅	E ₂₆	E ₂₇	E ₂₈	E ₂₉
Rurale	Urbaine industrielle ou		Marine			Mixte		Agressive
	Normale	Sévère	10 < d < 20 km	3 < d < 10 km	D < 3 km	Normale	Sévère	
Z275	Z275	(2)	Z275	Z275	(2)	(2)	(2)	(2)
1. Définies en Annexe 3.								
2. Matériau dont le choix définitif ainsi que les caractéristiques particulières doivent être arrêtées après consultation et accord du fabricant de l'attache spéciale à dents.								

2.6.3.2.2. Caractéristiques géométriques et dimensionnelles

Les attaches spéciales à dents peuvent se présenter sous des formes très variées qui sont étroitement liées à leur mise en œuvre. Les formes les plus courantes sont l'équerre et le râteau.

Ces attaches spéciales doivent présenter les caractéristiques géométriques et dimensionnelles suivantes :

- Epaisseur minimale de 0,50 mm ;
- Dent triangulaire de longueur minimale 20 mm ;
- Longueur minimale d'accroche à l'isolant de 120 mm ;
- Un système autobloquant à la patte-équerre pour les attaches clipsables ;
- Au moins deux trous Ø 4 mm minimum pour les attaches fixées mécaniquement ;

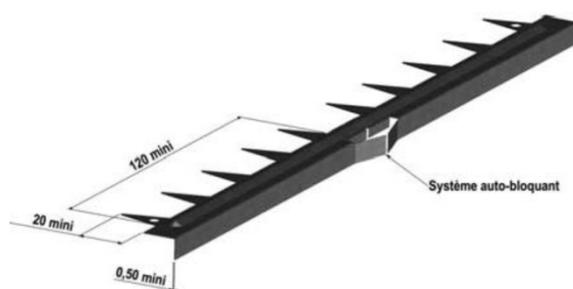


Figure 14a : Exemple de géométrie d'une attache spéciale à dents clipsable

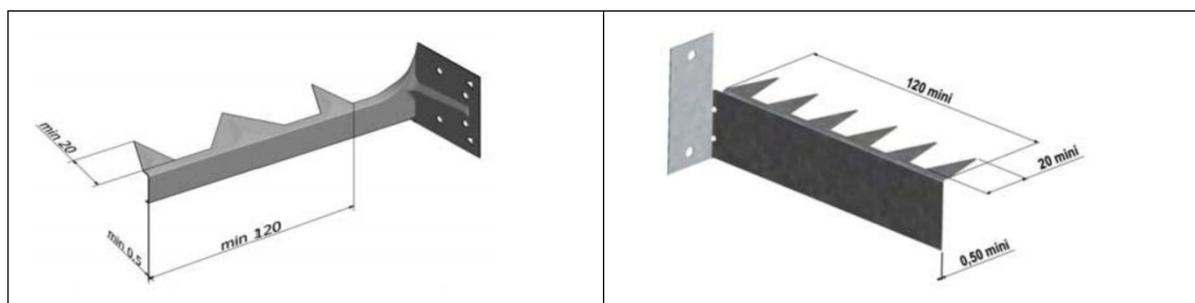


Figure 14b : Exemple de géométrie d'une attache spéciale à dents fixée mécaniquement

2.6.3.2.3. Mise en œuvre

Généralités

Ces attaches spéciales à dents sont adaptées à la mise en œuvre d'isolants non-rigides à base de laines minérales.

Les attaches spéciales à dents doivent être réparties de manière uniforme tout au long de l'ossature secondaire quelle que soit son type de mise en œuvre.

Les attaches à dents doivent être réparties de manière uniforme le long de l'ossature secondaire, chaque panneau devra être fixé individuellement, les attaches à dents ne doivent pas être disposées à plus de 150mm des bords horizontaux hauts et bas de l'isolant.

L'entraxe maximal entre deux attaches à dents successives ne peut excéder 1,35m.

L'entraxe maximal entre deux chevilles rosaces le long d'un même axe vertical ne doit pas excéder 1,66 m. Dans le cas de fixation par attaches à dents ou attaches à dents clipsables, le poids propre de l'isolant doit être ajouté aux sollicitations verticales (poids du parement + poids de l'ossature) s'exerçant sur les équerres ou étriers de fixation de l'ossature et leurs chevilles de fixation à la maçonnerie.

L'intégralité des dents doit pénétrer dans l'isolant d'au moins 20 mm de leur longueur. La pénétration est réalisée en appliquant une légère pression sur l'isolant.

Dans le cadre de la mise en œuvre de deux lits d'isolants ou plus, il est impératif que chaque lit soit fixé par des attaches indépendantes.

Dans le cas de fixation par attaches à dents ou attaches à dents clipsables, le poids propre de l'isolant doit être ajouté aux sollicitations verticales (poids du parement + poids de l'ossature) s'exerçant sur les équerres ou étriers de fixation de l'ossature et leurs chevilles de fixation à la maçonnerie.

Dans le cas d'une isolation en plusieurs lits, seul le dernier lit peut-être fixé sur le chevron par des attaches à dents, les premiers lits seront fixés par chevilles rosaces.

2.6.3.2.3.1. Attaches spéciales à dents clipsables

Ces attaches spéciales à dents sont clipsées sur le dessus de la grande aile de la patte-équerre. Elles sont positionnées le long de la patte-équerre par coulissement afin d'atteindre la pénétration adaptée dans l'isolant des dents. Le système autobloquant permet de maintenir cette position dans le temps.

La compatibilité de l'attache spéciale à dents avec les pattes-équerres doit être renseignée dans la fiche technique de l'attache.



Figure 14c : Exemple d'assemblage par attache spéciale à dents clipsable

2.6.3.2.3.2. Attaches spéciales à dents fixées mécaniquement

Ces attaches spéciales à dents sont fixées mécaniquement par des vis de diamètre minimal $\varnothing 3,5$ avec une tête munie d'une collerette de diamètre minimal $\varnothing 9,5$ mm. Elles sont généralement mise en œuvre dans le chevron vertical de l'ossature secondaire pouvant être de nature métallique ou bois. Les vis présentent une longueur nominale minimale de 38 mm.



Figure 14d : Exemple d'assemblage par attache spéciale à dents fixée mécaniquement

2.6.3.2.4. Vérification

Les attaches spéciales à dents doivent permettre de reprendre le poids propre de l'isolant mis en œuvre. Les performances mécaniques de l'attache assemblée à son support sont évaluées en appliquant un effort de compression à l'attache seule. Les résistances caractéristiques sont données dans la fiche technique du fabricant de l'attache spéciale. Il convient d'appliquer à ces résistances caractéristiques un coefficient de sécurité. Le tableau 3 donne les reprises de charges admissibles de poids propre d'isolant en fonction de la résistance caractéristique de l'attache spéciale à dents.

Tableau 3 - Reprise de charge admissible de poids propre d'isolant par les attaches spéciales à dents

Reprise de charge admissible de poids propre d'isolant (daN/m ²)												
P _k /coeff. Sécu (daN)	Entraxe longitudinal entraxe transversal (m)											
	1,35			1			0,6			0,3		
0,9	0,6	0,3	0,9	0,6	0,3	0,9	0,6	0,3	0,9	0,6	0,3	
5	4	6	12	6	8	17	9	14	28	19	18	56
10	8	10	25	11	17	33	19	28	56	37	56	111
15	12	15	37	17	25	50	28	42	84	56	83	167
20	16	20	50	22	33	67	37	56	111	74	111	222
25	21	25	62	28	42	83	46	69	139	93	139	278

2.6.4. Organes de fixation des lisses sur les chevrons

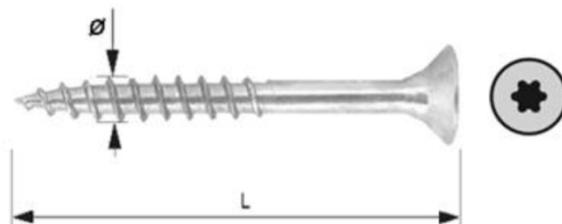
La fixation des lisses bois ou métallique sur les chevrons bois s'effectue à l'aide de vis à bois.

2.6.4.1. Vis à bois

2.6.4.1.1. Description des vis à bois

Il s'agit des vis à bois, d'une part à tête pouvant être fraisée à empreinte cruciforme (symbole type FZ) décrites par la norme NF E 25-600, et présentant les caractéristiques suivantes :

- Vis à bois ou dérivés du bois ;
- Ø 4mm mini ;
- Tête fraisée ;
- Ø de tête 7,5 mm mini ;
- Matériaux : acier zingué ou galvanisé à chaud ou shérardisé ou inox A2 mini ;
- Longueur de filetage pour ancrage de 30mm mini ;
- P_k arrachement selon NF P30-310 qui figure dans sa fiche technique



Figures 15 – Vis à bois, tête fraisée (TF), en acier inoxydable A2 mini

Remarque :

Pour la fixation des lisses en métal, on utilisera de préférence des vis à tête ronde. En cas d'utilisation de vis à tête fraisée, le trou de la lisse devra être fraisé.

2.6.4.1.2. Protection des vis à bois

Les vis à bois doivent être en acier protégé par galvanisation à chaud répondant à la classe B de la norme NF EN ISO 1461 ou être en acier inoxydable nuance A2 mini 1.4301 selon NF EN 10088-2 lorsqu'elles sont utilisées pour fixer des lisses en métal.

Pour la fixation des liteaux bois, la protection cadmiée ou zinguée répondant à la classe 10-20 de la norme NF E25-009 peut suffire.

2.6.4.2. Résistance au cisaillement des organes de fixation

Lorsque le poids de la peau du bardage rapporté est inférieur ou égale à 20 daN/m², la résistance au cisaillement de l'assemblage des lisses sur les chevrons n'est pas à vérifier,

Lorsque le poids de la peau du bardage rapporté est supérieur strictement à 20 daN/m², la résistance au cisaillement de l'assemblage des lisses sur les chevrons est à vérifier en comparant l'effort calculé au P_K au cisaillement de la vis établi selon la NF P30-316 en prenant un γ_m égal à 2.

2.6.4.3. Résistance à l'arrachement des organes de fixation

La résistance admissible ou la valeur de calcul à l'état limite de service à l'arrachement de la vis dans le chevron est fonction de la résistance caractéristique à l'arrachement P_K donné dans la fiche technique de la vis.

Dans le cas d'un chevron en bois de classe minimale C18 selon la norme NF EN 338 :

- La résistance admissible est égale à $P_K/1,75 \cdot \gamma_m$ sous VENT NORMAL selon Règle NV 65 modifiées
- La valeur de calcul à l'état limite de service est égale à $P_K/1,5 \cdot \gamma_m$ sous vent caractéristique selon Eurocode 1 P1-4 +AN.

La résistance caractéristique à l'arrachement P_K se détermine expérimentalement selon les modalités des essais décrits dans la norme NF P30-310 (cf. Annexe 4) et la valeur de γ_m est prise égale à 2.

Nota : Cette valeur de γ_m a été retenue pour tenir compte du fait que l'ancrage minimal des vis dans les chevrons mentionnés dans ce cahier est inférieur à celui prescrit par la NF P30-310 (ancrage 50mm dans la norme).

3. Description de la mise en œuvre des divers constituants

Généralités

L'un des avantages du bardage rapporté est de pouvoir se poser sur structure porteuse accusant des défauts de planéité et de verticalité, le réseau de chevrons offrant un nouveau plan vertical de référence pour accueillir la peau. À cette fin, les chevrons sont posés sur pattes fixes ou réglables.

Toutefois, lorsque d'une part la verticalité et la planéité de la surface d'appui, d'autre part l'épaisseur du chevron le permettent, les chevrons peuvent être fixés en appui direct à l'aide d'une fixation traversante. En cas d'exigences de planéité spécifiques, celles-ci seront à préciser dans l'Avis Technique ou DTA. Les chevrons étant fixés directement sur le support, les défauts de planéité de ce support (désaffleurements, balèvres, bosses et irrégularités diverses) ne doivent pas être supérieurs à 5 mm sous la règle de 20 cm, et à 10 mm sous la règle de 2 m.

Cette planéité doit être prise en compte dans les Documents Particuliers du Marché (DPM).

En ce dernier cas, la fixation, disposée en axe médian du chevron, le traverse dans toute son épaisseur ; la tête de cette fixation traversante, sous laquelle est disposée une rondelle métallique $\varnothing 16$ mm, vient se noyer dans un évidement cylindrique prévu dans le chevron si besoin est, par exemple dans le cas de plaques fixées directement sur les chevrons ou lorsque l'appui d'une lisse horizontale se situe au droit de cette fixation.

La mise en œuvre décrite ci-après, qui inclut donc la pose normale des chevrons sur pattes, suit sensiblement l'ordre des opérations de pose.

3.1. Pose des pattes

3.1.1. Disposition et répartition des pattes

Les pattes sont mises en position selon un alignement vertical parallèle au trait bleu correspondant à l'axe du chevron à poser et décalé de celui-ci d'une distance correspondant à la demi-largeur du chevron.

Il est nécessaire de disposer les pattes en alternance de part et d'autre du chevron (cf. fig. 17a), et d'en augmenter le nombre lorsque cette disposition n'est pas possible (cas des chevrons en rive de bâtiment ou arrêts d'ouvrage de bardage).

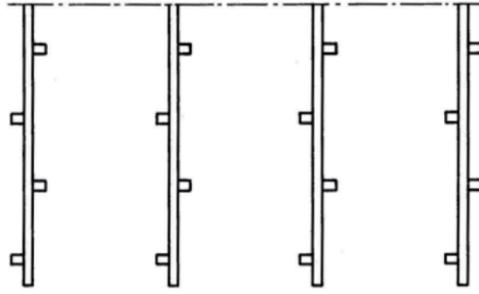


Figure 17a – Disposition des pattes en alternance de part et d'autre du chevron

Un nombre minimal de 3 pattes est à prévoir quel que soit la longueur du chevron (parties en allège notamment).

Remarque :

La disposition en alternance des pattes procède de diverses raisons, les plus importantes étant que :

- elle contrarie la rotation (autour de la cheville) de la patte sous l'action du poids propre du bardage rapporté ;
- elle contrarie la déformation des pattes sous l'action du poids propre et sous l'effort de dépression dû au vent ;
- elle freine la tendance au gauchissement du chevron bois ;
- elle permet de conserver l'entraxe entre chevrons constant même en cas de tassement sous charge, ce qui évite les contraintes résultantes dans les lisses et les peaux.

L'entraxe des pattes le long du chevron est, compte tenu des charges dues au vent, de l'entraxe et de la section des chevrons, fonction de la résistance admissible ou la valeur de calcul à l'état limite ultime à l'arrachement des fixations des pattes dans la structure porteuse considérée (cf. §2.1.3).

Sa valeur limite est prise égale à 1,35 m (mi-hauteur d'étage, d'où pose du chevron de 5,40 m sur 5 appuis) et c'est à partir de cette valeur que sont déterminées les valeurs des autres paramètres. En cas de sollicitations de vent important, on a tendance à réduire l'entraxe des chevrons.

