

# **Commission chargée de formuler des Avis Techniques**

---

Groupe spécialisé n° 2

Constructions, façades  
et cloisons légères

**Ossature bois et isolation thermique  
des bardages rapportés faisant l'objet  
d'un Avis Technique ou d'un constat de traditionalité**

## **Règles générales de conception et de mise en œuvre**

**Annule et remplace le cahier 2545  
publié dans la livraison 325 des Cahiers du CSTB de décembre 1991**

Le présent document est une révision du document rédigé en 1991 par Paul FALLARD et Jean DOLE, ingénieurs au CSTB, avec la participation d'un groupe de travail issu du Groupe Spécialisé n° 7, alors en charge des ouvrages de bardages rapportés.

La présente édition conserve pour l'essentiel la structure du document initial, et en constitue une mise à jour effectuée à la demande du Groupe Spécialisé n° 2 (voir nota) par un groupe de travail composé de :

M. PREVOST	AFFIX
M. GILLIARD	ETERNIT
M. JOURDAN	G2M/VETISOL SA
M. PRUM	SAFAMA SA
M. REBULARD	SNI
M. TEYSSANDIER	Fédération Panneaux Blois
M. PARADIS	CTBA
M. MICHEL	Bureau VERITAS
M. DENIS	SOCOTEC
MM. ABRAHAM, DOLE et GILLIOT	CSTB

*Nota : Le Groupe Spécialisé n° 2 a repris, depuis fin 1992, le domaine des bardages rapportés, vêtures et vêtements.*

## CD-Atec

### La base de référence sur les produits et procédés innovants

Le CD-Atec est un outil simple et efficace d'information sur l'évolution des techniques et des produits dans le monde de la construction.

**Complet**, il rassemble sur 2 CD-ROM le texte intégral des quelque 2500 Avis techniques en cours de validité, ainsi qu'une base bibliographique étendue à environ 5000 références.

**Pratique**, il permet de multiples possibilités de recherche et d'exploitation des documents :

- en accès direct, sur la base de la référence officielle de l'Avis Technique ;
- en combinant un ou plusieurs critères : Groupe Spécialisé, année de publication, appellation du produit, famille générique, nom du fabricant, nom du titulaire de l'Avis Technique.

**Coffret de 2 CD-ROM, version PC** à commander à la librairie du CSTB (éditions semestrielles).

Visitez le site web du CSTB  
**Http://www.cstb.fr**



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

© CSTB 2001

# Ossature bois et isolation thermique des bardages rapportés faisant l'objet d'un Avis Technique ou d'un constat de traditionalité

## Règles générales de conception et de mise en œuvre

### s o m m a i r e

<b>1. Introduction</b> .....	3	<b>2.3 Bande de protection</b> .....	11
1.1 Objet du document .....	3	2.3.1 Rappel des exigences.....	11
<b>1.2 Définitions</b> .....	3	2.3.2 Présentation.....	11
1.2.1 Bardage rapporté.....	3	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.....	11
1.2.2 Structure porteuse.....	3	<b>2.4 Lisses</b> .....	11
1.2.3 Ossature .....	3	2.4.1 Lisses en bois .....	11
1.2.4 Isolation complémentaire.....	4	2.4.1.1 Nature des bois .....	11
<b>2. Description des constituants de l'ossature et de l'isolation complémentaire</b> .....	5	2.4.1.2 Traitement de préservation des bois .....	11
<b>2.1 Chevrons d'ossature</b> .....	5	2.4.1.3 Dimensions.....	11
2.1.1 Rappel des exigences.....	5	2.4.2 Lisses en métal .....	12
2.1.2 Durabilité .....	5	2.4.2.1 Nature du métal .....	12
2.1.2.1 Nature du bois.....	5	2.4.2.2 Traitement de protection du métal .....	12
2.1.2.2 Traitement de présentation du bois.....	5	2.4.2.3 Dimensions.....	12
2.1.3 Section des chevrons .....	5	2.4.3 Joint de fractionnement.....	12
<b>2.2 Pattes de fixation des chevrons</b> .....	6	<b>2.5 L'isolant</b> .....	12
2.2.1 Rappel des exigences.....	6	<b>2.6 Organes de fixation</b> .....	13
2.2.2 Durabilité .....	7	2.6.1 Organes de fixation de la patte sur la structure porteuse .....	13
2.2.2.1 Nature du métal.....	7	2.6.1.1 Chevilles métalliques.....	13
2.2.2.2 Traitement de protection du métal .....	7	2.6.1.2 Chevilles en matière plastique .....	13
2.2.3 Géométrie des pattes .....	7	2.6.1.3 Résistance de calcul .....	14
2.2.3.1 Rigidité des pattes .....	8	2.6.2 Organes de fixation du chevron sur la patte.....	14
2.2.3.1.1 Charge verticale due au poids propre du bardage rapporté .....	8	2.6.2.1 Fixation par tire-fond.....	14
2.2.3.1.2 Charge orthogonale de dépression due aux actions du vent.....	8	2.6.2.2 Fixation par clous ou vis .....	15
2.2.3.1.3 Charges latérales .....	8	2.6.3 Organes de fixation de l'isolant sur la structure porteuse .....	15
2.2.4 Trous pré-percés en ailes des pattes .....	8	2.6.3.1 Chevilles-étoile .....	15
2.2.4.1 En aile d'appui côté structure porteuse .....	8	2.6.3.2 Equerres-à-dents.....	15
2.2.4.2 En aile d'appui côté chevron.....	9	2.6.3.3 Plots de colle .....	15
2.2.4.2.1 Dimensions et nombre de trous pré-percés .....	9		
2.2.4.2.2 Disposition des trous pré-percés .....	10		

2.6.4	Organes de fixation des lisses sur les chevrons .....	15	3.4.2	Compartimentage horizontal de la lame d'air .....	24
2.6.4.1	Clous spéciaux.....	16	3.4.3	Compartimentage vertical de la lame d'air.....	24
2.6.4.1.1	Description des clous spéciaux.....	16	<b>3.5</b>	<b>Pose de la bande de protection .....</b>	25
2.6.4.1.2	Protection des clous .....	16	<b>3.6</b>	<b>Pose des lisses .....</b>	25
2.6.4.2	Vis à bois .....	16	3.6.1	Entraxe des lisses .....	25
2.6.4.2.1	Description des vis à bois.....	16	3.6.2	Fixation des lisses .....	25
2.6.4.2.2	Protection des vis à bois.....	16	3.6.2.1	Fixation par clouage (cas des lisses bois) .....	25
2.6.4.3	Résistance admissible à l'arrachement des organes de fixation.....	16	3.6.2.2	Fixation par vissage (cas des lisses bois et des lisses métal).....	25
<b>3.</b>	<b>Description de la mise en œuvre des divers constituants .....</b>	18	3.6.3	Raccordement des lisses.....	26
<b>3.1</b>	<b>Pose des pattes .....</b>	18			
3.1.1	Disposition et répartition des pattes.....	18			
3.1.2	Fixation des pattes sur la structure porteuse.....	18			
<b>3.2</b>	<b>Pose de l'isolant .....</b>	19			
3.2.1	Disposition de l'isolant.....	19			
3.2.2	Fixation de l'isolant sur la structure porteuse.....	19			
3.2.2.1	Fixation des panneaux de laine minérale.....	19			
3.2.2.2	Fixation des panneaux de laine minérale à dérouler .....	19			
3.2.2.3	Fixation des plaques d'isolants alvéolaires .....	20			
3.2.2.4	Fixation renforcée des isolants .....	20			
3.2.2.5	Isolation par projection de laine minérale .....	20			
<b>3.3</b>	<b>Pose des chevrons .....</b>	20			
3.3.1	Entraxe des chevrons .....	20			
3.3.2	Fixation des chevrons sur les pattes.....	21			
3.3.3	Raboutage des chevrons.....	22			
3.3.4	Fractionnement.....	22			
3.3.5	Planitude générale des chevrons .....	23			
<b>3.4</b>	<b>Aménagement de la lame d'air .....</b>	23			
3.4.1	Dispositions générales .....	23			
			<b>Annexes</b>		
			<b>1</b>	Charges dues au vent entraînant, pour les chevrons de section courante, une flèche égale à 1/200 de la portée entre fixations espacées de 1,35 m .....	28
			<b>2</b>	Détermination des caractéristiques mécaniques des pattes destinées à la fixation des chevrons sur la structure porteuse.....	29
				Première partie : résistance admissible aux charges verticales permanentes dues à la masse du bardage rapporté .....	29
				Deuxième partie : résistance admissible aux charges horizontales momentanées dues à la dépression .....	31
			<b>3</b>	Performances du liteau bois de section courante 40 x 14 mm .....	33
			<b>4</b>	Résistance des fixations dans les chevrons .....	34
				Première partie : Détermination de la résistance admissible à l'arrachement d'une fixation mécanique dans un chevron de bardage rapport .....	34
				Deuxième partie : Vérification des efforts de cisaillement sur les fixations .....	35
			<b>5</b>	Éléments de calculs thermiques .....	37
			<b>6</b>	Définition des atmosphères extérieures – Protection contre la corrosion .....	38
			<b>Documents de référence .....</b>		43