Les pattes sont solidarisiées à la structure porteuse par chevilles. Les chevilles doivent, en fonction de leur densité imposée par l'entraxe des chevrons et l'entraxe des pattes sur les chevrons, être choisies compte tenu des conditions d'exposition du chantier et de la résistance admissible ou la valeur de calcul à l'état limite ultime à l'arrachement de la fixation dans la structure porteuse considérée.

3.1.2. Fixation des pattes sur la structure porteuse

Le logement de la cheville est normalement foré au milieu du trou ovalisé de l'aile d'appui de la patte.

En conséquence et pour tenir compte de l'effet de levier introduit par la forme de la patte (cf. § 2.4.1), chaque cheville sera supposée devoir transmettre une charge double de celle appliquée à la fixation correspondante et résultant de l'action en dépression du vent.

Le porte à faux en extrémité de chevrons n'excédera pas le quart de la portée entre deux pattes successives, avec un maximum de 25 cm.

3.1.2.1. Cas d'un dimensionnement aux états limites

Dans le cas d'ancrage dans un support existant dont les caractéristiques ne seraient pas connues, le lien entre la détermination par essai sur chantier de la résistance des chevilles et la sollicitation à l'état limite ultime selon EC1 P1-4, est effectué dans le Cahier du CSTB 1661_V2. Les valeurs NRd et VRd ainsi définies devront ensuite être utilisées selon la méthode définie pour les travaux neufs ;

En travaux neufs, les vérifications, en fonction de la nature du support, sont à effectuer :

- Sur support béton pour des ancrages métalliques :

$$NRd > 1,5Qk \text{ et } VRd > 1,35Gk$$

$$1,5Qk/NRd + 1,35Gk/VRd < 1,2$$

Nota : Pour les fixations dans le support béton, la vérification de la composante FRd (résistance de calcul à l'état limite ultime en traction/cisaillement combiné) n'est pas nécessaire, sauf si utilisation de chevilles métallo-plastique, la valeur combinée retenue correspond à la valeur donnée par la formule suivante :

$$FRd > \sqrt{((1,35Gk)^2 + (1,5Gk)^2)}$$

- Sur support maçonné avec tous types de chevilles, la valeur combinée retenue correspond à la valeur donnée par la formule suivante :

$$FRd > \sqrt{((1,35Gk)^2 + (1,5Gk)^2)}$$

Nota : Pour les fixations dans le support maçonné avec tous types de chevilles ou sur support béton avec chevilles métalloplastiques, la vérification des composantes NRd (résistance de calcul à l'état limite ultime en traction) et VRd (résistance de calcul à l'état limite ultime en cisaillement) n'est pas nécessaire si l'on prend en compte l'éventuel bras de levier

avec :

Qk : charge sur cheville(s) calculée à partir de la valeur de charge de vent ELS déterminée selon l'EC1 P1-4 ramené à une surface reprise par la patte-équerre (cf. § 2.2.3.1.2) et prenant en compte un éventuel bras de levier rapporté (patte-équerre) ;

Gk : charge sur cheville(s) calculée à partir de la valeur de poids caractéristique ramené à une surface reprise par la patte-équerre (cf. § 2.2.3.1.1) ;

NRd : résistance de calcul à l'état limite ultime en traction de l'ETE de la cheville ou du groupe de chevilles servant à fixer la patte-équerre ;

VRd : résistance de calcul à l'état limite ultime en cisaillement de l'ETE de la cheville ou du groupe de chevilles servant à fixer la patte-équerre ;

FRd : résistance de calcul à l'état limite ultime en traction/cisaillement combiné de l'ETE de la cheville ou du groupe de chevilles servant à fixer la patte-équerre.

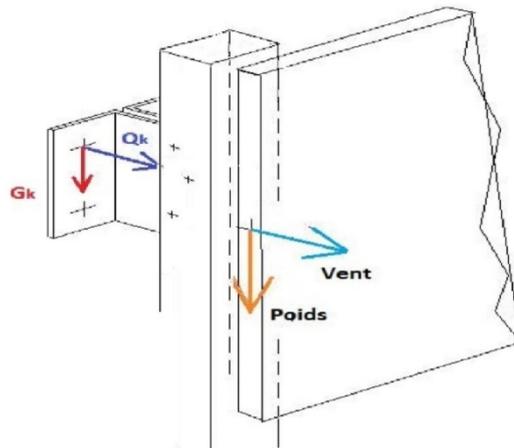


Figure 17b : Efforts vent et poids appliqués

3.1.2.2. Cas d'un dimensionnement aux contraintes admissibles

Dans le cas d'ancrage dans l'existant dont les caractéristiques ne seraient pas connues, le lien entre la détermination par essai de la résistance des chevilles et la sollicitation au vent normal au sens des Règles NV 65 modifiées, est effectué dans le Cahier du CSTB 1661_V2. Les valeurs NRd et VRd ainsi définies devront ensuite être utilisées selon la méthode définie pour les travaux neufs ;

En travaux neufs, les vérifications, en fonction de la nature du support, sont à effectuer :

Sur support béton pour des ancrages métalliques :

$$NRd > 1,75Q \text{ et } VRd > G$$

$$1,75Q/NRd + G/VRd < 1,2$$

Nota : Pour les fixations dans le support béton la vérification de la composante FRd (résistance de calcul à l'état limite ultime en traction/cisaillement combiné) n'est pas nécessaire.

Sur support maçonné avec tous types de chevilles ou sur support béton avec chevilles métalloplastiques, la valeur combinée retenue correspond à la valeur maximale donnée par la formule suivante :

$$FRd > \text{Max} [\sqrt{(1,35G)^2 + (1,5Q)^2}; \sqrt{G^2 + (1,75Q)^2}]$$

Nota : Pour les fixations dans le maçonné avec tous types de chevilles ou sur support béton avec chevilles métalloplastiques, la vérification des composantes NRd (résistance de calcul à l'état limite ultime en traction) et VRd (résistance de calcul à l'état limite ultime en cisaillement) n'est pas nécessaire si l'on prend en compte l'éventuel bras de levier.

avec :

Qk : charge sur cheville(s) calculée à partir de la valeur de charge de vent normal selon NV 65 modifiée ramené à une surface reprise par la patte-équerre et prenant en compte un éventuel bras de levier rapporté (patte-équerre) ;

G : charge sur cheville(s) calculée à partir de la valeur de poids ramené à une surface reprise par ramené à une surface reprise par la patte-équerre ;

NRd : résistance de calcul à l'état limite ultime en traction de l'ETE de la cheville ou du groupe de chevilles servant à fixer la patte-équerre ;

VRd : résistance de calcul à l'état limite ultime en cisaillement de l'ETE de la cheville ou du groupe de chevilles servant à fixer la patte-équerre ;

FRd : résistance de calcul à l'état limite ultime en traction/cisaillement combiné de l'ETE de la cheville ou du groupe de chevilles servant à fixer la patte-équerre.

3.2. Pose de l'isolant

3.2.1. Disposition de l'isolant

L'isolant doit être posé sur la structure porteuse derrière les chevrons (cf. fig. 18).

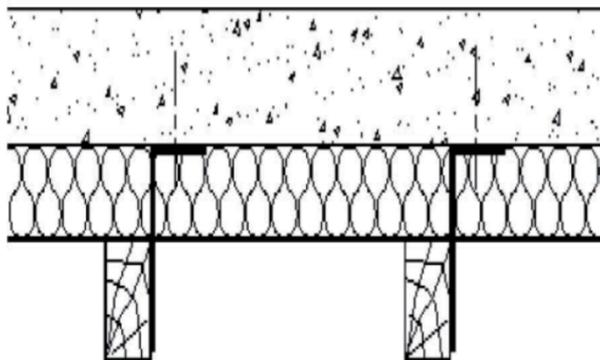


Figure 18 – Disposition de l'isolant

Cas particulier – L'isolant peut être également posé :

- Entre les chevrons lorsque ceux-ci sont fixés contre la structure porteuse (cf. fig. 19),

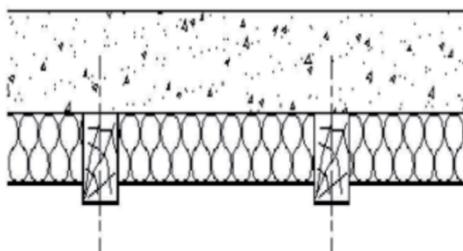


Figure 19 – Disposition de l'isolant

- En deux lits successifs, l'un derrière les chevrons, l'autre entre les chevrons (cf. fig. 20).

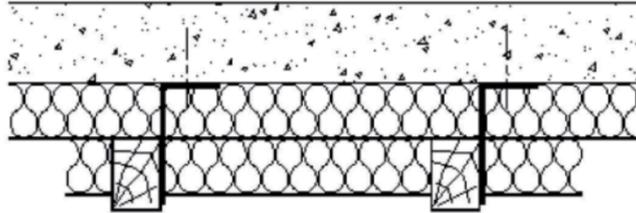


Figure 20 – Disposition de l'isolant

Remarque :

A titre d'information, il est donné, en Annexe 5, les formules permettant de calculer le coefficient U_p d'un mur en fonction de l'isolant sur la structure porteuse.

3.2.2. Fixation de l'isolant sur la structure porteuse

Généralités

Quel que soit l'isolant, les panneaux doivent être bien jointifs et en cas de deux couches superposées, les joints respectifs doivent être décalés. En aucun cas, il ne doit être laissé d'espace d'air (communiquant avec l'extérieur) entre l'isolant et la structure porteuse.

Remarque :

Concernant la fixation des panneaux semi-rigides à l'aide de chevilles, il a été observé qu'un enfoncement trop important de ces dernières provoquait le relèvement des bords libres du panneau (par mise en tension des fibres de surface).

L'isolant n'étant plus de ce fait parfaitement plaqué au support, il en résultera d'une part :

- Une diminution de la performance thermique escomptée et d'autre part ;
- Une obturation partielle ou totale de la lame d'air dont la ventilation ne sera plus assurée.

Une lame d'air doit être d'épaisseur minimale 20 mm systématiquement aménagée après la surface finie de l'isolant.

Chaque panneau devra être fixé individuellement, les chevilles rosaces ne doivent pas être disposées à plus de 150mm des bords horizontaux hauts et bas de l'isolant.

L'entraxe maximal entre deux chevilles rosaces le long d'un même axe vertical ne doit pas excéder 1,66 m.

Il est nécessaire de prendre en compte le poids propre de l'isolant dans la vérification sous charge verticale des pattes équerres dans le cas où l'on vient embrocher cet isolant et lorsqu'une seule rosace participe à la fixation de ce dernier.

Dans le cas d'utilisation d'attaches à dent, l'isolant est mis en œuvre selon le §2.6.3.2.3.

3.2.2.1. Fixation des panneaux de laine minérale

Les panneaux sont posés horizontalement ou verticalement. Ils peuvent être (*cf. fig. 12*), embrochés sur les pattes de fixations des chevrons avant mise en place de ces derniers. Lorsque les chevrons participent en outre au maintien de l'isolant, prévoir une fixation au moins par panneau (0,60 x 1,35 m le plus souvent). Dans le cas contraire (pas de maintien par l'ossature), prévoir au minimum deux fixations par panneau, dont au moins une traversante s'il s'agit de chevilles-étoile, et une densité minimale de deux fixations par m^2 . Pour les éléments découpés, on peut admettre une seule fixation lorsque la plus grande dimension n'excède pas 35 cm.

Les fixations ne doivent pas comprimer l'isolant.

3.2.2.2. Fixation des panneaux de laine minérale à dérouler

Les panneaux à dérouler (dimensions habituelles : largeur 0,60 m x longueur) sont le plus souvent posés verticalement.

Dans ce cas de pose (à la verticale), prévoir au moins deux fixations en partie haute et une densité minimale de deux fixations par m^2 en partie courante. Les fixations traversantes sont disposées soit dans l'axe vertical du panneau, soit de préférence en quinconce, l'objectif étant d'assurer le meilleur contact possible entre isolant et gros-œuvre support.

La fixation par équerres métalliques à dents ou par attaches « râteau » est possible et suppose un entraxe de chevron au plus égal à 0,60 m. L'entraxe entre équerres fixées le long d'un même chevron est de 1,35 m maximum.

Les équerres à dents sont disposées en quinconce travée par travée.

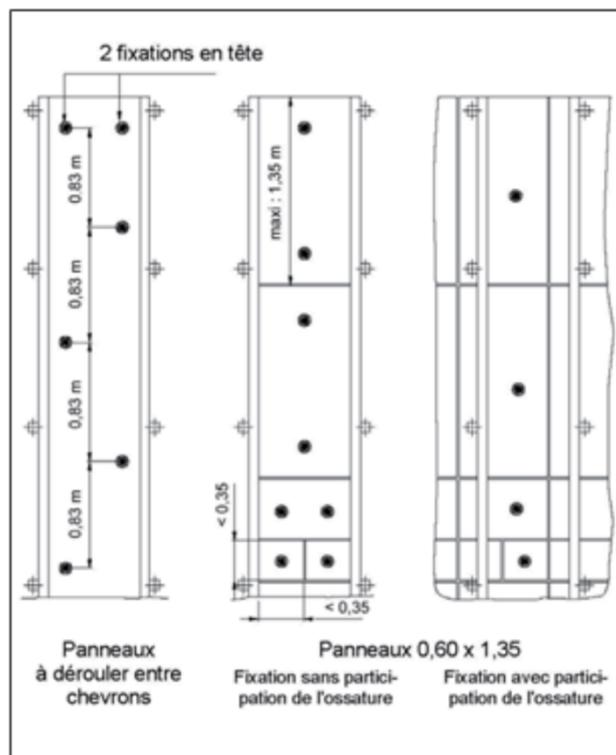


Figure 21 – Fixation de l'isolant

Pour la pose horizontale, mettre en partie courante une fixation tous les 0,6 m au maximum, c'est-à-dire une fixation tous les deux chevrons quand l'écartement de ceux-ci ne dépasse pas 0,60 m.

3.2.2.3. Fixation des plaques en polystyrène expansé

Leur fixation s'effectue soit par chevilles-étoile (ou à rosace) à raison de deux au minimum par m² et par plaque, soit par collage au moyen d'un mortier-colle conformément à ceux visés dans les Avis Techniques ou Document Technique d'Application relatifs aux enduits sur isolant PSE Les isolants en, panneaux de polyuréthane et PSE ont des dimensions maximales 0,6x1,20m.

3.2.2.4. Fixation renforcée des isolants (points singuliers).

- Cas d'un dimensionnement aux états limites

En points singuliers et pour des éléments découpés, la densité des fixations est augmentée, de même que pour les bâtiments de hauteur supérieure à 40 m. En catégorie de terrain 0 ou II et en zone A du vent telles que décrites par l'Eurocode 1991-1-4 +AN et ses amendements, le nombre de fixations sera porté à quatre par panneau ou plaque et une tous les 0,5 m pour les panneaux à dérouler de largeur maximale 0,60 m.

- Cas d'un dimensionnement aux contraintes admissibles

En points singuliers et pour des éléments découpés, la densité des fixations est augmentée, de même que pour les bâtiments de hauteur supérieure à 40 m. En sites exposés et dans les zones d'arêtes verticales du vent telles que décrites par les « Règles NV 65 modifiées », le nombre de fixations sera porté à quatre par panneau ou plaque et une tous les 0,5 m pour les panneaux à dérouler de largeur maximale 0,60 m.

3.3. Pose des chevrons

3.3.1. Entraxe des chevrons

L'entraxe des montants dépend d'un certain nombre de facteurs dont en particulier la nature de la peau. En effet, il est d'usage pour des raisons d'aspect, de limiter conventionnellement la flèche prise sous vent normal au sens des Règles NV 65 modifiées par la paroi entre montants porteurs au 1/100 de la portée entre chevrons. Cette flèche est limitée au 1/83 du vent à l'ELS en cas de vérification avec l'EC 1 P1-4 + AN (NF EN 1991-1-4). Pratiquement, pour l'ensemble des bardages rapportés traditionnels et une bonne partie des bardages rapportés non traditionnels (cf. Avis Techniques ou DTA les concernant), l'entraxe usuel est égal à 60 cm (cf. § 2.1.4). Il peut être ramené à 45 ou 30 cm en rives de la façade pour différentes raisons :

- Augmenter la résistance au vent en angles de façade et en acrotère ;
- Augmenter la résistance aux chocs : à rez-de-chaussée non protégé.

À l'inverse, l'entraxe peut être augmenté dans la mesure où la section des montants (et des lisses éventuelles), la densité de fixations dans la structure porteuse, la flèche de la paroi entre chevrons et la résistance au vent ont été vérifiés et le permettent. Cette possibilité d'augmentation des entraxes est mentionnée par l'Avis Technique (ou DTA) du système.

Remarque 1 : Selon les Règles NV 65 modifiées

Bien que la majoration en arrête verticale de façade, de la valeur de la charge en dépression, au regard de la valeur en partie courante, puisse être importante (facteur 2), la nécessité de réduire l'entraxe des montants en rives de façade ne s'impose pas forcément ; c'est le cas général des systèmes dont la résistance « admissible » selon NV 65 modifiées en dépression qui le caractérise en pose sur entraxe normal (60 cm) reste supérieure à la dépression telle qu'elle est calculée en arêtes verticales d'un bâtiment donné, compte-tenu de sa hauteur, de la région et du site.

Remarque 1bis : Selon l'Eurocode 1991-1-4 + son AN + ses amendements

L'Eurocode 1991-1-4 +AN définit, pour certaines formes de bâtiment courant, les coefficients aérodynamiques appropriés aux différentes zones des constructions. Par simplification, pour le calcul des coefficients aérodynamiques de pression extérieure, la surface des éléments de bardage considérée est de 1 m². Seule la dépression est prise en compte dans le reste du document car elle correspond au cas dimensionnant des procédés de bardage rapporté, courants. Néanmoins, les systèmes de bardage dont le schéma mécanique serait non symétrique devront être vérifiés également en pression et les modalités de vérification à cet égard sont précisées dans l'Avis Technique ou DTA.

Les coefficients de dépression à considérer sont (zones au sens de la NF EN 1991-1-4 + AN + amendements) :

- Dépression en rive : $C_{pe} = - 1,4$ (zone A) ;
- Dépression en zone courante de bâtiment : $C_{pe} = - 1,1$ (zone B).

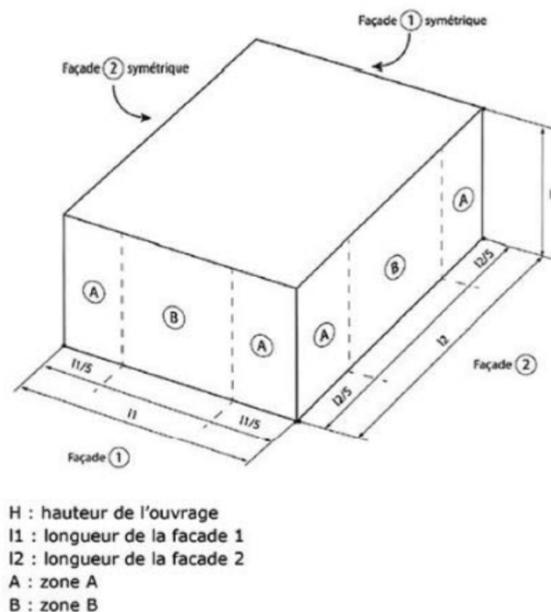


Figure 22 : Localisation des zones A et B relatives au coefficient C_{pe}

Nota : La valeur C_{pe} s'applique aux constructions de type courant (murs verticaux ou à fruit négatif $\leq 15^\circ$ des bâtiments à plan rectangulaire). Lorsque le bâtiment a une forme non courante, les DPM doivent préciser les charges à prendre en compte.

La surface de l'élément de bardage est prise par simplification égale à 1 m^2 . Pour le dimensionnement du bardage, du fait du domaine d'emploi et des cloisonnements dans les angles sortants, le coefficient de pression intérieure est $C_{pi} = 0$.

Remarque 2 :

Il est à noter que ce renforcement de l'ossature, tant en arêtes verticales en cas de vérification selon les NV 65 modifiées et, en cas de vérifications selon l'EC 1 P1-4 +AN en zone A au sens du § 7.2.2 de l'EC 1 P1-4 +AN (cf. ci-dessus) qu'en partie courante au-delà d'une certaine hauteur de la façade, risque de conduire à terme à des tassements différentiels sous charge de poids propre, compte-tenu de ce que les pattes seront plus ou moins chargées différemment en fonction de leur densité (nombre/m²).

Il pourrait en résulter selon les cas, pour les éléments de peau fixés « à cheval » sur deux zones d'ossature de configurations différentes, des contraintes de compression ou de traction pouvant conduire à la rupture des plaques ou à leur échappement dans le cas de dalles posées en enfourchement sur des lisses. Toutes dispositions seront donc prises pour éviter ces phénomènes, soit par mise en œuvre d'une ossature avec trame unique éventuellement redondante (vis-à-vis des sollicitations dues au vent) en partie courante et en partie basse, soit en prévoyant le fractionnement de l'ouvrage ossature/peau en fonction des reprises de charges différentes.

Ces dispositions ne visent pas les peaux type « écailles » qui, du fait des recouvrements tant latéraux qu'horizontaux, peuvent absorber sans contrainte ces éventuelles variations dimensionnelles différentielles.

Remarque 3 :

En ce qui concerne la résistance aux chocs, la réduction de l'entraxe des chevrons à rez-de-chaussée n'est susceptible d'améliorer que la résistance aux chocs de grands corps mous lesquels entraînent des effets d'ensemble. La résistance aux chocs de petits corps durs lesquels conduisent à des effets locaux, ne s'en trouve pas améliorée. Il est possible d'éviter cette diminution de performance sous chocs de corps dur en laissant un espace entre le dos de la paroi et la face avant des éventuels montants intermédiaires supplémentaires.

3.3.2. Fixation des chevrons sur les pattes

Les chevrons sont normalement fixés sur l'aile correspondante de la patte à l'aide d'un tire-fond, par exemple de $\varnothing 7 \times 50$ mm, au travers du trou prépercé.

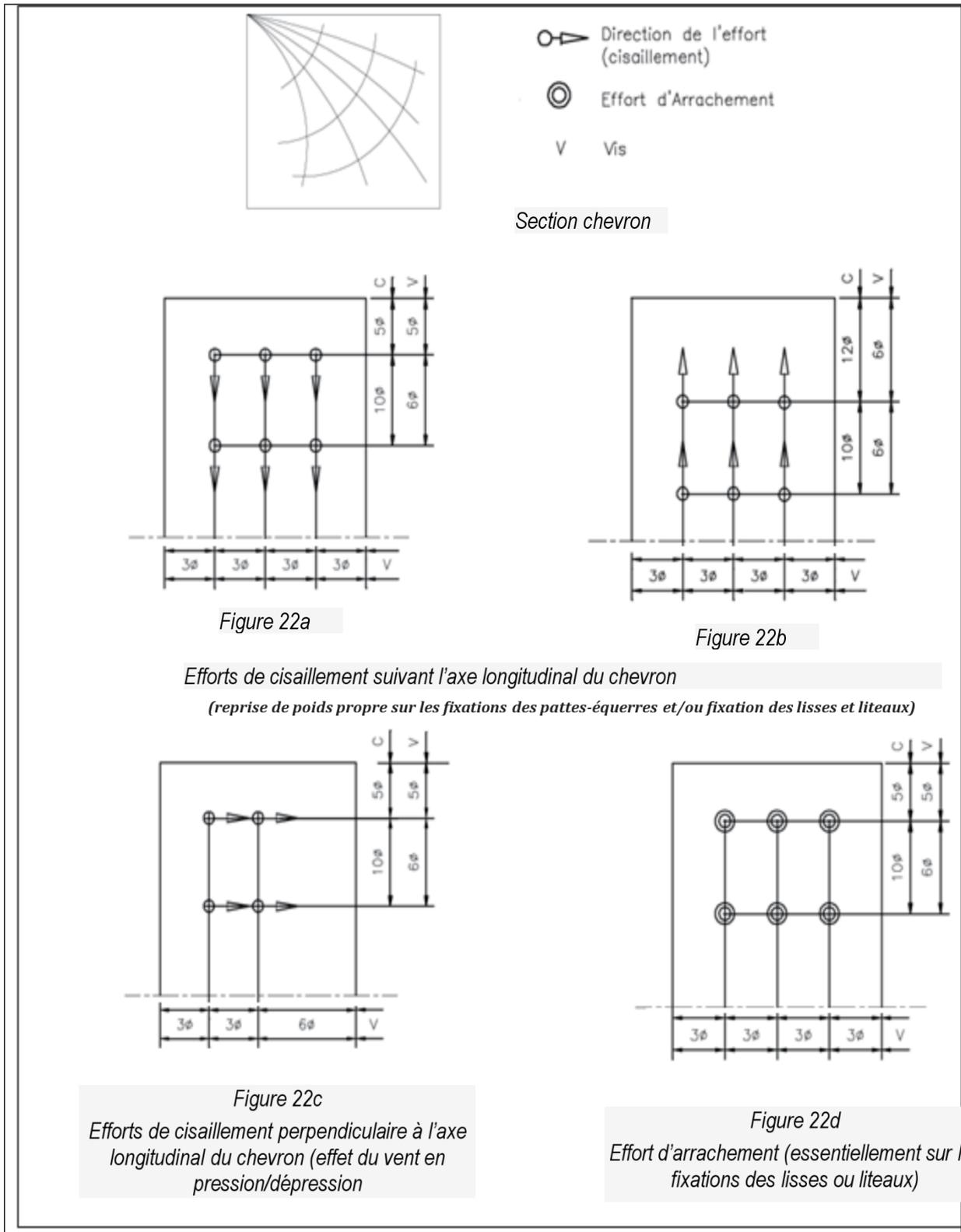
Dans le cas des pattes réglables, celles-ci doivent être réglées de façon que l'axe du trou rond prépercé soit sensiblement au milieu du flanc du chevron.

Dans le cas des pattes non réglables, le tire-fond de diamètre \varnothing doit être disposé dans le trou prépercé, de façon à être le plus près possible de l'axe médian du flanc de chevron. En tout état de cause, l'axe du tire-fond doit se situer à au moins $\varnothing 3$ de l'arête du chevron la plus proche, et à au moins $\varnothing 6$ de l'arrêt en bout.

Cette fixation par tire-fond doit être complétée par au moins deux vis de dimensions minimales $\varnothing 4,5 \times 40$ mm dite de blocage, au travers d'un trou $\varnothing 4$ mm prévu à cette fin dans l'aile de la patte.

La fixation du chevron peut être réalisée également par au moins trois vis à bois de dimensions minimales $\varnothing 4,5 \times 40$ mm.

Les dispositions des fixations entre elles et par rapport à la géométrie du chevron sont précisées en *figures 22a, b, c et d* ci-après :



On vérifiera selon les éléments fournis en Annexe 4, la convenance des fixations par rapport aux efforts de cisaillement, en fonction de la géométrie de la patte et de la masse du bardage.

3.3.3. Raboutage des chevrons

Sur la hauteur d'une façade, l'alignement vertical peut se faire par chevauchement latéral sur 30 cm environ, ou en ligne bout à bout en laissant un jeu d'au moins 2 cm entre extrémités des chevrons, chacune d'elles ayant sa fixation propre.

Dans le cas où il est nécessaire de disposer d'une ossature continue, on effectue un raboutage en ligne, chaque extrémité de chevrons ayant sa fixation disposée en alternance. Ce raboutage est réalisé soit par deux éclisses latérales en contreplaqué NF Extérieur CTB-X 10 mm, vissées sur les flancs des chevrons, soit être en tôle d'acier d'épaisseur minimale 1 mm et être protégées par une galvanisation à chaud classe Z 275 mini vérifiée selon les spécifications de la norme NF EN 10346 ou NF P34-310. Toute autre protection équivalente peut être employée, sur la base d'une ETPM en cours de validité.

La dimension des éclisses et les fixations utilisées devront assurer une liaison rigide et respecter les dispositions données en *figure 23*.

Le raboutage peut être également effectué sur chevrons accolés et raccordés par chevauchement, à l'aide d'au moins 2 tirefonds ou boulons transversaux (\varnothing 7 mm minimum) conformément aux dispositions de la *figure 24*. Le raboutage des chevrons concernés doit être effectué avant mise en charge de l'ossature sous poids propre des éléments de peau. À défaut, cela pourrait conduire une mise en charge cumulée des rangées successives de chevrons au fur et à mesure de la mise en œuvre du parement, les pattes-équerrées de la 1^{re} rangée (inférieure) de chevrons pouvant être amenées à reprendre après raboutages successifs une charge plus élevée que la charge prévue initialement.

Remarque :

Le fait de rabouter les chevrons conduit à la réalisation d'une ossature homogène et continue, cumulant les variations dimensionnelles de chacun des chevrons qui la compose.

Ces variations étant de l'ordre de 0,01 % et jusqu'à 0,02 % pour un écart de 1 % du taux d'humidité des bois et cet écart pouvant varier de 5 à 7 % l'été jusqu'à 18 % et plus l'hiver, il sera nécessaire d'en tenir compte, notamment en extrémités d'ossature aux raccordements avec les parties fixes solidaires du gros-œuvre support, et dans l'organisation des joints de fractionnement.

En pratique et compte tenu d'une certaine adaptation plastique, des chevrons raboutés sur des longueurs de 10 à 12 m n'imposent pas de dispositions particulières, compte tenu de la nécessité de réaliser un joint de fractionnement complet de l'ouvrage (ossature + peau) tous les 4 niveaux au plus ($5,40 \text{ m} \times 2 = 10,80 \text{ m}$) capable d'absorber les variations dimensionnelles.