# 1. Introduction

## 1.1 OBJET DU DOCUMENT

Ce document a pour objet de rappeler les exigences les plus généralement retenues, en ce qui concerne l'ossature bois et l'isolation thermique associée, des bardages rapportés faisant l'objet d'un Avis Technique ou d'un Constat de Traditionalité 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, 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 ressortissant au 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, à base de matériaux nouveaux (mortier de résine, mortier hydraulique armé de fibres de verre, stratifié, lamifié, etc.).

En ce qui concerne le respect des exigences relatives à la sécurité incendie, on se reportera à la réglementation en vigueur et à l'Instruction Technique n° 249.

Le présent document s'applique aux territoires métropolitains, hors zones sismiques. Une application dans les DOM-TOM et/ou en zones sismiques doit faire l'objet de justifications spécifiques.

*Remarque : Les bardages rapportés avec revêtement extérieur en bois sont visés par le DTU 41.2 (NF P 65-210) pour des bâtiments de hauteur jusqu'à 28 m.*

## 1.2 DÉFINITIONS

### 1.2.1 Bardage rapporté

On appelle bardage rapporté le système de revêtement extérieur de parois verticales, composé d'une peau et d'une ossature permettant de rapporter cette peau devant la structure porteuse 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, plaques, 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, rapporté sur le gros œuvre qui assume la dite séparation et auquel l'ouvrage de bardage apporte l'aspect extérieur, 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 ossature porteuse le gros œuvre, lequel doit 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 ou en béton. Pour la réalisation des ouvrages de bardages rapportés sur façades légères ou sur maisons et bâtiments à ossature bois, on peut se référer au *Cahier du CSTB 2383 de janvier 1990* et au DTU 31.2 (référence AFNOR DTU P 21-204).

### 1.2.3 Ossature

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

Le type d'ossature le plus généralement utilisé est celui constitué de chevrons d'une part en bois, d'autre part disposés en réseau vertical. Du moins, seul ce type d'ossature sera présentement considéré.

Ces chevrons verticaux peuvent être solidarisés à la structure porteuse, soit en contact direct, soit le plus souvent à l'aide de pattes « équerres » qui permettent un réglage d'adaptation pour 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**

Depuis de nombreuses années, une isolation complémentaire est le plus souvent associée aux bardages rapportés.

Entre isolation et dos de la peau est toujours ménagée une lame d'air ventilée, qui est en communication avec l'extérieur en rive basse (entrée d'air) et en rive haute (sortie d'air) de chaque partie de façade revêtue par le bardage (présence de baies, recoulements, ...).

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

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. chap. 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 (hygrothermie, 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 (le plus souvent en épicéa ou en pin sylvestre) doivent présenter les caractéristiques minimales suivantes :

- une durabilité correspondant à la classe de risques 2 ou 3 selon la norme NF EN 335-2, suivant le risque d'humidification des chevrons ;
- un classement mécanique correspondant à la classe C 18 selon la norme NF EN 338.

Lors de la livraison, le taux d'humidité des bois doit être au plus égal à 20 % 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 Constat de Traditionalité visant le système considéré.

Les méthodes de mesure de l'humidité des bois sont définies dans les deux projets de normes européennes suivants :

- PR EN 13183-1 : Bois rond et bois sciés – Méthode de mesure de la teneur en humidité : Partie 1 : méthode de détermination de la teneur en humidité d'une pièce de bois (Méthode par dessiccation) ;
- PR EN 13183-2 : Bois rond et bois sciés – Méthode de mesure de la teneur en humidité : Partie 2 : méthode de détermination de la teneur en humidité d'une pièce de bois (Méthode électrique).

#### 2.1.2.2 Traitement de préservation 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 2 de risques biologiques définie par la norme NF EN 335-2 (indice de classement B 50 100-2).

Les bardages à joints de « peau » ouverts exposent les bois d'ossature aux projections et/ou au ruissellement d'eau de pluie : ceux-ci devront alors être protégés par une bande de protection (cf. § 2.3) et/ou être traités au minimum en classe 3 suivant les risques d'humidification, fonction de la largeur des joints ouverts et de l'exposition (site exposé, bord de mer, ...).

**Remarques :**

- La situation du bois en œuvre et les risques biologiques correspondant aux classes 2 et 3 sont précisés dans la norme NF EN 335 (parties 1 et 2).
- Les stations de traitement doivent, sur demande, fournir un certificat de traitement des bois traités.
- Dans les régions termitées, le problème ne concerne pas uniquement la préservation du bois. La lutte contre les termites comporte des mesures complémentaires à la préservation du bois concernant les sols, les fondations, les murs, etc. La protection des ouvrages en région termitée fait l'objet de l'annexe 5 du DTU 31.2 « Constructions de maisons et de bâtiments à ossature bois ».
- 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 (fig. 1).

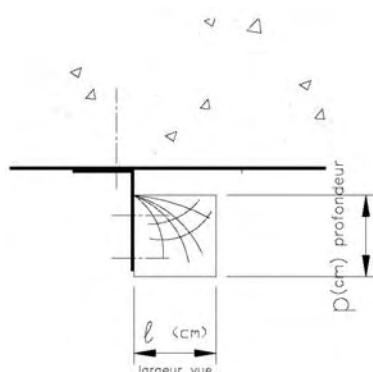


Figure 1

Cette section dont :

- l'élancement transversal  $e$  est égal à  $p/\ell$ ,
- le moment d'inertie  $I$  est égal à  $(\ell \times p^3/12)$  en  $\text{cm}^4$ , 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  $\ell$ , celle-ci doit permettre un appui et une fixation satisfaisant des éléments qu'elle aura à supporter (éléments de peau ou réseau de lisses ou liteaux) compte tenu 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  $\ell$  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, fonction de la nature de l'élément (se reporter le cas échéant à l'Avis Technique), est par exemple au moins égale à 15 mm dans le cas des plaques en fibres-ciment et à 12 mm dans le cas des plaques de stratifié polyester ;
  - 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 :

$$g = n \varnothing \text{ mm}$$

où :

$n = 5$  dans le cas des clous et pointes,

$n = 3$  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  $\ell$  minimale est de 40 mm.

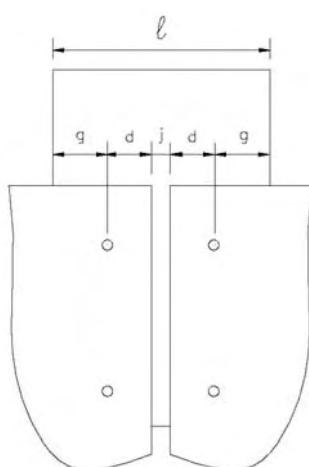


Figure 2

**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 restent généralement, pour des raisons de facilité, identiques à celles du chevron au droit du joint.

- Pour éviter le vrillage des bois, l'élancement transversal  $e = p/\ell$  devra être compris entre 0,5 et 2.
- Compte tenu de la largeur vue  $\ell$  retenue, la profondeur  $p$  du chevron doit être choisie telle que la flèche prise tant en pression qu'en dépression sous vent normal (tel qu'il est défini par les Règles NV et en tenant compte des actions locales majorées), soit inférieure au 1/200 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.
- La non-prise en compte actuelle de l'équilibrage des pressions sur les faces de la peau, en cas de peaux perméables à l'air, conduit à une marge de sécurité vis-à-vis de cette exigence. Sur justifications particulières (difficile à établir en pratique), on pourrait substituer aux charges de vent telles que calculées selon les Règles NV, les charges réellement reprises par les chevrons.
- Quoi qu'il en soit, le tableau donné en annexe 2 permet de constater que les sections commerciales usuelles des chevrons satisfont, en fonction des entraxes les plus habituellement retenus, à la règle du 1/200.
- En tout état de cause, on vérifiera en tant que de besoin lors de l'instruction d'un Avis Technique ou d'un Constat de Traditionalité, si cette flèche de 1/200 est compatible avec les déformations des éléments de peau, compte tenu de l'éventuelle interaction entre peau et ossature, liée au mode de fixation ou de maintien de la peau.

## 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).

## 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 normalement en acier doux de désignation Fe 220G selon la norme NF EN 10147 (indice de classement NF A 36-322) ou DX51D + ZF selon NF EN 10-142.*
- *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.*
- *Lorsque le métal durable retenu est :*
  - *l'aluminium, 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 de la nuance F 17 c'est-à-dire la nuance X6Cr17 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 Sendzimir répondant aux spécifications des normes NF EN 10142 et NF EN 10147 (indice de classement NF A36-321 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 par trempage à chaud), après façonnage conformément à la norme NFA 91-121.

On se reportera à la norme NF P 24-351 pour définir le niveau de protection (Z 275 ou plus) selon la sévérité des expositions, en considérant que de par 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 P 24-351 précitée).

On peut également se reporter à l'annexe 6 du présent document.

## 2.2.3 Géométrie des pattes

Les pattes sont généralement du type cornière en L, obtenu par pliage, et peuvent être renforcées par estampage d'une ou deux nervures en angle, ou par un gousset rapporté.

La petite branche 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'indessérialité de l'assemblage.

Les pattes réglables sont de deux types :

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

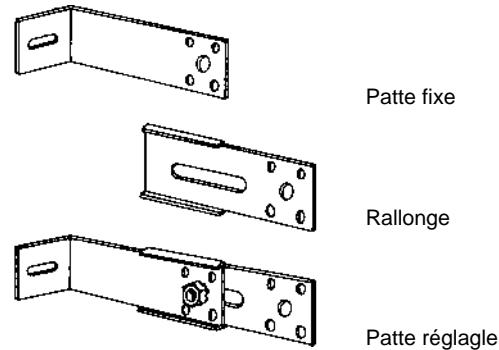


Figure 3a

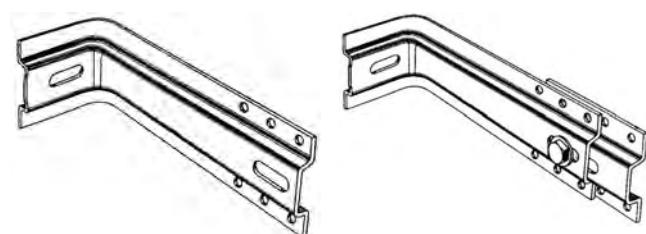


Figure 3b

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

- du trou rond (généralement Ø 8 mm prévu en extrémité de l'aile d'appui sur le chevron de la patte fixe,
- d'un trou oblong (de dimensions Ø × P où P constitue la plage de réglage) disposé longitudinalement en âme de la rallonge ;
- **type 2** : il s'agit d'une patte conçue réglable (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.

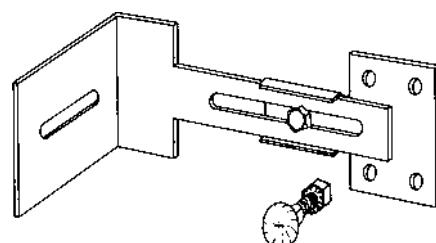


Figure 4

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

- du trou rond (généralement 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, etc.) pour assurer l'indessérabilité de l'assemblage.
- Les boulons employés, généralement H8 x 20 ou plus pratiques type TRCC J8 x 20, selon la norme NFE 27-351, sont en acier de qualité 4.6 selon la norme NF EN 20898-1 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 admissible 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 résistance admissible à la charge verticale due au poids propre du bardage rapporté est déterminée selon l'essai défini en annexe 3, 1<sup>re</sup> partie. Cette détermination tient compte de deux critères :

- a) non-dépassement de la limite élastique du métal sous la charge Fr,
- b) non-dépassement d'une déformation donnée (mesurée en nez de patte) sous une charge Fd.

La convenance de la patte s'apprécie par comparaison de cette résistance admissible à la charge maximale estimée supportée en œuvre et prise égale à la charge déterminée géométriquement en fonction du poids en m<sup>2</sup> du bardage rapporté, et du taux minimal de pattes par m<sup>2</sup> en tenant compte des continuités d'ossatures principale et secondaire.

*Remarque :*

- La charge maximale estimée pouvant être reprise en œuvre par la patte la plus défavorisée est majorée par rapport à la charge moyenne déterminée géométriquement (coefficient : 1,5), pour tenir compte de ce que les pattes risquent de supporter des charges différentes selon leur position. En effet, il est à craindre qu'une des pattes ait à supporter une charge largement supérieure à la charge moyenne théorique qui lui est applicable de par l'ordre de la mise en œuvre, les jeux et les tolérances.
- Le plus souvent Fd ≤ Fr, avec une déformation en nez de patte proportionnelle à la longueur de la patte. Cette déformation peut être acceptée plus ou moins grande (1 à 3 mm) selon la nature des joints entre éléments de peau, notamment la masse surfacique de la peau et son mode d'accrochage et la chronologie des opérations de pose notamment.

#### 2.2.3.1.2 Charge orthogonale de dépression due aux actions du vent

La résistance admissible à la charge orthogonale de dépression due aux actions du vent est déterminée selon l'essai défini en annexe 2, 2<sup>e</sup> partie.

La convenance de la patte s'apprécie par la comparaison de cette résistance admissible à la charge maximale estimée supportée en œuvre et prise égale à la charge déterminée géométriquement en fonction de la dépression sous VENT NORMAL et du taux minimal de pattes/m<sup>2</sup>, en tenant compte des continuités d'ossatures principale et secondaire.