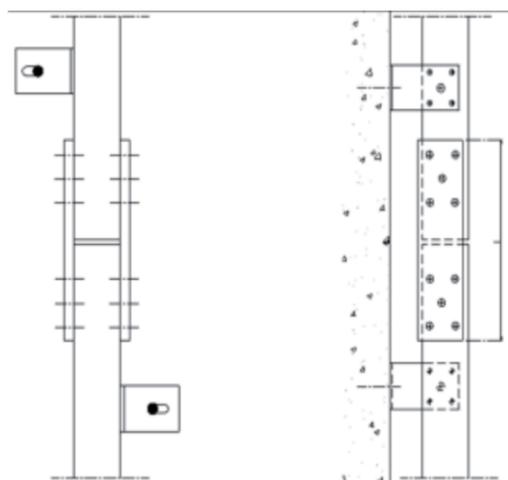
On veillera, dans le cas de raboutage en ligne, par un calepinage préalable, à ce que les lisses ne risquent pas de se trouver au droit d'un joint entre chevrons, disposition qui interdirait une fixation correcte de la lisse (*cf. fig. 26*).

3.3.4. Fractionnement

Un joint de fractionnement de la paroi de bardage sera toujours réalisé au droit des discontinuités entre chevrons. Autrement dit, un élément de peau ne devra jamais être posé en recouvrement d'un alignement de chevrons non raboutés de façon rigide (*cf. fig. 25 et 26*).

Remarque :

Exception peut être faite à la règle ci-dessus pour des peaux de bardage constituées de petits éléments en pose à recouvrement et fixation sur leur seule rive haute (*cf. §2.4.3*), sous réserve que les longueurs de chevrons continues (ou rendues telles) n'excèdent pas 5,4 m, les bardages type écailles ou type clins posés à l'horizontale peuvent bénéficier de cette exception. Lorsque qu'ils sont non traditionnels, 'AT ou DTA précise les conditions de cette possibilité.



L = 200 à 300 mm selon fixations (clous ou vis) et nature de l'éclisse (CP ou métal)

Figure 23 – Raboutage des chevrons/disposition avec chevrons alignés

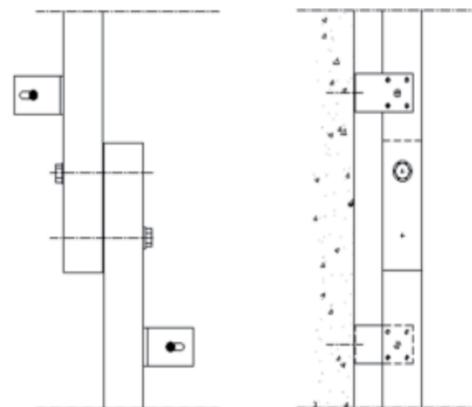
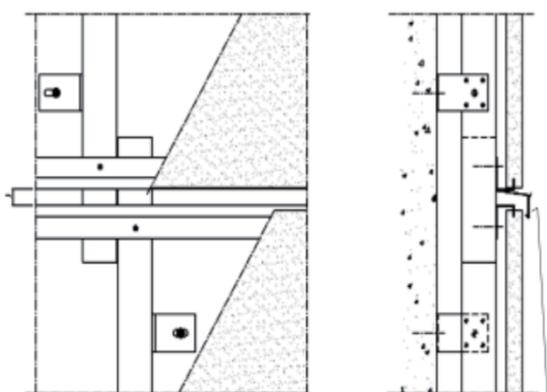
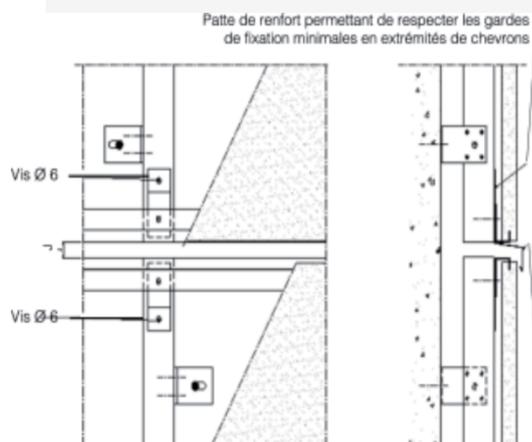


Figure 24 – Raboutage des chevrons/disposition avec chevrons décalés



Bavette pare-pluie (fixations sur chevrons supérieurs seulement)

Figure 25 – Joints de fractionnement/disposition avec chevrons décalés



Bavette pare-pluie valeur de J : tous les 2 niveaux J = 7 mm tous les 4 niveaux J = 15 mm

Figure 26 – Joints de fractionnement/disposition avec chevrons alignés

L'ouverture des joints de fractionnement doit être au moins de 7 mm par longueur continue de chevron de 5 à 6 m et 15 mm pour un raboutage conduisant à une longueur de 10 à 12 m. Des dispositions devront être prises pour limiter les entrées d'eau de pluie (bavette, etc.) en fonction de la largeur de joint et l'exposition de la façade.

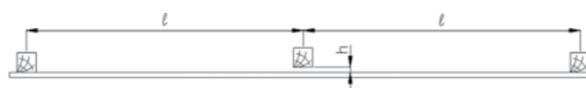


Figure 27 – planitude des chevrons

3.3.5. Planitude générale des chevrons

Le critère d'acceptation est $h < 2$ mm.

Dans certains cas précisés, notamment dans l'Avis Technique, cette valeur peut être ramenée à 1 mm.

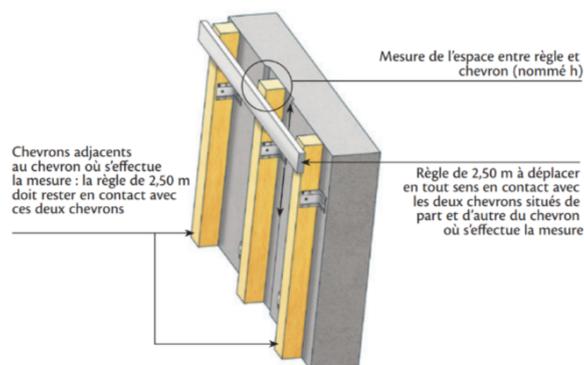


Figure 28a – Mesure planéité à la règle

La mesure de ce défaut est effectuée comme suit :

- Déplacer en tout sens une règle de 2,50 m de longueur en la maintenant en contact avec deux chevrons de part et d'autre du chevron considéré ;
- Mesurer perpendiculairement au plan du bardage, la distance maximale h pouvant exister entre la règle et le chevron médian précité.

3.4. Aménagement de la lame d'air

3.4.1. Dispositions générales

Entre nu externe de l'isolant et face arrière de la peau est toujours ménagée une lame d'air.

La raison essentielle de la lame d'air est une question de durabilité. Ventilée à partir d'ouvertures en rives basse et haute d'ouvrage, elle a pour mission d'évacuer l'humidité provenant :

- Des infiltrations éventuelles d'eau de pluie ;
- Des condensations de la vapeur d'eau ayant transféré de l'intérieur vers l'extérieur au travers de la structure porteuse.

En effet, cette humidité peut être préjudiciable aux matériaux sensibles à l'eau, le bois des chevrons par exemple.

Pour que cette lame d'air soit efficacement ventilée, il convient pour éviter les pertes de charge :

- D'une part, que sa section en partie courante soit suffisante, c'est-à-dire de largeur au moins égale à 2 cm au niveau des parties les plus étranglées, à savoir les éventuels liteaux ou lisses métalliques ;
- D'autre part, que les entrées et sorties de ventilation soient également de section suffisante, celle-ci étant donnée par la formule :

$$S = (H/3)^{0.4} \times 50$$

où :

- H est la hauteur du bardage exprimée en m.
- S est la surface des orifices de ventilation haute et basse, exprimée en cm² par mètre linéaire de largeur de bardage ce qui correspond à :
 - 50 cm² pour une hauteur au plus égale à 3 m ;
 - 65 cm² pour une hauteur de 3 à 6 m ;
 - 80 cm² pour une hauteur de 6 à 10 m ;
 - 100 cm² pour une hauteur de 10 à 18 m ;
 - 120 cm² pour une hauteur de 18 à 24 m.

En départ de bardage, l'ouverture est protégée par un profilé à âme perforée, constituant une barrière anti-rongeur.

En arrêt haut, l'ouverture est protégée par une avancée (par exemple bavette rapportée) munie d'un larmier. Certains poseurs (spécialisés en travaux de couverture) sont parfois tentés d'appliquer la technique des films de pare-pluie aux bardages rapportés pour améliorer l'étanchéité à l'eau, il convient de préciser que, du fait du très faible volume de la lame d'air (et de l'étanchéité à l'air de la structure porteuse), l'équilibrage des pressions est

quasi instantané, pratiquement sans débit d'air et donc sans entraînement d'eau (ou de neige) susceptible de venir humidifier la paroi support.

Dans ces conditions, la présence d'un film pare-pluie est sans objet et même néfaste, car :

- Ce film étanche augmente la valeur des charges dues aux actions du vent et appliquées sur la peau du bardage rapporté ;
- Se déchirant, le film risque d'obstruer la lame d'air ;
- Même classé M1, le film risque de favoriser la propagation verticale d'un incendie par la lame d'air.

3.4.2. Compartimentage horizontal de la lame d'air (cf. fig. 28b)

Lorsque la façade traitée présente une hauteur supérieure à 24 m, celle-ci est partagée en modules de hauteur maxi- male 24 m séparés par un compartimentage de la lame d'air avec reprise sur nouvelle entrée d'air (cf. fig. 28a). Au niveau de ce joint horizontal de fractionnement, il est prévu un habillage par profilé bavette, les lames d'air inférieure et supérieure débouchant avec les sections mini- males d'ouverture indiquées ci-avant.

Remarque 1 :

La présence d'un joint de fractionnement de l'ouvrage de bardage (imposé par les règles d'aboutage des chevrons notamment) peut être mise à profit pour réaliser le compartimentage de la lame d'air nécessité tant par la ventilation de la lame d'air que par des prescriptions de sécurité incendie (cf. IT n° 249) en figure 28b.

Remarque 2 :

Le présent document et ses détails ne tiennent pas compte des exigences réglementaires en termes de sécurité incendie qui impliquent des dispositions techniques et architecturales.

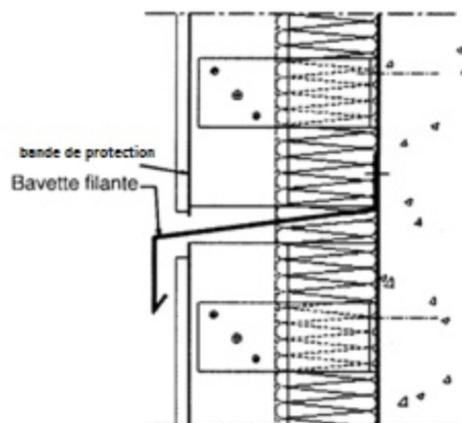


Figure 28b– Compartimentage horizontal de la lame d'air

3.4.3. Compartimentage vertical de la lame d'air (cf. fig. 29)

Il doit être également prévu un compartimentage vertical en angle de façade notamment dans le cas où la peau est accrochée non pas directement aux chevrons mais à un réseau de lisses ou liteaux. Entre dos de la paroi de bardage et nu des chevrons, circule une lame d'air horizontale continue, de l'épaisseur des liteaux, qui fait le tour du bâtiment. Pour s'opposer à un appel d'air latéral entre façade au vent et façade sous le vent, il convient de prévoir en angles sortant, et sur toute la hauteur de façade, un cloisonnement réalisé en matériau durable (tôle d'aluminium ou acier galvanisé Z 275mini par exemple (à adapter à l'atmosphère du chantier).

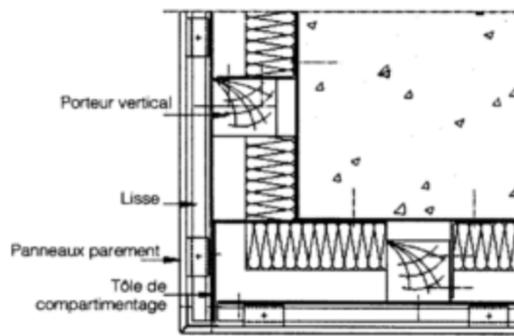


Figure 29 – Compartimentage en angle de la lame d'air

3.5. Pose de la bande de protection

Lorsque la pose directe (c'est-à-dire sans lisses complémentaires) des éléments de bardage impose la présence d'une bande d'étanchéité sur la face vue du chevron (cf. § 2.3), la pose de cette bande peut s'effectuer par simple agrafage ou simple clouage, étant entendu que son maintien ultérieur sera assuré par les rives des parois fixées sur le chevron.

Lorsque l'élément de bardage est posé sur chevron inter- médiaire, ce chevron intermédiaire doit éventuellement être garni lui aussi d'une bande d'étanchéité, tant pour des raisons d'étanchéité que pour des raisons de calage assurant une meilleure planéité de l'élément posé sur plus de deux appuis.

Remarque : en effet dans le cas des bardages avec joints horizontaux de peau laissés ouverts, les chevrons sont exposés à la pluie (projection et ruissellement).

3.6. Pose des lisses

3.6.1. Entraxe des lisses

L'entraxe des lisses dépend du type d'élément de peau qui y sera fixé. Cet entraxe est respecté à l'aide d'un gabarit spécifique à l'élément de peau. Ce gabarit peut être assujéti soit aux lisses supports, soit aux éléments de peau et constitue alors un « gabarit perdu ».

3.6.2. Fixation des lisses

Les lisses sont fixées aux chevrons à chaque inter- section. La fixation peut s'effectuer par vissage.

Le porte-à-faux en extrémité de lisse est limité au 1/4 de la portée entre chevrons.

Cas particulier des lisses placées en about de chevrons : pour les lisses fixées en pied de chevrons, soit en départ d'ouvrage, soit en linteau ou en joints de fractionnement, les gardes de vissage ou clouage données en figure 22 doivent être impérativement respectées, et tout particulièrement pour les systèmes dont le poids des dalles est entièrement supporté par la lisse de rive basse.

Généralement, les lisses prévues en parties courantes des systèmes à dalles rainurées ne peuvent convenir, la hauteur de leur aile d'appui sur les chevrons étant insuffisante, il faut utiliser des lisses de départ spécifiques permettant une fixation suffisamment distante de l'extrémité du chevron.

À défaut de lisse de hauteur d'aile d'appui suffisante, il est possible de disposer des traverses horizontales entre chevrons sur lesquelles viendront se fixer les lisses, soit encore d'utiliser des pattes de renfort ou des équerres latérales permettant de déporter le point de fixation (cf. fig. 30).

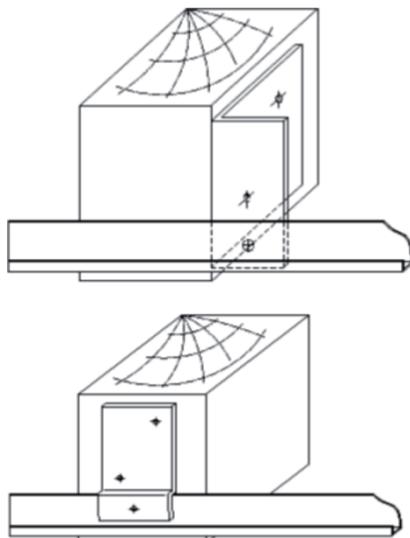


Figure 30 – Fixation des lisses en extrémité basse des chevrons

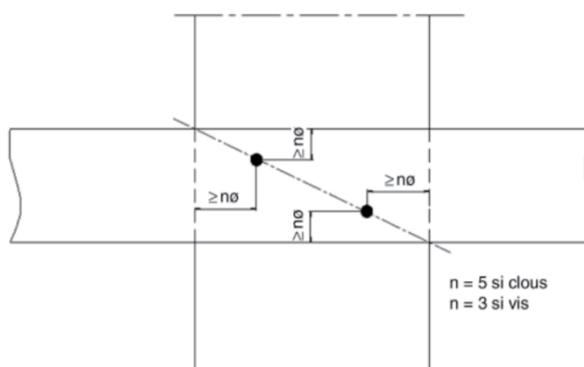


Figure 31 – Distance minimale à respecter pour le vissage des lisses-bois

Remarque :

La résistance admissible calculée à partir des formules ci-avant données concerne les fixations enfoncées orthogonalement à la façade, d'un entraxe vertical (entre lisses) de 30cm et de 60cm en entraxe horizontal (entre chevrons).

3.6.2.1. Fixation par vissage (cas des lisses-bois et des lisses-métal)

Le vissage s'effectue à l'aide d'une vis à bois retenue parmi les vis précédemment décrites et choisie en dimensions selon la résistance admissible à l'arrachement requise P_K (cf. §2.4.6).

La vis est normalement disposée au centre du rectangle de superposition lisse sur chevron.

Avant mise en place de la vis, la lisse peut, du moins lorsqu'il s'agit d'une lisse bois, être mise en position sur le chevron par un clouage préalable, à l'aide d'un clou lisse quelconque, de longueur suffisante.

Ce positionnement préalable de la lisse bois permet l'éventuel préperçage nécessaire du logement de la vis, et le fraisage du logement de la tête fraisée lorsqu'elle doit être noyée.

Lorsque le vissage s'effectue à l'aide de deux vis, celles-ci sont disposées sur une diagonale du rectangle de superposition, en respectant les distances minimales précisées en figure 30.

3.6.3. Raccordement des lisses

Sur la largeur de la façade, le raccordement des lisses s'effectue par alignement horizontal bout à bout :

- Toujours prévu au droit d'un chevron, chaque extrémité en regard des lisses, ayant sa propre fixation sur le chevron ;
- Avec un joint ouvert (notamment en cas de lisses-métal) d'ouverture de 3 mm.

Remarque :
La fixation des lisses-bois sur le chevron de rabotage doit respecter les distances minimales précisées en figure 32.

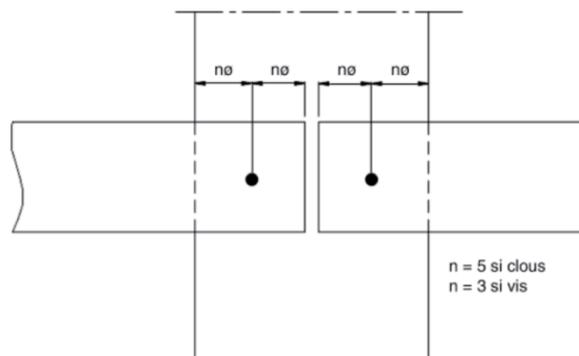


Figure 32 – Distance minimale à respecter pour la fixation des lisses-bois

Le respect de ces distances minimales n'empêche pas toujours le bois de se fendre, et il peut être utile de percer des avant-trous pour limiter ce risque ou d'accoler un segment de chevron fixé latéralement.

La possibilité de fixation des lisses-métal au travers d'un trou non oblong, pouvant être percé in situ et l'ouverture en joint de rabotage limitée à 3 mm découlent de ce que la dimension usuelle de fourniture des lisses-métal est limitée à 3,6 m.

ANNEXE 1 – Charges dues au vent entraînant, pour les chevrons de section courante, une flèche égale au 1/200 de la portée entre fixations espacées de 1,35 m

A1.1 Première partie : Dimensionnement des chevrons selon les contraintes admissibles au NV 65 modifiées

Charges dues au vent entraînant, pour les chevrons de section courante, une flèche égale au 1/200 de la portée entre fixations espacées de 1,35 m.

L'usage est d'utiliser des chevrons posés selon un entraxe de 600 mm et fixés tous les 1,35 m sur 5 appuis. Si l'on considère les fixations comme des appuis simples, la flèche maximale qui correspond à la 1^{re} et 2^e travée peut se calculer selon la formule :

$$f = 0,485 \times (5 q L_4) / 384 EI$$

$$= 2,425 q L_4 / 384 EI$$

$$\text{et } q = (384 \times EI \times f) / 2,425 L_4$$

où :

$I = bh_s^3 / 12$ = soit pour un chevron de section

$$\ell \times p \quad I = \ell p^3 / 12$$

$E = 8000 \text{ MPa}$

(valeur admissible jusqu'à 20 % d'humidité)

Flèche admissible :

$$F = 135 / 200 = 0,675 \text{ cm} = 67,5 \cdot 10^{-4} \text{ m}$$

$$L_4 = (135 \text{ cm})_4 = (33215 \times 10_4) \text{ cm}_4$$

Dans ces conditions, on a pour un chevron de section

$$\ell \times p = 40 \times 63$$

$$I = 83 \text{ cm}_4 \text{ et } q = 2146 \text{ N/m}$$

Cette charge reprise par le chevron correspond à une charge unitaire V (Pa) s'appliquant sur une surface de largeur équivalente à l'entraxe entre chevrons, soit 0,60 m.

Cette charge unitaire V due au vent est donc égale à :

$$V = 2146 / 0,60 = 3576 \text{ N/m}_2 = 3576 \text{ Pa}$$

La valeur est à comparer avec les sollicitations du site considéré, dans le respect des dispositions de pose (distance pattes équerre de 1,35m entraxe entre chevrons de 0,6 m en particulier).

À titre d'information, les charges V (Pa) unitaires conduisant à une flèche de 1/200 de la portée 1,35 m, en fonction de la section $\ell \times p$ du chevron et pour un entraxe de 0,60 m, sont données dans le tableau ci-après :

Section standard $ℓ \times p$ (mm)	I (cm ⁴)	Q (N/m) NV 65	V (Pa) NV 65
40 x 63	83	2 146	3 576
63 x 40	34	865	1 442
63 x 75	221	5 702	9 503
75 x 63	156	4 023	6 705
75 x 40	40	1 030	1 716
75 x 100	625	16 090	26 817
100 x 50	104	2 682	4 469
199 x 63	415	10 675	17 792
100 x 75	352	9 051	15 084

A1.2 - Deuxième partie : Charge de vent applicable aux chevrons de section courante selon la NF EN 1995 et NF EN 1991-1-4

A1.2.1 Critère de flèches

Pour la vérification des chevrons support de bardage, le critère de flèche est le critère dimensionnant. La valeur admissible retenue est : Flèche instantanée $W_{inst} < L / 167^*$

* vérifier lors de l'instruction d'un Avis Technique, d'un DTA, si cette flèche est compatible avec les déformations des éléments de peau.

A1.2.2 Vérification ELS

La flèche du chevron « W_{inst} » peut se calculer selon la formule ci-dessous. Le calcul est mené de manière analytique selon un calcul standard de poutre droite uniformément chargé en appui simple sur 5 appuis.

$$W_{inst} = \frac{5 \cdot Q_{kw} \cdot L^4}{384 \times E_d \cdot I} \times 0,485$$

Avec

Q_{kw} : Charge de vent en N/mm

L : Portée du chevron en mm

E_d : Module d'élasticité moyen du bois en flexion axiale en N/mm²

I : Inertie de la section en mm⁴ soit

$$I = \frac{bh^3}{12}$$

Avec

b : largeur de la section du chevron en mm

h : hauteur de la section du chevron en mm

Application aux chevrons supports de bardage mis en œuvre selon l'usage courant

- Entraxe des chevrons $e = 600$ mm,
- Portée des chevrons entre appuis $L = 1350$ mm
- Classe de résistance des bois = C18
- $E_{moy} = 9000$ N/mm² selon la NF EN 338, Soit $E_d = 9000/1,3 = 6923$ Mpa selon EC5-1

La pression de vent maximale appliquée sur la façade est donc (pour une flèche $L/167^{ième}$) :

$$q_{kw} = \frac{384 \times E_d \times I \times L}{5 \times 167 \times e \times L^4 \times 0,485}$$

La pression de vent q_{kw} ci-dessus définit doit être inférieur à la pression de vent appliquée à la façade, définit par la NF EN 1991-1-4 (cf. *Cahier du CSTB 3763*) :

$$q_{kw} < qp_{(ze)} \cdot (C_{pe} - C_{pi})$$

Avec

$qp_{(ze)}$: Pression dynamique de pointe

$(C_{pe} - C_{pi})$: Coefficients de pression

Dans le cadre de ce document, $C_{pi}=0$

À titre d'information, les charges Q_{kw} (Pa) unitaires conduisant à une flèche de 1/167 de la portée 1,35 m, en fonction de la section $\ell \times p$ du chevron et pour un entraxe de 0,60 m, sont données dans le tableau ci-après :

Section standard $\ell \times p$ (mm)	I (cm ⁴)	Q_{kw} (Pa)
40 x 63	83	3 706
63 x 40	34	1 494
63 x 75	221	9 849
75 x 63	156	6 949
75 x 40	40	1 779
75 x 100	625	27 793
100 x 50	104	4 632
199 x 63	415	18 439
100 x 75	352	15 633

ANNEXE 2 - Détermination des caractéristiques mécaniques des pattes destinées à la fixation des chevrons sur la structure porteuse

La convenance d'une attache du point de vue rigidité s'apprécie en fonction de la résistance admissible qu'elle offre :

- D'une part aux charges permanentes dues au poids propre du bardage rapporté ;
- D'autre part aux charges momentanées dues aux effets du vent (pression et dépression).

Les charges latérales (dans le plan du bardage) dynamiques (à la pose) et statiques (en œuvre) ne sont pas prises en considération.

A2.1 Première partie : Résistance admise aux charges verticales permanentes dues à la masse du bardage rapporté

A2.1.1 Appareillage

A2.1.1.1 Généralités

L'appareillage se compose pour l'essentiel d'une machine d'essai de traction de classe 1 conformément à la norme NF EN 10002-2, de capacité minimale 1000 daN, à axe vertical, dont les éléments principaux sont les suivants :

- Une partie inférieure permettant de fixer en situation les attaches supportant le profilé ;
- Une partie supérieure mobile permettant l'accrochage du profilé.

L'une ou les deux parties doivent permettre de par leur conception, un alignement des dispositifs par rapport à l'axe de chargement.

A2.1.1.2 Description du dispositif d'essai

La partie inférieure du dispositif se compose d'un bâti rigide fixé sur le plateau inférieur de la machine d'essai et dont le retour vertical permet la fixation des attaches (pattes équerres ou étrier).

Des trous oblongs permettent de régler l'écartement entre pattes équerres ainsi que la position des fixations des équerres dans leur propre trou de fixation oblong.

Des platines en acier d'épaisseur minimale 5 mm et de surface au moins égale à la surface de l'aile d'appui des pattes équerres, percées d'un trou de diamètre égal à celui de la fixation, sont disposées sous les pattes pour obtenir une surface d'appui continue.

Un trou vertical dans l'axe du bâti permet la fixation d'attaches en forme de U (étrier).

La partie supérieure comprend un adaptateur de traction approprié à la section du profilé.

Les déformations peuvent être prises égales aux déplacements de la traverse mobile mais il est préférable de disposer des capteurs de déplacement :

- Soit dans l'axe du profilé (montage avec étrier) ;
- Soit sur l'extrémité de chaque équerre.

A2.1.1.3 Attaches

La nature et les caractéristiques géométriques des attaches sont relevées. Un schéma est joint au rapport d'essai.

A2.1.1.4 Chevron

Les attaches (pattes-équerres ou étrier) sont fixées au bâti support à l'aide de boulons de diamètre adapté au pré-perçage (\varnothing 6 mm minimum) en utilisant les rondelles prévues.

De fait, le chevron est simulé par un tube en acier d'épaisseur minimale 15/10 de section carrée ou rectangulaire.

A2.1.1.5 Fixation

Le type de fixation des attaches sur le profilé doit correspondre à la fixation réellement utilisée dans la pratique. Le fournisseur des fixations doit en indiquer la marque, le type et les caractéristiques géométriques et mécaniques doivent figurer dans le rapport d'essai.

La fixation est montée selon les spécifications du fournisseur de la fixation avec les outils et le couple préconisé ainsi que les diamètres des trous de perçages et préperçages éventuels.

A2.1.1.6 Assemblage

Les attaches asymétriques type patte-équerre sont disposées par groupe de deux en opposition de part et d'autre du profilé pour annuler leur tendance à la rotation.

En fonction du type de fixation, relever le cas échéant :

- Les caractéristiques de réglage des matériels utilisés pour la mise en œuvre des fixations [outil de pose, couple de serrage (vis et boulons), limiteur de serrage (rivet), etc.] ;
- Le diamètre des trous de préperçage.

A2.2.1 Nombre d'éprouvettes

L'essai est réalisé sur 3 assemblages du même type.

A2.2.2 Mode opératoire

Réaliser le montage d'essai conformément à la *figure A2.1*.

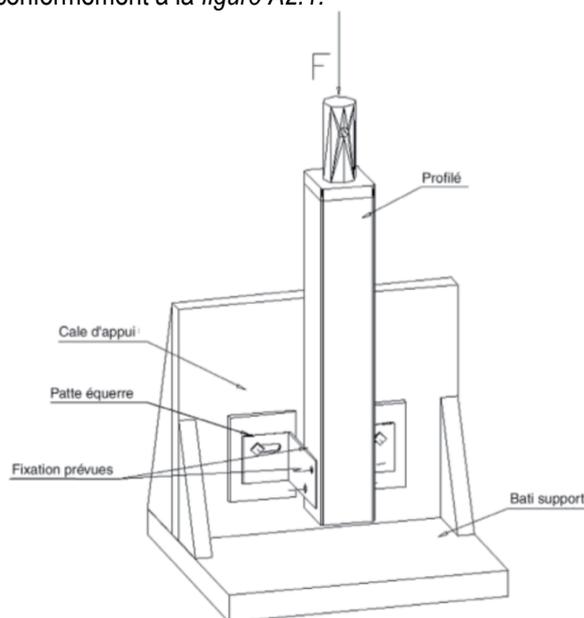


Figure A2.1 – dispositif d'essai

Dans le cas des pattes équerres, le boulon de fixation sur le bâti sera disposé en extrémité du trou oblong la plus éloignée du profilé.