*Remarque : La charge maximale estimée pouvant être reprise en œuvre par la patte la plus défavorisée devrait normalement être majorée par rapport à la charge moyenne déterminée géométriquement pour tenir compte de ce que les pattes risquent de supporter des charges différentes selon leur position. En effet, il est à craindre qu'une des pattes ait à transmettre une charge largement supérieure à la charge moyenne théorique pour diverses raisons cumulées.*

*Cette majoration n'est toutefois pas prise en considération afin de compenser la réduction de la valeur des charges réellement appliquées sur la peau de bardage par rapport à la valeur des charges théoriques telles qu'elles sont calculées (sur une surface étanche) selon les Règles NV. Cette réduction est due à l'équilibrage quasi instantané des efforts sur les deux faces de la peau, que permet la présence de la lame d'air ventilée et la perméabilité à l'air de la peau.*

*Bien que la valeur de la majoration soit variable selon des conditions de pose et que celle de la réduction soit fonction du type de bardage rapporté, on peut estimer en première approximation qu'elles sont l'une et l'autre du même ordre de grandeur et qu'en conséquence majoration et réduction se compensent sensiblement.*

#### 2.2.3.1.3 Charges latérales

Le bardage rapporté ne participant pas aux fonctions de transmission des charges de contreventement, les dispositions constructives adoptées permettent la reprise en œuvre des charges latérales normalement appliquées au bardage.

D'autres efforts latéraux, éventuellement appliqués en cours de pose (lors de la fixation par clous sur flanc du chevron par exemple), doivent être réduits au maximum en faisant contre-coup sur le flanc opposé.

*Remarque : Depuis l'apparition des visseuses électriques autonomes (sans fil), le vissage est généralement substitué au clouage.*

### 2.2.4 Trous pré-percés en ailes des pattes

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

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

Les dimensions les plus usuelles sont comprises entre  $\varnothing 8 \times 30$  et  $\varnothing 10 \times 40$  mm.

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.

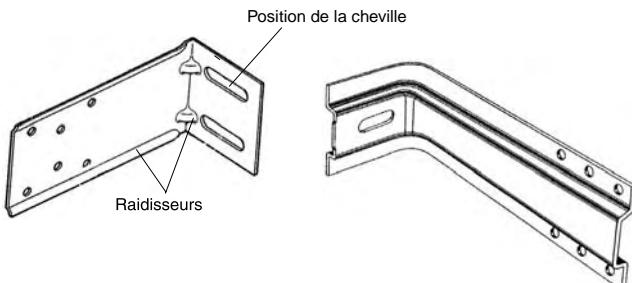


Figure 5a

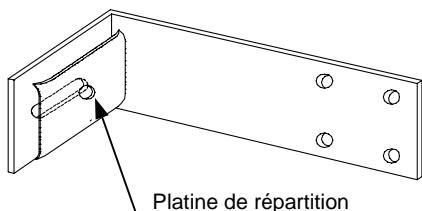


Figure 5b : Patte-équerre avec platine de répartition

**Remarque 1 :** La patte de la fig. n° 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. A 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. n° 5b). Le rapport d'essais réalisés conformément aux prescriptions de l'annexe 1 doit mentionner le cas échéant la présence de cette platine de répartition et en préciser les caractéristiques.

**Remarque 3 :** De par sa forme en L, la patte risque d'introduire un effet de levier intéressant les charges momentanées en dépression dues aux actions du vent, comme illustré sur la figure 6 ci-après :

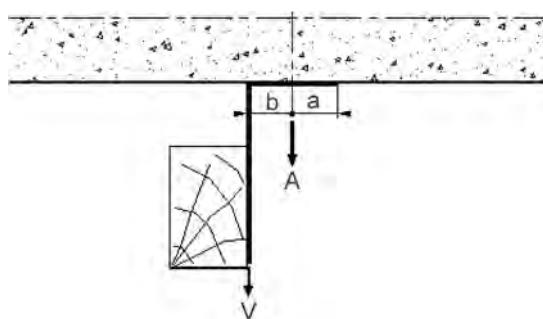


Figure 6

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

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

où :

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

$\alpha$  un coefficient donné dans l'Avis Technique s'il diffère de 1.

De par la position moyenne de la cheville en milieu de lunière 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 (fig. 7)

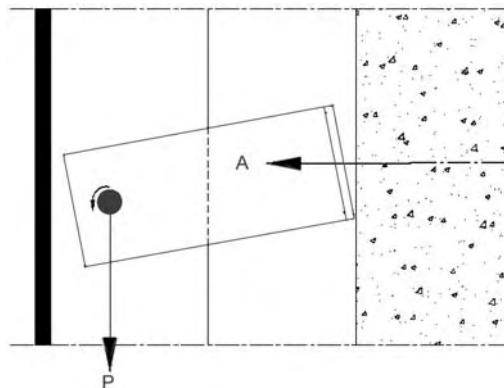


Figure 7

##### 2.2.4.2.1 Dimensions et nombre de trous pré-percés

L'aile d'appui côté chevron est, de façon la plus générale, pré-percée d'un trou de diamètre usuel  $\varnothing = 8$  mm pour le passage du tire-fond de fixation dans le chevron.

Ce trou est encadré de trous d'un diamètre minimum  $\varnothing 3,5$  mm pour les raisons explicitées ci-après.

**Remarque 1 :** De par 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'au demeurant 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.

A cette fin, on doit réaliser un encastrement par fixations complémentaires en plusieurs points, c'est-à-dire que la fixation patte-chevron généralement par un tire-fond doit être comme illustrée en figure 8 ci-après, complétée par au moins une vis, de diamètre égal ou supérieur à 3,5 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.

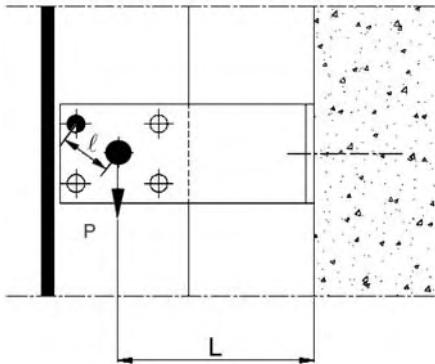


Figure 8

**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 :

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

Selon l'épaisseur d'isolant souhaitée et la géométrie des pattes, le rapport  $L/\ell$  peut varier de 1,5 à 6.

En conséquence de la remarque 2 ci-dessus, le trou Ø 8 mm rond doit être normalement encadré par 4 à 6 trous pré-percés Ø 3,5 mm à 5 mm pour le passage des fixations de blocage.

Ce nombre élevé de trous pré-percés complémentaires a deux objectifs :

- d'une part, 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'autre part, permettre la fixation du chevron sur la patte, sans utiliser de tire-fond, à l'aide de 3 à 5 clous ou vis (travaillant au cisaillement) d'un diamètre égal ou supérieur à 3,5 mm, le diamètre mesuré à fond de filet n'étant pas inférieur à 2,5 mm.

D'ailleurs, certaines pattes sont livrées sans trou Ø 8 mm pour tire-fond, comme illustré par la figure 9 ci-après.

**Remarque 3 :** Une patte avec trou oblong horizontal pour la fixation du tire-fond n'est pas satisfaisante, car ce dernier ne peut pas reprendre les efforts dus au vent (du fait du desserrage probable), qui doivent alors être repris par au moins 2 vis de blocage nécessaires pour assurer l'encastrement de l'assemblage.