L'attache du mors mobile de la machine de traction, le profilé sur lequel sont fixées les deux pattes-équerres opposées (ou l'étrier) et le ou les capteurs de déplacement sont disposés en alignement droit sur le bâti rigide et indéformable.

Les capteurs sont reliés à un enregistreur graphique permettant de tracer la courbe effort-déformation dont l'allure est donnée ci-après.

Le profilé est soumis à une succession de cycles « aller- retour », la charge en traction croissant de 10 daN en (10 daN avec retour à zéro (charge) entre chaque cycle) (cf. *fig. A2.2*).

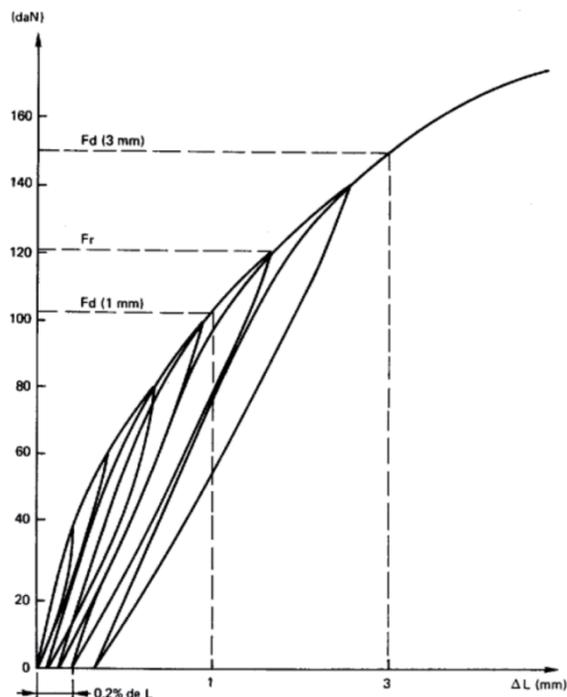


Figure A2.2 – Courbe effort-déformation

Appliquer la charge en réglant la vitesse de chargement de façon à respecter la condition : vitesse constante de charge < 500 daN/mn, de façon que la ruine de l'assemblage intervienne sous effort statique et non par effet dynamique.

Nota : Il n'est pas possible dans un essai de chargement continu de déterminer sur la courbe charge-déplacement, la charge correspondant à la limite de déformation élastique. C'est pourquoi l'essai est réalisé par seuils de charge successivement croissants, avec retours intermédiaires au zéro charge, pour apprécier la valeur de déformation résiduelle caractérisant le dépassement de la limite élastique.

A2.2.3 Expression des résultats

Les attaches sont qualifiées par deux critères, l'un relatif à la contrainte admissible dans le métal, le second relatif à la déformation sous charge.

1er critère :

On note la charge Fr pour laquelle on obtient une déformation résiduelle Δl mesurée en nez de patte, égale à :

$$\Delta l = \frac{0,2 Lx}{100}$$

Lx étant la longueur de la patte

2. critère

On note les charges Fd qui correspondent à des déformations sous charges de 1 mm et 3 mm.

L'essai est effectué sur au minimum 3 montages d'où les deux séries de résultats $Fr1, Fr2, Fr3$ et $Fd1, Fd2$ et $Fd3$.

On appellera résistance caractéristique de la patte, la plus faible des deux valeurs ci-après :

$$R_{cr} = \frac{F_{mr}}{n} \text{ ou } R_{cd} = \frac{F_{md}}{n}$$

F_{mr} : est la plus faible des trois valeurs $Fr1, Fr2, Fr3$.

Fr : Force correspondant à la déformation résiduelle de 0,2 % en nez de patte.

F_{md} : est la plus faible des 3 valeurs d'essais $Fd1, Fd2, Fd3$.

F_d : Force correspondant à une déformation sous charge choisie égale à 1 mm ou 3 mm selon la nature du bardage.

Le facteur n correspond au nombre d'attaches essayées dans le montage considéré soit 2 pour les attaches asymétriques (équerres) et 1 pour les attaches symétriques (étriers).

On appellera performance de la patte, la plus faible des deux valeurs critiques affectées d'un coefficient de sécurité « α » pris égal à 2,25

$$R_{\alpha r} = \frac{R_{cr}}{\alpha} \text{ et } R_{\alpha d} = \frac{R_{cd}}{\alpha}$$

Remarque :

1) Sous réserve d'effectuer un plus grand nombre d'essais (7 minimum et 12 de préférence), les résistances caractéristiques pourront être calculées comme suit :

À partir des n valeurs individuelles F_r et F_d obtenues, on détermine les valeurs moyennes F_{mr} et F_{md} et un écart-type estimé s :

$$F_{mr} = \frac{\sum F_r}{n} \text{ et } s_r = \sqrt{\frac{\sum (F_r - F_{mr})^2}{n-1}}$$
$$F_{md} = \frac{\sum F_d}{n} \text{ et } s_d = \sqrt{\frac{\sum (F_d - F_{md})^2}{n-1}}$$

Les résistances caractéristiques sont déterminées par : $R_{cr} = F_{mr} - 2s_r$ et $R_{cd} = F_{md} - 2s_d$

2) Le coefficient de sécurité retenu ($\alpha = 2.25$) est justifié par le fait que l'essai est réalisé en position de fixation défavorable, que l'on retient la plus faible des trois paires de pattes essayées, et qu'en œuvre, les pattes sont associées sur une longueur de profilé ce qui a pour effet de répartir les efforts (premier coefficient de 1,5).

Deuxièmement, pour tenir compte de ce que les pattes risquent de supporter des charges différentes selon leur position, la charge maximale estimée pouvant être reprise en œuvre par la patte la plus défavorisée est majorée par application d'un coefficient supplémentaire de 1,5.

3) Une déformation sous charge de 1 mm correspond à des ouvrages de bardage avec raboutage de chevrons dans le cas notamment des peaux à faible emboîtement (dalles rainurées). Cette déformation admissible sous charge verticale est indiquée dans l'Avis Technique (ou DTA) du bardage rapporté.

4) Pour les ouvrages traditionnels de bardages à recouvrement, qu'il est souhaitable de poser sur chevrons non raboutés de longueurs usuelles, une déformation sous charge de 3 mm des pattes peut être acceptée.

A2.2 Deuxième partie : Résistance admissible aux charges horizontales momentanées dues à la dépression

A2.2.1 Résistance

Résistance admissible selon NV 65 modifiées (sous VENT NORMAL) ou valeur de calcul à l'état limite de service au sens de l'EC1 P1-4 +AN aux charges horizontales momentanées dues à la dépression

A2.2.1.1 Appareillage

Les prescriptions du *paragraphe 1* de la première partie sont également applicables à cet essai réalisé à l'aide du dispositif représenté en *figure A2.3*.

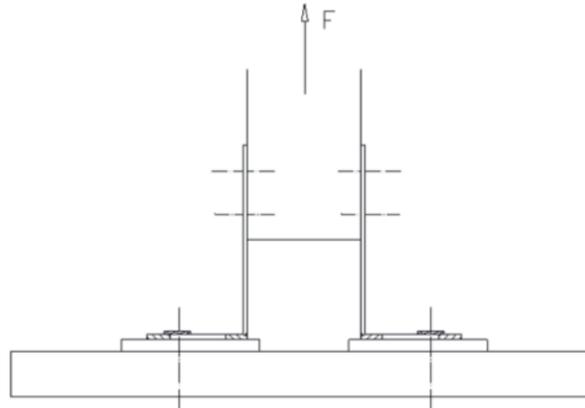


Figure A2.3

A2.2.2 Nombre d'éprouvettes

L'essai est réalisé sur 3 assemblages du même type.

A2.2.3 Mode opératoire

Sur l'embase fixe de la machine d'essai de traction, on dispose le bâti permettant la fixation des pattes sur leur aile d'appui côté structure porteuse conformément à la *figure A2.3*.

Cette fixation est constituée par un boulon du diamètre (pouvant être de $\varnothing 6$) correspondant à la largeur du trou ovalisé prévu en aile d'appui de la patte et disposé en l'extrémité la plus éloignée de l'autre aile.

L'aile d'appui de la patte sur la structure porteuse est fixée au bâti fixe et indéformable par boulonnage traversant ($\varnothing 6$), le boulon étant disposé en extrémité du trou ovalisé, la plus éloignée de l'aile.

L'autre aile d'appui de la patte est fixée sur un tube métallique solidaire du mors mobile, lequel mors doit être monté sur rotule. Un capteur de force et un capteur de déplacement sont associés au mors mobile.

Après éventuelle mise en place et remise à zéro, on soumet les pattes à une succession de 150 cycles « aller-retour », de charge constante F , un cycle « aller-retour » s'effectuant en respectant une vitesse de mise en charge ≤ 500 daN/mn.

On vérifie sur l'enregistrement graphique qu'après les

150 cycles, la déformation résiduelle entraînée par la charge F , est inférieure ou égale à 1 mm.

La valeur la plus exacte de la charge F se détermine par deux ou trois essais d'encadrement. En l'absence d'informations sur la résistance de la patte, on pourra procéder à un essai préalable de chargement progressif avec retour à zéro et prendre comme première valeur de chargement en fatigue une charge égale à $\alpha \times \varphi$, φ étant défini ci-après (*cf. fig. A2.4*).

Cet essai préalable correspond à une succession de cycles « aller-retour », la charge croissant de 20 en 20 daN avec retour à zéro entre deux chargements, chaque cycle chargement-déchargement s'effectuant à la vitesse de 10 mm/mn.

Les capteurs sont reliés à un enregistreur graphique permettant de tracer la courbe effort-déformation dont l'allure est donnée en *figure A2.4*.

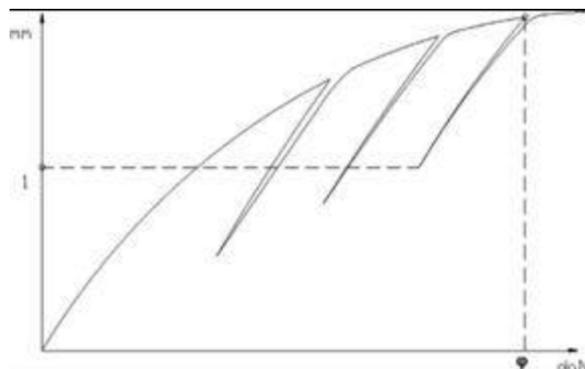


Figure A2.4

On appelle φ la charge pour laquelle on obtient une déformation résiduelle de 1 mm.

On considère qu'en raison de la géométrie des pattes et la nature de l'assemblage réalisé, le sens de l'effort le plus défavorable correspond aux effets de dépression. On admettra donc, bien que les coefficients de pression soient plus élevés (cf. Règles NV 65 modifiées ou Eurocode 1991-1-4 +AN), que les pattes sont qualifiées pour supporter les effets de dépression et pression correspondantes.

A2.2.3.1 Expression des résultats

À partir des premiers cycles de fatigue effectués à la force

$$F = \alpha \cdot \varphi^j$$

en prenant comme première valeur $\alpha = 0,8$, complétés par ajustements successifs (en faisant varier α), on détermine la charge F pour laquelle on obtient à l'issue des 150 cycles, une déformation résiduelle de 1 mm au plus.

L'essai est effectué successivement sur un lot de trois montages identiques d'où les trois résultats F_1 , F_2 et F_3 . On appellera « résistance caractéristique R_c » de la patte, la valeur :

$$R_c = \frac{F_m}{n}$$

Où

F_m est la plus faible des trois valeurs F_1 , F_2 et F_3 .

Le facteur n correspond au nombre d'attaches essayées dans le montage considéré, soit 2 pour les attaches asymétriques (équerres) et 1 pour les attaches symétriques (étriers).

$$R_a = \frac{R_c}{\gamma_M}$$

Où

Le facteur γ_M correspond à un coefficient de sécurité (la valeur modérée de ce coefficient provient de la prise en compte de la fatigue, de la répartition des efforts entre pattes et du rééquilibrage potentiel des pressions de part et d'autre de la peau de bardage) γ_M vaut 2 en cas de vérification avec les NV 65 modifiées et 1,67 en cas de vérification à l'ELS selon l'EC1 P1-4 +AN.

Remarque :

1) Les essais en cycles peuvent être :

- soit entrepris à la suite sur le même montage ayant permis de déterminer la charge F ;
- soit réalisés sur un second montage avec des pattes neuves.

2) La recherche de la valeur de F la plus exacte par ajustement du coefficient α doit être faite au cours des 75 premiers cycles de la série, la valeur F à retenir étant validée par les 75 derniers cycles.

A2.3 Troisième partie : Fiche technique patte-équerre

A2.3.1 Informations à retrouver dans une fiche Technique d'une patte-équerre

La fiche technique du fabricant de la patte-équerre devra, à minima, indiquer les informations suivantes :

- Le nom commercial,
- La date d'édition
- La mention « établie conformément au Cahier du CSTB 3316_V3 » clairement apparente en tête de Fiche Technique
- Géométrie (forme, épaisseur, diamètre des trous...) par un schéma côté ;
- Nature des matériaux et son revêtement anti-corrosion ;
- Application et conformité aux textes de références ;
- Résistances caractéristiques :
 - Vis-à-vis des charges verticales : déterminées conformément au présent Cahier « R_c » à afficher au minimum, avec une note « un coefficient de sécurité* $\alpha = 2,25$ doit être appliqué à la

résistance caractéristique R_c pour obtenir la résistance admissible de la patte-équerre, conformément à l'Annexe 2 du Cahier du CSTB 3316_V3,

- Vis à des charges horizontales : les performances selon les deux référentiels « EC1 P1-4+AN/NV65 mod ».

La méthode de dimensionnement complète du système (panneaux, ossature, nombre d'appuis...) décrite dans le Cahier du CSTB 3316_V3 est à prendre en compte.

ANNEXE 3 - Performances du liteau bois de section courante

A3.1 Généralités

Les liteaux doivent être :

- Soit de classe mécanique minimale C18 suivant la NF EN 338 ;
- Soit pour les sections supérieures à 2200 mm² avec les deux dimensions supérieures à 22mm classement ST III suivant NF BP52-001-1
- Soit pour les sections inférieures à 2200 mm², avoir une masse volumique moyenne supérieure à 380 kg/m³ et sur leurs faces ne sont admis que les nœuds dont le diamètre est inférieur à 1/3 de la somme des dimensions des deux faces.

Dans le cas des bardages rapportés posés sur liteaux bois, l'usage est d'utiliser des liteaux de section ($\ell \times e$) 40 × 14 mm venant se fixer sur un réseau vertical de chevrons répartis selon un entraxe de 60 cm.