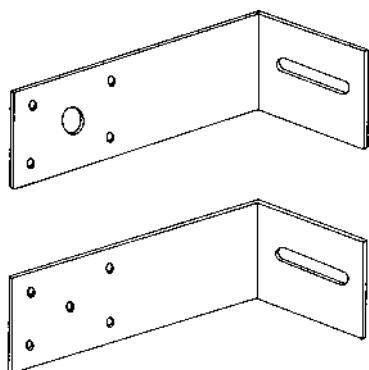


Figure 9

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 pré-percés sur l'aile de la patte.

Si la fixation du chevron sur la patte était réalisée par tire-fond seul sans fixation complémentaire 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, les valeurs admissibles ( $r_a$  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
3,5 (3,4)	53	57	60	63 (43)
4	61	65	69	73
4,5 (4,4)	69	73	78	82 (56)
5	77	82	86	91
6	92	98	104	109
7		114	121	127
8			138	146

Ces valeurs sont établies à partir de la formule :

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

dans laquelle :

d : Ø nominal en cm,

e : longueur d'enfoncement en cm.

Les valeurs entre parenthèses sont relatives aux clous et calculées avec la formule :

$$F (\text{daN}) = 55 d \sqrt{e}$$

#### 2.2.4.2.2 Disposition des trous pré-percés

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

- selon un axe horizontal, les fixations puissent être, d'une part séparées entre elles, d'autre part éloignées de l'arête la plus proche du chevron, d'une distance au moins égale à :  $n_h \varnothing$

où :

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

$n_h$  : 5 pour les clous,

$\varnothing$  est le diamètre nominal de la fixation ;

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

où :

$n_v$  : 10 pour les clous,

$n_v$  : 6 pour les vis.

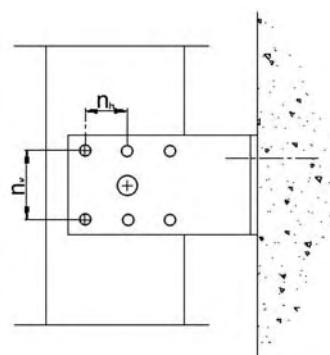


Figure 10

## 2.3 BANDE DE PROTECTION

Comme indiqué au § 2.1.2.2, les peaux de bardage à joints laissés ouverts nécessitent des bois d'ossature traités au minimum pour la classe 3 de risques biologiques. En cas de traitement en classe 2 seulement, 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 pare-pluie.

### 2.3.1 Rappel des exigences

Cette bande qui peut être réalisée dans divers matériaux doit être mince, imperméable, durable et offrir une largeur égale à la largeur vue du chevron augmentée de 20 mm au moins.

### 2.3.2 Présentation

Pratiquement, cette bande de protection est constituée :

- soit par une bande de PVC souple, d'épaisseur environ 1 mm comportant une ou deux lèvres de part et d'autre de son axe de symétrie, et spécialement extrudée pour cet emploi ;
- soit par une bande de feutre bitumé type 36-S ;
- elle peut également être réalisée en feuillard aluminium laqué ou en bande EPDM.

### 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 pare-pluie ou même en présence de bandes ne répondant pas à l'exigence de largeur ci-dessus.

## 2.4 LISSES

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

### 2.4.1 Lisses en bois

#### 2.4.1.1 Nature des bois

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

Les liteaux utilisés ne doivent pas présenter de défauts susceptibles de réduire gravement leur résistance. Sont prohibés, en particulier :

- les altérations biologiques (dues aux champignons et insectes) autres que le bleuissement et les piqûres noires ;
- les défauts localisés tels que les noeuds, flaches, poches de résines qui, isolément ou par le fait de leur groupement en une même section, réduiraient de plus d'un quart la surface de la section considérée ;
- les pentes générales de fil supérieures à 12 % par rapport à l'axe géométrique de la pièce ;

Lors de la livraison, le taux d'humidité des bois doit être au plus égal à 20 % en poids.

#### 2.4.1.2 Traitement de préservation des bois

A l'instar des bois de chevron, les bois de liteaux doivent satisfaire aux conditions de durabilité correspondant au minimum à la classe 2 de risques biologiques définie par la norme NF EN 335 (NF B 50-100).

*Remarque : Comme pour les chevrons, une classe supérieure peut être requise dans le cas de peaux à joints ouverts.*

#### 2.4.1.3 Dimensions

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

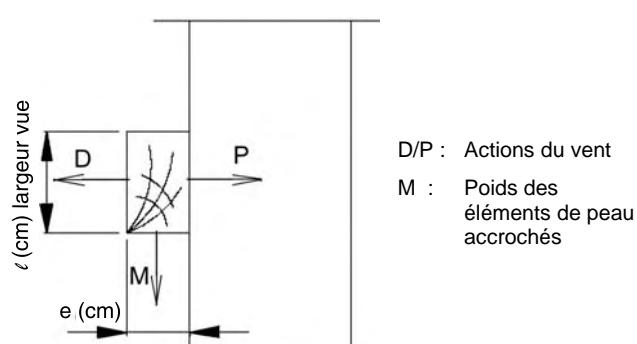


Figure 11

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 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 ;
- 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 clouée ou 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 le Constat de Traditionalité.

**Remarque :** En cas de peau en petits éléments (ardoises, tuiles, bardage 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<sup>2</sup>,
- dans le plan horizontal, une flèche horizontale égale au 1/100 de la portée sous charge correspondant à une pression ou une dépression égale à 1130 Pa.

## 2.4.2 Lisses en métal

### 2.4.2.1 Nature du métal

Les lisses métalliques sont réalisées en métal durable par lui-même (acier inoxydable, alliage léger, ...) ou rendu tel par traitement de protection anti-corrosion selon la sévérité de l'exposition.

**Remarque :** En bordure de mer, l'emploi des lisses en métal durable est nécessaire.

### 2.4.2.2 Traitement de protection du métal

Les lisses en acier sont protégées par galvanisation. La protection est apportée par l'emploi de tôles galvanisées de classe au moins égale à Z 275 selon la norme NF A 36-321.

**Remarque :** Cette protection est suffisante dans la mesure où il n'y a pas stagnation d'eau. Pour le cas où la forme de la lisse (rail) favoriserait le recueil des eaux, toute disposition utile doit être prise pour l'évacuation des eaux recueillies. Le perçage d'un trou Ø 6 mm en milieu de portée (maxi : 60 cm) entre chaque chevron peut être considéré comme une disposition minimale.

Pour le cas des lisses plus exposées (type moulure ou joint large dans certains types de bardage) ou d'emploi en atmosphères agressives, se reporter à l'annexe 3 du présent document, les lisses étant, dans ces cas, considérées comme situées en atmosphères extérieures directes.

### 2.4.2.3 Dimensions

La lisse-métal est généralement 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.

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.

## 2.4.3 Joint de fractionnement

Lorsque, pour tenir compte de valeurs d'exposition au vent (à partir d'une certaine hauteur et/ou en zones de rives 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 de l'ouvrage (joint), car le comportement sous poids propre des différentes zones de façades ne sera pas le même. Ce fractionnement 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.

Au cas où la portée entre chevrons dépasse largement la valeur usuelle de 60 cm, il importe de vérifier la stabilité de la lisse sous les précédentes charges appliquées simultanément.

## 2.5 L'ISOLANT

L'isolation thermique est réalisée à partir de matériaux bénéficiant d'une certification ACERMI dont le classement ISOLE minimal est :

$$I = 1 \quad S = 1 \quad O = 2 \quad L = 2 \quad E = 1$$

O = 2 : isolant non hydrophile

L = 2 : isolant semi-rigide

Ces matériaux doivent satisfaire aux dispositions de la réglementation incendie (Instruction Technique Façade n° 249 notamment).

Les produits les plus couramment utilisés sont des panneaux feutres, ou rouleaux de laine minérale (sans pare-vapeur), de classement de réaction au feu M0, et des isolants en plaques rigides classés M1, tels que :

- panneaux de polystyrène expansé moulé,
- panneaux de polystyrène extrudé,
- panneaux de polyuréthane.

Les panneaux rigides peuvent être employés à condition que :

- la planéité du support soit bonne et que les éventuelles lames d'air parasites ne communiquent pas avec l'extérieur,
- la conception de l'ossature et des fixations le permette, compte tenu de la rigidité des panneaux.

**Nota :** Peuvent être envisagés d'autres produits ou procédés tels que :

- projection pneumatique de laine minérale réalisée conformément au DTU 27.1 en ce qui concerne les conditions de mise en œuvre et de classement de réaction au feu notamment ;
- projection de mousse plastique conformément aux prescriptions des Avis Techniques les concernant, cas par cas ;
- panneaux rigides en verre cellulaire en procédé particulier.

## 2.6 ORGANES DE FIXATION

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

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.

Concernant la résistance mécanique et la stabilité des ancrages, ceux-ci doivent être conçus et réalisés de telle façon que les charges auxquelles ils seront soumis durant la vie estimée de l'ouvrage n'entraînent pas l'une des conséquences suivantes :

- a) effondrement de tout ou partie de l'ouvrage,
- b) déformations majeures atteignant des proportions inadmissibles,
- c) endommagement d'autres parties des ouvrages ou d'équipements ou d'installations à la suite d'une déformation majeure de la structure porteuse,
- d) endommagement engendré par un évènement et atteignant une ampleur disproportionnée par rapport à la cause d'origine.

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 adéquate à la ruine (Etat Limite Ultime),
2. une résistance adéquate aux déplacements (Etat Limite de Service).

**Remarque 1 :** 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 2 :** Les chevilles devront faire l'objet d'essais d'identification et de vérification de leur caractéristiques (dimensions, matériaux constitutifs, protection anti-corrosion, marquage, ...) effectués par un organisme indépendant.

#### 2.6.1.1 Chevilles métalliques

Les différents types de chevilles pouvant être utilisés sont décrits dans le Guide d'Agrément Technique européen « Chevilles métalliques pour béton » (*Cahier du CSTB* n° 3047, mai 1998). Elles doivent faire l'objet d'un ATE (Agrément Technique Européen) avec le marquage CE. Pendant la période transitoire définie par arrêté ministériel, elles peuvent néanmoins faire l'objet d'un Avis Technique délivré sur la base du guide d'ATE ou d'un Cahier des charges validé par SOCOTEC et établi sur la base des Normes d'essais NF E 27-815 1 et 2 et NFE 27-816.

#### 2.6.1.2 Chevilles en matière plastique

Compte tenu des dispositions adoptées pour les encastrements (cf. § 2.2.4.2.1), ce type de cheville peut convenir pour des ouvrages légers avec fixations non excentrées et ne nécessitant pas un serrage important (par exemple en fixation traversante de lattes ou chevrons).

Dans cet emploi, les chevilles réalisées dans des matières plastiques issues le plus souvent de la famille des polyamides PA6 (nylon) se partagent en deux types :

- les chevilles traversantes qui sont posées après la patte et qui présentent une collerette plate, sous laquelle on associe en œuvre pour certaines applications une platine métallique de répartition ;
- les chevilles non traversantes qui sont posées avant la patte et dont la longueur ne dépasse pas la profondeur d'enfoncement.

La vis associée est une vis à tête plate avec une rondelle métallique de répartition disposée sous tête.

La cheville d'un diamètre minimum de 10 mm doit être d'un modèle adapté à la structure porteuse (béton ou maçonneries d'éléments pleins ou d'éléments creux).

Des matières plastiques autres que celles entrant dans la famille des superpolyamides peuvent être envisagées, à condition de faire l'objet de justifications satisfaisantes en ce qui concerne le comportement dans le temps sous charge (fluage). En outre, elles devront être caractérisées par la valeur du coefficient de sécurité à prendre en compte dans la détermination de leur résistance admissible à l'arrachement. A titre d'information, le coefficient de sécurité concernant les polyamides PA6 est pris égal à

$\alpha = 0,7$  dans le document « Détermination sur chantier de la charge maximale admissible applicable à une fixation mécanique de bardage rapporté » (*Cahier du CSTB n° 1661*).

**Remarque :** Une cheville nylon dont la résistance admissible, déterminée selon les modalités du *Cahier du CSTB 1661*, est égale ou supérieure à la somme des deux efforts ne pourrait cependant pas convenir. En effet, dans la formule permettant de calculer la résistance admissible, le facteur 0,7 caractérisant le comportement du nylon ne prend en compte que le flUAGE sous charges momentanées et non sous charges permanentes, auquel cas il accuserait une valeur plus faible.

La vis doit être en acier protégé ou inoxydable. L'emploi de l'acier inoxydable est obligatoire en front de mer. Lorsque l'acier est protégé (cf. NF E 25.022), le niveau de la protection doit au moins correspondre à celui des pattes de fixation (cf. annexe 3 du *Cahier du CSTB n° 3194*).

Dans tous les cas, on vérifiera la compatibilité électrolytique avec le métal des pattes (cf. tableau 6 de l'annexe 3 précitée).

### 2.6.1.3 Résistance de calcul

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-calculation » à appliquer sont celles de l'annexe C du Guide de l'Agreement Technique Européen précité (*Cahier du CSTB n° 3047*, mai 1998).

Les valeurs de résistances caractéristiques des chevilles et des différents coefficients de sécurité à prendre en compte sont données soit dans l'Agreement Technique Européen, soit dans l'Avis Technique.

Pour les chevilles qui ne font pas l'objet d'un ATE, les résistances de calculs aux états limites ultimes ou de service sont données dans le cahier des charges du fabricant visé favorablement par un contrôleur technique.

**Remarque :** La résistance de calcul ( $R_d$ ) selon le Guide EOTA précité est une valeur de résistance calculée issue de l'équation ci-après :

$R_d = R_k / \gamma_M$  dans laquelle

$R_k$  = résistance caractéristique d'une cheville isolée ou d'un groupe de cheville

$\gamma_M$  = coefficient partiel de sécurité du matériau

Pour les ancrages réalisés avec des chevilles non métalliques quelle que soit la nature du gros œuvre support ou réalisés avec des chevilles métalliques dans des supports autres qu'en béton (maçonneries d'éléments pleins ou creux), il n'existe pas, à ce jour, d'Agreement Technique Européen ou d'Avis Technique. Le Guide d'ATE est en cours d'établissement.

On se référera dans ces cas, comme indiqué ci-dessus, au cahier de charges du fabricant visé favorablement par un contrôleur technique.

Dans le cas de supports de caractéristiques non connues, la charge admissible des chevilles sera déterminée par

une reconnaissance préalable, conformément au document « Détermination sur chantier de la charge maximale admissible applicable à une fixation mécanique de bardage rapporté » (*Cahier du CSTB n° 1661*).

**Remarque 1 :** Les essais réalisés *in situ* (cf. *Cahier CSTB n° 1661*) n'autorisent pas à retenir une valeur de résistance de calcul en traction supérieure à celle figurant dans l'ATE, l'Avis Technique ou le *Cahier des charges* visé favorablement par le contrôleur technique.

**Remarque 2 :** Dans le cas des systèmes d'ossature où les pattes distribuées le long du profilé se répartissent les charges de poids propre, l'expérience enseigne en général que la satisfaction de la fixation vis-à-vis des efforts axiaux (traction) entraîne sa convenance par rapport aux charges verticales (cisaillement) ce qui implique que la résistance en cisaillement des supports (et des vis) est au moins équivalente à la résistance en traction.