Cas d'une approche aux contraintes admissibles :

- Ce liteau prend dans le plan horizontal une flèche égale à 1/100 de la portée soit 6 mm sous une charge continue de 536 N/m.

En effet, sous charge horizontale :

$$I = (\ell \times e^3)/12 = (4 \times 1,43)/12 = 0,915 \text{ cm}^4$$

Pour le bois de liteau, on peut prendre, à l'instar du bois de chevron, la valeur

$$E = 8000 \text{ MPa} = 8.109 \text{ Pa}$$

La charge unitaire exprimée par cm linéaire et conduisant à une flèche de 6 mm en pose sur au moins 5 appuis est égale à :

$$\begin{aligned} q \text{ (N/m)} &= (384 \times EI \times f)/(2,425 \times L^4) \\ &= (384 \times 8.10^9 \times 0,915 \times 6.10^{-3}) / (2,425 \times 60^4) \\ &= 536 \text{ N/m} \end{aligned}$$

soit $q \text{ (N/m)} = 536$

Dans le cas où l'entraxe des liteaux est de 20 cm, ce qui conduit à 5 m/m₂, la charge précédente correspond à une pression ou une dépression due aux actions de vent de valeur :

$$\begin{aligned} V &= 536/0,20 \text{ (N/m}_2\text{)} \\ &= 2680 \text{ N/m}_2 \end{aligned}$$

$V = 2680 \text{ Pa}$

- Ce liteau prend, dans le plan vertical, une flèche égale au 1/300 de la portée, soit 2 mm sous une charge continue de 145,9 daN/m.

En effet, sous charge verticale :

$$I = (e \times \ell^3)/12 = (1,4 \times 4^3)/12 = 7,466 \text{ cm}^4$$

En prenant $E = 8000 \text{ MPa}$ (8.10^9 N/m_2)

La charge unitaire exprimée par cm linéaire et conduisant à une flèche de 0,2 cm (2.10^{-3} m) en pose sur au moins 5 appuis, est égale à :

$$\begin{aligned} q \text{ (N/m)} &= (384 \times EI \times f)/2,425 \times L^4 \\ &= (384 \cdot 8.10^9 \times 7,466 \times 6.10^{-3})/2,425 \times 60^4 \\ q &= 1459 \end{aligned}$$

soit $q \text{ (daN/m)} = 145,9$

Dans le cas où l'entraxe des liteaux est de 20 cm, ce qui conduit à 5 m/m₂. La charge précédente correspond à une masse au m₂ de peau de valeur égale à :

$$M = 145,9 \times 5 = 729 \text{ daN/m}^2$$

Remarque importante :

Pour des bois de faible section (inférieures à 2200 mm²), il est difficile de trouver des scieurs garantissant la classe C18 par classement mécanique.

On peut donc se trouver avec des bois dont la section résistance peut être réduite d'un quart. En considérant que cette réduction de la section peut affecter sur la longueur de la lisse tant l'épaisseur (profondeur) e que la largeur vue, la reprise des charges admissibles serait réduite comme suit :

- Vis-à-vis des charges horizontales

$$I = \frac{l \cdot e^3}{12} = \frac{4 \cdot (1,4 \cdot 0,75)^3}{12} = 0,386 \text{ cm}^4$$

$$q = \frac{536 \cdot 0,386}{0,915} = 226 \text{ N/m}$$

$$V = \frac{q}{0,2} = \frac{226}{0,2} = 1\,130 \text{ N/m}^2$$

(au lieu de 2680 Pa, valeur de la section pleine)

- Vis-à-vis des charges verticales (poids propre)

$$I = \frac{l \times e^3}{12} = \frac{14 \times (4 \times 0,75)^3}{12} = 3,15 \text{ cm}^4$$

$$q = 1459 \times \frac{3,15}{7,455} = 6,15,6 \text{ N/n}$$

$$V = \frac{q}{0,2} = \frac{615,6}{0,2} = 3080 \text{ N/m}^2$$

(au lieu de 7290 N/m² en section pleine)

Cas d'une approche aux Etats Limites

- Ce liteau prend dans le plan horizontal une flèche égale à :
- 1/83 de la portée, selon Eurocode 1 P1-4+AN, soit 7,2 mm sous une charge continue de 555 N/m.

En effet, sous charge horizontale :

$$I = (l \times e^3)/12 = (4 \times 1,4^3)/12 = 0,915 \text{ cm}^4$$

Pour le bois de liteau, on peut prendre, à l'instar du bois de chevron, la valeur

$$E_m = 9000 \text{ MPa} = 9.10^9 \text{ Pa selon NF EN 338}$$

$$E_d = E_m/g_M = 9.10^9/1,3 = 6,9.10^9 \text{ Pa}$$

Dans le cas d'une approche avec une flèche ELS selon l'Eurocode 1 P1-4+AN, la charge unitaire exprimée par cm linéaire et conduisant à une flèche de 7,2 mm en pose sur au moins 5 appuis est égale à :

$$\begin{aligned} q(\text{N/m}) &= (384 \times E_d \cdot l \times f) / (2,425 \times L^4) \\ &= (384 \times 6,9.10^9 \times 0,915 \times 7,2.10^{-3}) / (2,425 \times 60^4) \\ &= 555 \text{ N/m} \end{aligned}$$

soit $q(\text{N/m}) = 555$

Dans le cas où l'entraxe des liteaux est de 20 cm, ce qui conduit à 5 m/m², la charge précédente correspond à une pression ou une dépression due aux actions de vent de valeur :

$$\begin{aligned} V &= 555/0,20 \text{ (N/m}^2\text{)} \\ &= 2775 \text{ N/m}^2 \end{aligned}$$

$V = 2775 \text{ Pa}$

- Ce liteau prend, dans le plan vertical, une flèche égale au 1/300 de la portée, soit 2 mm sous une charge continue de 125,9 daN/m.

En effet, sous charge verticale :

$$I = (e \times \ell_3)/12 = (1,4 \times 4_3)/12 = 7,466 \text{ cm}^4$$

En prenant $E_m = 9000 \text{ MPa} = 9.10^9 \text{ Pa}$ selon NF EN 338

$$Ed = E_m/g_M = 9.10^9/1,3 = 6,9.10^9 \text{ Pa}$$

La charge unitaire exprimée par cm linéaire et conduisant à une flèche de 0,2 cm (2.10^{-3} m) en pose sur au moins 5 appuis, est égale à :

$$\begin{aligned} q \text{ (N/m)} &= (384 \times E_d \times f)/2,425 \times L_4 \\ &= (384 \cdot 6,9.10^9 \times 7,466 \times 2.10^{-3})/2,425 \times 60_4) \\ q &= 1259 \end{aligned}$$

soit $q \text{ (daN/m)} = 125,9$

Dans le cas où l'entraxe des liteaux est de 20 cm, ce qui conduit à 5 m/m₂. La charge précédente correspond à une masse au m₂ de peau de valeur égale à :

$$M = 125,9 \times 5 = 629 \text{ daN/m}$$

Remarque importante :

Pour des bois de faible section (inférieures à 2200 mm²), il est difficile de trouver des scieurs garantissant la classe C18 par classement mécanique.

On peut donc se trouver avec des bois dont la section résistance peut être réduite d'un quart.

En considérant que cette réduction de la section peut affecter sur la longueur de la lisse tant l'épaisseur (profondeur) e que la largeur vue, la reprise des charges serait réduite comme suit :

- Vis-à-vis des charges horizontales, selon Eurocodes 1 P1-4+AN :

$$I = \frac{l \cdot e^3}{12} = \frac{4 \cdot (1,4 \cdot 0,75)^3}{12} = 0,386 \text{ cm}^4$$

$$q = \frac{555 \cdot 0,386}{0,915} = 234 \text{ N/m}$$

$$V = \frac{q}{0,2} = \frac{234}{0,2} = 1170 \text{ N/m}^2$$

$$I = \frac{l \cdot e^3}{12} = \frac{4 \cdot (1,4 \cdot 0,75)^3}{12} = 0,386 \text{ cm}^4 \quad q = \frac{555 \cdot 0,386}{0,915} = 197 \text{ N/m} \quad V = \frac{q}{0,2} = \frac{226}{0,2} = 985 \text{ N/m}^2$$

(au lieu de 2775 Pa, valeur de la section pleine)

- Vis-à-vis des charges verticales (poids propre)

$$I = \frac{l \cdot e^3}{12} = \frac{4 \cdot (1,4 \cdot 0,75)^3}{12} = 0,386 \text{ cm}^4$$

$$q = 1259 \cdot \frac{3,15}{7,466} = 531 \text{ N/m}$$

$$V = \frac{q}{0,2} = \frac{531}{0,2} = 2655 \text{ N/m}^2$$

(au lieu de 6290 N/m₂ en section pleine)

ANNEXE 4 - Résistance des fixations dans les chevrons

A4.1 Première partie : Détermination de la résistance à l'arrachement d'une fixation mécanique dans un chevron de bardage rapporté

La NF P30-310 permet de déterminer la résistance à l'arrachement d'une fixation mécanique dans un chevron de bardage rapporté. Indiquer les paramètres des fabricants fixations.

A4.2 Deuxième partie : Vérification des efforts de cisaillement sur la ou les vis de blocage et pour d'une longueur de patte-équerre de 300mm maximum

A4.2.1 Les efforts de cisaillement repris par les fixations, vis sont fonction du poids propre du bardage et de l'effet de levier résultant de la géométrie de la patte (cf. fig. A4.2.1).

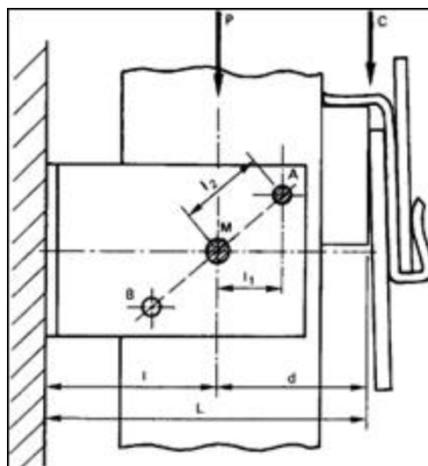


Figure A4.2.1

A4.2.1.1 Application numérique.

A4.2.1.1.1 Bardage léger

- Épaisseur d'isolant = 160 mm
- Lame d'air ventilée = 20 mm
- Ardoises de fibres-ciment posées au crochet sur liteaux 40 × 14 mm
- Densité des pattes de fixation = 1,25 pattes/m²
- Poids de chevron : 2 daN/m²
- Poids des bardeaux : 8 daN/m²

d'où un poids total de 10 daN/m², soit par patte :

$$10 \text{ daN}/1,25 = 8 \text{ daN}$$

Le point d'application de cette charge est considéré en P (fig. A.5-1), soit P = 8 daN.

En considérant le point M où est vissé le tire-fond, comme une articulation, la force s'appliquant en cisaillement sur la fixation en A prend pour valeur Fc,

$$F_{\text{calcul}} = P l/l_2 \text{ tirée de } P l = l_2 F_{\text{calcul}}$$

Avec :

$$l = 185\text{mm et } l_2 = 25\text{ mm}$$

$$F_c = 8 \times 185/25 = 59,2\text{daN (soit environ } 60\text{daN)}$$

Compte tenu de ce qu'une patte peut être amenée à supporter davantage que la charge théorique moyenne, il y a lieu d'appliquer un coefficient pris égal à 1,5 ; la force de cisaillement F_{calcul} devient donc $F_{\text{reel}} = 60 \times 1,5 = 90$ daN.

La résistance admissible **deux** vis $\varnothing = 4,5$ mm, $R_a = 69 \times 2$ ou 73×2 daN peuvent suffire (cf. *tableau 1 § 2.2.4.2.1*).

A4.2.1.1.2 Bardage lourd

En gardant la même configuration pour un bardage avec dalles de mortier rainurées sur chants et posées sur lisses métalliques, les cotes de l'exemple précédent sont pratiquement identiques :

- Poids des chevrons : 2 kg/m^2
- Poids des dalles : 28 kg/m^2
- Charge appliquée en C = $28 + 2 = 30\text{ daN/m}^2$ soit, pour une patte :

$$30/1,25 = 24\text{ daN}$$

- Charge en P = C = 24 daN
- Effort de cisaillement en A :

$F_{\text{calcul}} = P \cdot l/l_2 = 2P$ soit $F_{\text{calcul}} = 88,8\text{ daN}$ (environ 90daN)

Par application du facteur 1,5 explicité dans l'exemple précédent, il vient :

$$F_{\text{reel}} = 90\text{ daN} \times 1,5 = 135\text{ daN}$$

Dans ce cas, on vérifie que **deux** vis $\varnothing = 4,5 \times 45$ mm ($R_a = 73 \times 2$ daN) pourrait bien satisfaire.

ANNEXE 5 - Éléments de calcul thermique

Le calcul du coefficient de transmission thermique surfacique U_p s'effectue selon le fascicule 4 (Parois Opaques) des règles Th-U, édition sept. 2015, d'après la formule suivante :

$$U_p = U_c + \sum_i \frac{\psi_i}{E_i} + n \cdot \chi_j$$

Avec :

U_c est le coefficient de transmission thermique surfacique en partie courante, exprimé en $W/(m^2.K)$ et calculé à partir de la formule suivante :

$$U_c = \frac{1}{\sum \frac{e_i}{\lambda_i} + 2R_{si}}$$

Où

$\sum \frac{e_i}{\lambda_i}$ la somme des résistances thermiques des couches de matériaux homogènes situées en partie courante.

Nota : Dans le cas d'un bardage ventilé, la résistance thermique du bardage n'est pas prise en compte et la résistance thermique superficielle extérieure est remplacée par la résistance thermique superficielle intérieure. $R_{se} = R_{si} = 0,13 \text{ m}^2.K/W$.

ψ_i est le coefficient de transmission thermique linéique du pont thermique intégré i , dû au chevron, en $W/(m.K)$.

E_i est l'entraxe du pont thermique linéique i , en m.

n est le nombre de ponts thermiques ponctuels par m^2 de paroi.

χ_j est le coefficient de transmission thermique ponctuel du pont thermique intégré j , dû à la patte-équerre en W/K .

Les coefficients ψ et χ doivent être déterminés par simulation numérique conformément à la méthode donnée dans les règles Th-Bât, fascicule Ponts thermiques. En absence de valeurs calculées numériquement, les valeurs par défaut données ci-dessous, peuvent être utilisées.