**Remarque 3 :** Comme indiqué en § 2.2.4.1 (Remarque 2), la géométrie de la patte peut introduire un effet de levier appliquée à la fixation sous les sollicitations de vent en dépression.

### 2.6.2 Organes de fixation du chevron sur la patte

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 clous ou vis.

Ces fixations peuvent être :

- en acier inoxydable X6 Cr17 (ancienne nuance Z8C17) répondant à la norme NF EN 10088-2,
- en acier protégé par une galvanisation à chaud répondant à la classe B de la norme NF A 91-131,
- en acier protégé par une shéardisation répondant à la classe 40 de la norme NF A 91-460.

#### 2.6.2.1 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 Ø 7 x 50 mm.

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

- soit une vis à bois de dimensions minimales Ø 3,5 x 40 mm,
- soit un clou de dimensions minimales Ø 3,5 x 40 mm, dit de blocage.

**Remarque :** Les dimensions minimales indiquées ci-dessus conviennent pour un bardage léger dont la masse surfacique propre n'excéderait pas 8 à 10 kg/m<sup>2</sup>, soit une charge P par patte de 6 à 8 kg (voir exemple de calcul en annexe).

Voir également § 2.2.4.2.1 – Remarque 3.

### 2.6.2.2 Fixation par clous ou vis

En ce cas, la fixation s'effectue par au moins trois clous ou trois vis à bois.

Les clous de dimensions au moins égales à Ø 3,5 × 50 mm sont du type annelé (cranté) ou torsadé en acier protégé ou inoxydable.

**Remarque :** Les clous lisses ou cannelés en acier protégé ne doivent pas être substitués des clous lisses ou cannelés en acier inoxydable ; en effet, ces derniers ont tendance à ressortir sous l'action des mouvements du bois.

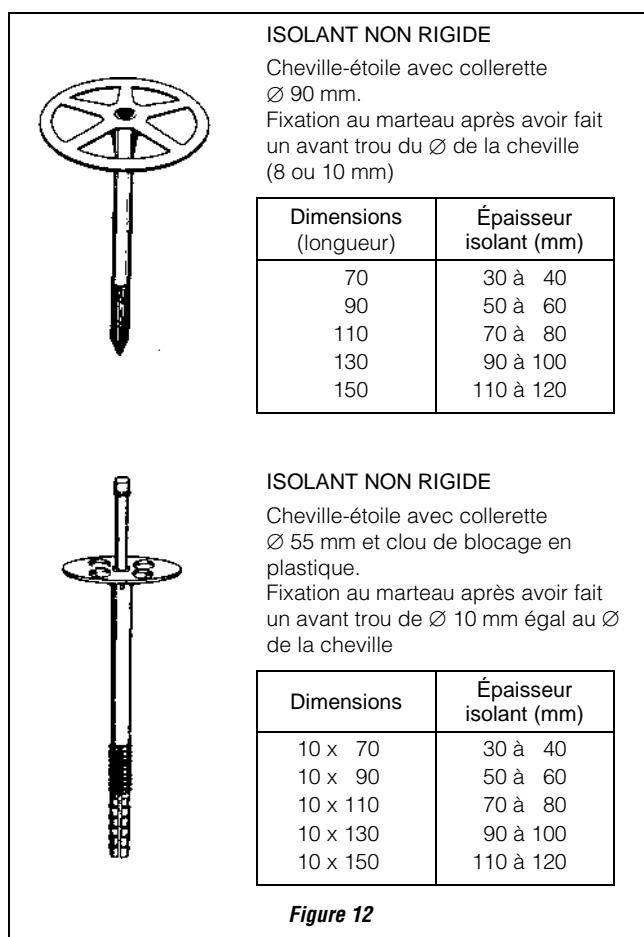
Les vis à bois sont de dimensions au moins égales à Ø 3,5 × 40 mm.

### 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.

#### 2.6.3.1 Chevilles-étoile (voir fig. 12)

Il s'agit de fixations moulées en matière plastique (super-polyamide ou polypropylène) présentant une collerette large généralement étoilée ou ajourée soit venue de moulage, soit rapportée (matière plastique ou métal).



Le diamètre de cette collerette est égal ou supérieur à 80 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 Equerres-à-dents

Il s'agit d'une équerre obtenue par pliage, dont l'angle est très légèrement supérieur à l'angle droit afin d'assurer une certaine pression sur l'isolant.

La petite aile qui est l'aile d'appui sur le profilé porteur est prépercée et la grande aile qui est l'aile d'appui sur l'isolant présente des dents destinées à s'enfoncer dans l'isolant pour en assurer le maintien.

Ces équerres-à-dents sont normalement en tôle d'acier, d'épaisseur égale ou supérieure à 5/10, galvanisé de classe au moins égale à Z 275 selon norme NF A 36-321.

**Remarque :** D'autres attaches en forme de râteau munies de dents pénétrant dans l'isolant et réalisées en acier galvanisé Z 275 sont disponibles. Ces attaches viennent se clipper sur les pattes-équerres de fixation des profilés porteurs.

#### 2.6.3.3 Plots de colle

La colle doit être visée dans un Avis Technique de système d'isolation extérieure des façades avec enduit mince (organique) ou épais (minéral). A défaut, la convenance de la colle doit être justifiée et vérifiée selon les mêmes modalités et critères.

**Remarque :** On trouvera dans le « Guide technique UEAtc pour l'Agrément des systèmes d'isolation extérieure des façades avec enduits minéraux » (Cahier du CSTB n° 2602, juillet/août 1992), les précisions nécessaires :

- modalités des essais : Titre 3 - § 3.2.1,
- appréciation de l'aptitude à l'emploi : Titre 4 - § 4.2.1.

### 2.6.4 Organes de fixation des lisses sur les chevrons

La fixation des lisses en bois sur les chevrons bois s'effectue soit à l'aide de clous spéciaux, soit à l'aide de vis à bois. La fixation des lisses en métal s'effectue exclusivement à l'aide de vis à bois.

**Remarque :** Les clous lisses ou cannelés étant davantage destinés à travailler au cisaillement et non à l'arrachement, leur utilisation pour la fixation des lisses n'est pas recommandée.

De surcroît, les clous tant lisses que cannelés en acier inoxydable ayant tendance à ressortir sous l'action des mouvements du bois, leur utilisation dans cet emploi est proscrite.

Bien que certains poseurs utilisent dans le cas des lisses bois, la technique des deux clous lisses croisés, celle-ci ne peut être recommandée ; en effet, il est à considérer que la résistance d'une telle fixation est en particulier fonction de l'inclinaison des clous, variable d'un poseur à l'autre et même d'une fixation à l'autre.

## 2.6.4.1 Clous spéciaux

### 2.6.4.1.1 Description des clous spéciaux

Les clous spéciaux pouvant être utilisés sont :

- d'une part, les clous annelés, encore appelés clous crantés, qui sont définis par la figure 13 :

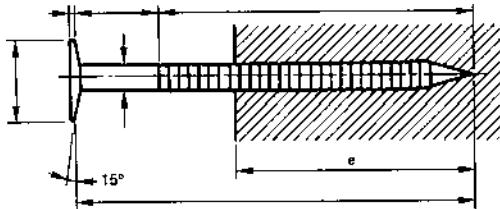


Figure 13

- d'autre part, les clous torsadés qui sont définis par la figure 14 :

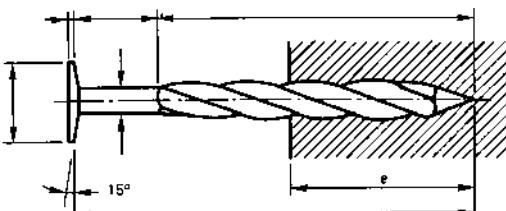


Figure 14

### 2.6.4.1.2 Protection des clous

Les clous annelés (crantés) et les clous torsadés peuvent être en acier protégé par galvanisation à chaud répondant à la classe B de la norme NF A 91-131 ou être en acier inoxydable (généralement de nuance X10Cr Ni 18-8 selon EN 10088-2 ou selon NF A 35-577).