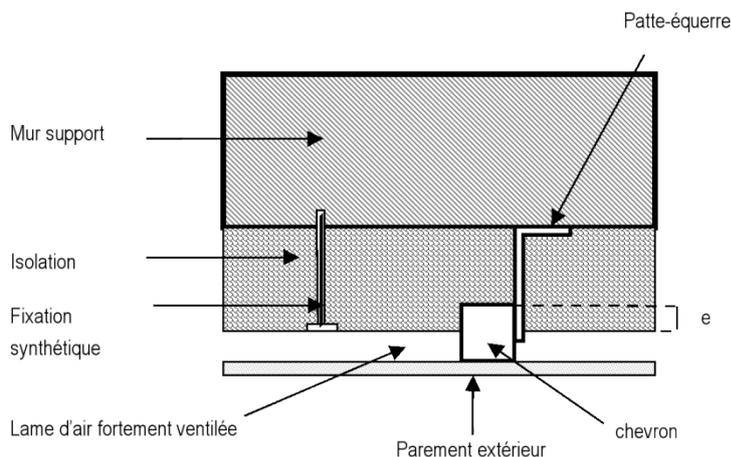


Figure A5.1 – Principe du bardage rapporté (coupe horizontale)

A5.1 Hypothèses

Les valeurs par défaut des coefficients de déperdition linéique ψ (W/(m.K)) et ponctuelle χ (W/K) données ci-après, sont valables dans le cadre des hypothèses suivantes :

- Mur support : Béton, maçonnerie courante
- Isolants thermiques : $0,029 \leq \lambda \leq 0,05$ W/(m.K)
- Patte-équerre : acier
- Montant : chevron (section rectangulaire $\leq 80 \times 80$ mm)
- Epaisseur d'isolant traversée par le chevron : $e \leq 60$ mm
- Isolant fixé ponctuellement par des fixations synthétiques (ex. : plastique) sans éléments métalliques

A5.2 Valeurs par défaut

Coefficient χ des pattes-équerres en W/K		
Chevron bois avec patte en acier		
Epaisseur isolation	Section transversale des pattes-équerres au niveau de l'isolant	
	100 mm ²	450 mm ²
50 mm	0,020	0,053
100 mm	0,018	0,050
200 mm	0,014	0,045
250 mm	0,012	0,041
300 mm	0,011	0,038
Valeurs calculées pour e=60 mm		

Interpolations linéaires possibles

Extrapolations linéaires possibles pour des sections de pattes-équerres ≤ 600 mm² et pour des épaisseurs d'isolant ≤ 400 mm.

Toutes épaisseurs d'isolant	Coefficient χ des chevilles synthétiques en W/K
	Valeur de l'ATE ou par défaut 0,002

Coefficient Ψ des ponts thermiques linéaires en W/m.K		
Epaisseur isolation	Chevron bois	Profilé métallique de fractionnement
50 mm	0,015	1,06
100 mm	0,012	1,00
200 mm	0,007	0,85
250 mm	0,005	0,80
300 mm	0,002	0,75

Interpolations et extrapolations linéaires possibles pour des épaisseurs d'isolant comprises entre 50 et 400 mm.

A5.3 Exemple du calcul du coefficient U_p pour un bardage en bois

Description de la paroi :

- Mur en béton d'épaisseur = 180 mm
- Chevrons en bois

- Entraxe horizontal des montants = 600 mm
- Entraxe vertical des pattes-équerres = 1350 mm
- Patte-équerre en acier, section = 100 mm²
- Première couche d'isolant derrière montants : e₁ = 90 mm, λ₁ = 0,04 W/(m.K)
- Deuxième couche d'isolant entre montants : e₂ = 60 mm, λ₂ = 0,04 W/(m.K)
- Pas de profilé de fractionnement de la lame d'air

Calcul du coefficient de transmission U_p :

$$U_p = U_c + \sum_i \frac{\psi_i}{E_i} + n \cdot \chi_j$$

$$U_c = 1/(0,26 + (0,15/0,04) + (0,18/2)) = 0,244 \text{ W/(m}^2\text{.K)}$$

$$\psi : (\text{chevron bois}) = 0,01 \text{ W/(m.K)}$$

$$\chi : (\text{patte-équerre acier}) = 0,016 \text{ W/K}$$

$$n = 1/(0,6 \times 1,35) = 1,2 \text{ patte/m}^2$$

$$U_p = 0,244 + \frac{0,01}{0,6} + 1,2 \times 0,016 = 0,28 \text{ W/(m}^2\text{.K)}$$

ANNEXE 6 - Définition des atmosphères extérieures Protection contre la corrosion des pattes-équerres et lisses en métal

A6.1 Objet

Cette annexe a pour objet de définir les atmosphères extérieures et les protections correspondantes selon la nature des matériaux exposés en se basant sur les indications de la norme NF P24-351. Elle renseigne également sur la compatibilité électrochimique.

A6.2 Atmosphères extérieures directes (E11 à E19)

A6.2.1 Atmosphère rurale non polluée : E₁₁

Milieu correspondant à l'extérieur des constructions situées à la campagne en l'absence de source de corrosion particulière, par exemple : retombées de fumée contenant des vapeurs sulfureuses.

A6.2.2 Atmosphère normale urbaine ou industrielle : E₁₂

Milieu correspondant à l'extérieur des constructions situées dans des agglomérations petites ou moyennes et/ou dans un environnement industriel comportant une ou plusieurs usines produisant des gaz et des fumées créant un accroissement de la pollution atmosphérique sans être source de corrosion due à la forte teneur en composés chimiques.

A6.2.3 Atmosphère sévère urbaine ou industrielle : E₁₃

Milieu correspondant à l'extérieur des constructions situées dans des agglomérations importantes et/ou dans un environnement industriel.

Par rapport à l'atmosphère décrite au § A.2.2, l'accroissement de l'agressivité est dû à la présence de composés chimiques, continue ou intermittente sans être à forte teneur et sans être source de corrosion importante.

A6.2.4 Atmosphères marines

A6.2.4.1 Atmosphère des constructions situées entre 10 et 20 km du littoral : E₁₄

A6.2.4.2 Atmosphère des constructions situées entre 3 et 10 km du littoral : E₁₅

A6.2.4.3 Bord de mer : E₁₆

Moins de 3 km du littoral, à l'exclusion des conditions d'attaque directe par l'eau de mer et les embruns (front de mer).

A6.2.5 Atmosphères mixtes

A6.2.6.1 Atmosphère mixte normale : E₁₇

Milieu correspondant à la concomitance de l'atmosphère marine de bord de mer E₁₆ et de l'atmosphère normale urbaine ou industrielle E₁₂.

A6.2.6.2 Atmosphère mixte sévère : E₁₈

Milieu correspondant à la concomitance de l'atmosphère marine de bord de mer E₁₆ et de l'atmosphère sévère urbaine ou industrielle E₁₃.

A6.2.6.3 Atmosphère agressive : E19

Milieu où la sévérité des expositions décrites précédemment est accrue par certains effets tels que :

- Corrosivité très importante ;
- L'abrasion ;
- Les températures élevées ;
- Les hygrométries élevées ;
- Les dépôts de poussière importants ;
- Les embruns en front de mer ;
- etc.

A6.3 Atmosphères extérieures protégées et ventilées (E21 à E29)

Milieus correspondants à celui d'une lame d'air (ou volume d'air) ventilée, selon définition de la norme P28-002 (NF DTU 33.1) à l'intérieur d'un bardage de type IV ou XIV, en excluant l'intérieur d'un profilé tubulaire même ventilé. Le comportement esthétique des surfaces considérées en elles-mêmes, dans un tel milieu, n'est pas pris en compte puisque non vu de l'extérieur des constructions.

Nota : Il est rappelé que dans un mur de type IV ou XIV, la paroi extérieure assure l'étanchéité à la pluie.

Remarque 1 :

Selon le classement du bardage vis-à-vis de l'étanchéité à la pluie (types XIII et III ou types XIV et IV) et en fonction de leur disposition dans l'ouvrage de bardage, les montants (porteurs verticaux ou lisses horizontales) pourront être considérés exposés en atmosphère extérieure directe (A.2) ou en atmosphère extérieure protégée et ventilée (A.3). Cette dernière atmosphère sera toujours celle considérée pour les pattes de fixation des montants porteurs au gros-œuvre (cf. § 2.6).

Remarque 2 :

Dans les différents tableaux de cette annexe, donnant les gammes de traitements utilisables, le symbole E.S. Etude Spécifique indique que dans ce cas, l'appréciation définitive ou le choix d'un revêtement plus performant ou la définition de dispositions particulières doivent être arrêtés après consultation et accord du fabricant.

Les tableaux suivants présentent les guides de choix (l'Avis Technique ou DTA précisera l'atmosphère extérieure à préciser) :

Tableau A6.1 - Acier - Galvanisation à chaud (par trempage) sur produits finis ou semi-finis

Atmosphères extérieures directes (1)								
E11	E12	E13	E14	E15	E16	E17	E18	E19
Rurale	Urbaine ou industrielle		Marine			Mixte		Agressive
	Normale	Sévère	10 < d < 20 km	3 < d < 10 km	d < 3 km	Normale	Sévère	
(2)	(2)	395 g/m ²	(2)	(2)	395 g/m ²	395 g/m ²	395 g/m ²	E.S.
Atmosphères extérieures protégées et ventilées (1)								
E21	E22	E23	E24	E25	E26	E27	E28	E29
Idem E11	Idem E12	Idem E13	Idem E14	Idem E15	Idem E16	Idem E17	Idem E18	Idem E19

d = distance de la construction au littoral en km

E.S. Etude Spécifique

Spécifications du traitement de galvanisation en § 5.1.1.2 de la norme NF P24-351 (en référence à la norme NF EN ISO 1461).

1. Définies aux § A6.2 et A6.3 de la présente annexe.

2. Masses locales minimales de revêtement.

250 g/ m ²	(35 µm)	pour acier	⇒	< 1,5 mm	
Simple face	325 g/m ²	(45 µm)		pour acier	⇒ ≥ 1,5 mm < 3,0 mm
	395 g/ m ²	(55 µm)		pour acier	⇒ ≥ 3,0 mm < 6,0 mm

Tableau A6.2 - Acier de construction revêtu en continu par immersion à chaud

Atmosphères extérieures directes								
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
Z 350 ou ZM 175* ou ZA 300 ou AZ 185*	Z 350 ou ZM 175* ou ZA 300 ou AZ 185*	E.S	Z 450 ou ZM 200* ou AZ 185*	AZ 185* ou E.S	E.S	E.S	—	E.S
Atmosphères extérieures protégées et ventilées								
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
Z 275 ou ZM 120* ou ZA 255 ou AZ 185*	Z 275 ou ZM120* ou ZA 255 ou AZ 185*	E.S	Z 275 ou ZM 120* ou ZA 255 ou AZ 185*	Z 350 ou ZM175* ou ZA 300 ou AZ 185*	Z 450 ou ZM 200* ou AZ 185*	E.S	—	E.S

E.S. = Etude Spécifique.

1. Définies aux § A6.2 et A6.3 de la présente annexe.

Z 275 = 275 g/m² double face ≅ 20 µm/face

Z 350 = 350 g/ m² double face ≅ 25 µm/face

Z 450 = 450 g/ m² double face ≅ 32 µm/face

* Les revêtements « ZM » et « AZ » doivent faire l'objet d'une ETPM en cours de validité.

Tableau A6.3 - Acier – Revêtements prélaqués

Catégorie de revêtement selon norme NF P34-301	Atmosphères extérieures directes								
	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
Face recto*	III	III	E.S	III	IV	V	E.S	VI	E.S
Face verso**	III	III	E.S	III	IV	V	E.S	E.S	E.S
Catégorie de revêtement selon norme NF P34-301	Atmosphères extérieures protégées et ventilées								
	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
Face recto*	III	III	E.S	III	III	V	E.S	IV	E.S
Face verso**	II	II	E.S	II	IV	V	E.S	E.S	E.S

(*) : Correspond à la face directement en contact avec l'élément de bardage.
(**) : Correspond à la face côté lame d'air ventilée.
E.S. = Etude Spécifique

Tableau A6.4 - Aluminium – Brut ou anodisé (*)

Atmosphères extérieures directes (1)								
E11	E12	E13	E14	E15	E16	E17	E18	E19
Rurale	Urbaine ou industrielle		Marine			Mixte		Agressive
	Normale	Sévère	10 < d < 20 km	3 < d < 10 km	d < 3 km	Normale	Sévère	
AA15	AA15	AA15	AA15	AA15	AA15	AA20	AA20	E.S.
Atmosphères extérieures protégées et ventilées (1)								
E21	E22	E23	E24	E25	E26	E27	E28	E29
Pas de nécessité de protection particulière								E.S.

d = distance de la construction au littoral en km.

E.S. = Etude Spécifique.

1. Définies aux § A6.2 et A6.3 de la présente annexe.

(*) Conservation d'aspect uniquement.

Les symboles des classes d'épaisseur d'anodisation sont ceux de l'ancienne norme NF A 91-450 :

- AA 15 = 15 µm d'épaisseur moyenne minimale
- AA 20 = 20 µm d'épaisseur moyenne minimale

Tableau A6.5 - Acier inoxydable

Atmosphères extérieures directes (1)									
Nuance d'acier	E11	E12	E13	E14	E15	E16	E17	E18	E19
	Rurale	Urbaine ou industrielle		Marine			Mixte		Agressive
		Normale	Sévère	10 < d < 20 km	3 < d < 10 km	d < 3 km	Normale	Sévère	
(3)	■	■	○	■	■	○	○	–	–
(5)	■	■	○	■	■	■	■	○	○
Atmosphères extérieures protégées et ventilées (1)									
	E21	E22	E23	E24	E25	E26	E27	E28	E29
(3)	■	■	■	■	■	■	■	○	○
(5)	■	■	■	■	■	■	■	■	○

d = distance de la construction au littoral en km.

* Ce tableau est établi pour les aspects à rugosité du type 2D, 2B, 2R, 2K, 2P définis dans la norme NF EN 10088-2.

■ Nuance adaptée ○ Étude spécifique – Non adapté.

(1) Définies aux § A6.2 et A6.3 de la présente annexe.

(3) Nuance X5 Cr Ni 18-10 (ancienne CN 18-09).

(5) Nuance X2 Cr Ni Mo 17-12-2 (ancienne Z3 CND 17-12-02).

Tableau A6.6 - Compatibilités électrochimiques - Matériaux de fixation (vis, rivets ...)

Matériaux Constituants de l'ossature	Atmosphères types	Alliages d'alu	Acier revêtu de zinc	Acier inox	Alliages de cuivre-zinc	Alliages Nickel-cuivre
Aluminium Alliages d'aluminium (Cu < 1 %)	E 21 E 22 E 24- E 25	■ ■ ■	– – –	■ ■ ○	○ ○ –	■ ■ ■
Aluminium et Alliages d'alu anodisés	E 21 E 22 E 24 - E 25	■ ■ ○	○ – –	■ ■ ■	○ ○ –	■ ■ ■
Acier zingué	E 21 E 22 E 24 - E 25	■ ■ ■	■ ■ ■	■ ■ ■	■ ■ ○	■ ■ ■
Acier inoxydable	E 21 E 22 E 24 - E 25	○ – –	– – –	■ ■ ■	○ ○ –	■ ■ ■

■ Compatible.

○ Etude Spécifique.

– Non adapté.

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