## 2.6.4.2 Vis à bois

### 2.6.4.2.1 Description des vis à bois

Il s'agit généralement des vis à bois, d'une part à tête fraisée à empreinte cruciforme (symbole type FZ) décrites par la norme NF E 25-061, et d'autre part à tête fendue (symbole FS) décrites par la norme NF E 25-604 (fig. 15) et les normes NF E 25-605 et NF E 25-606.

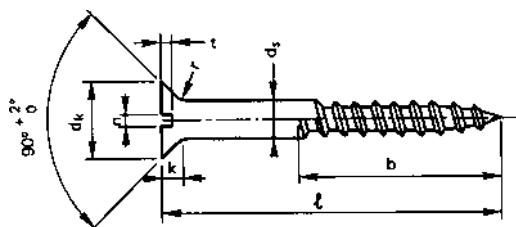


Figure 15

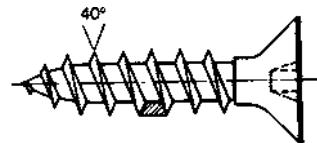


Figure 16

**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.

### 2.6.4.2.2 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 A 91-131 ou être en acier inoxydable X6Cr17 selon N10088-2 (NF A 35-577) 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 E 27-016 peut suffire.

### 2.6.4.3 Résistance admissible à l'arrachement des organes de fixation

La résistance admissible à l'arrachement est fonction du type d'organe de fixation, du diamètre de cet organe, de la profondeur d'enfoncement et de la nature du bois dans lequel il est enfoncé.

La nature du bois est en effet caractérisée par la valeur C de la contrainte au cisaillement organe/bois et par la valeur S du coefficient de sécurité.

Dans le cas du bois courant de charpente catégorie 3 de classe minimale C18 selon la norme NF EN 338, la valeur du coefficient de sécurité sous VENT NORMAL est prise égale à 3.

La valeur de la résistance admissible à l'arrachement se détermine expérimentalement selon les modalités des essais décrits en annexe 5.

**Remarque :** En attente des résultats d'essais, et en première approximation, on pourra utiliser la formule générale suivante :

$$R\alpha = (C \cdot \pi \cdot d \cdot e) / S$$

où :

e : valeur de l'enfoncement exprimée en cm

d : valeur du diamètre exprimé en cm

C : valeur de la contrainte de cisaillement organe/bois dont les valeurs correspondant au bois de classe C18 sont :

– cas des clous annelés :  $C = 25 \text{ daN/cm}^2$

– cas des clous torsadés :  $C = 20 \text{ daN/cm}^2$

– cas des vis à bois :  $C = 50 \text{ daN/cm}^2$

S : valeur de coefficient de sécurité correspondant, sous vent NORMAL, au bois courant de classe C18 et prise égale à 3

ce qui conduit à :

– cas des clous annelés :  $R\alpha (\text{daN}) = 26 \cdot d \cdot e$

– cas des clous torsadés :  $R\alpha (\text{daN}) = 21 \cdot d \cdot e$

– cas des vis à bois :  $R\alpha (\text{daN}) = 52 \cdot d \cdot e$

*La valeur  $e$  de l'enfoncement doit être comprise entre  $4d$  et  $10d$ .*

*L'emploi des formules ou même les résultats des essais permettant la détermination de la valeur de la résistance admissible à l'arrachement des lisses sur les chevrons peuvent conduire, pour certains bardages traditionnels, à une résistance admissible à la dépression de valeur faible, alors que l'expérience instruit que les ouvrages considérés ont résisté à des dépressions de valeur largement supérieure.*

*Ce fait résulte de ce que l'évaluation chiffrée est effectuée selon les Règles NV applicables à des surfaces étanches et qu'en conséquence, il n'est pas tenu compte de l'équilibrage quasi-instantané des pressions sur les faces avant et arrière de la peau de bardage, lié à la perméabilité à l'air de la paroi.*

# 3. Description de la mise en œuvre des divers constituants

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. A 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. Une telle pose n'est le plus souvent utilisée qu'en rez-de-chaussée exposé.

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 Ø 16 mm, vient se noyer dans un évènement 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.

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 vrillage 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 à l'arrachement des fixations des pattes dans la structure porteuse considérée.

Pratiquement, sa valeur est prise arbitrairement égale à 1,35 m (demi-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.

Les pattes sont solidarisées 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 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. § 2.2.1), 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 extrême.

Dans le cas d'emploi de fixation avec chevilles métalliques, l'indesséaurabilité de l'assemblage devra être assurée (écrous spéciaux type Simmonds, rondelles élastiques type Grower, éventail, etc.).

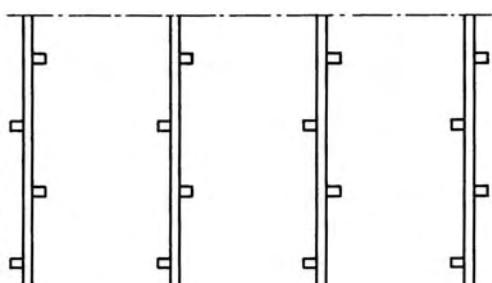


Figure 17

## 3.2 POSE DE L'ISOLANT

### 3.2.1 Disposition de l'isolant

L'isolant est généralement posé sur la structure porteuse derrière les chevrons (fig. 18).

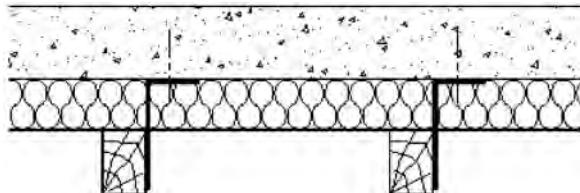


Figure 18 - Disposition de l'isolant

*Cas particulier :* L'isolant peut également être posé :

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

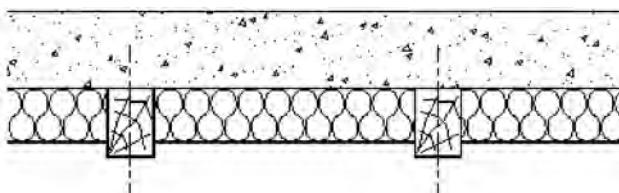


Figure 19 - Disposition de l'isolant

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

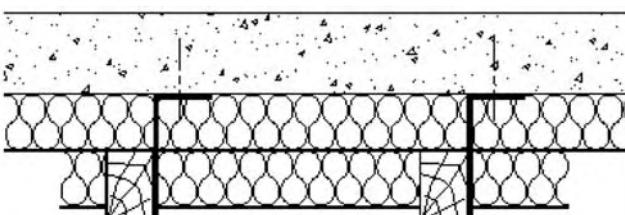


Figure 20 - Disposition de l'isolant

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

### 3.2.2 Fixation de l'isolant sur la structure porteuse

L'isolant est fixé par embrochage sur les pattes de fixation des chevrons, quand cela se peut, et par ses fixations propres.

D'une façon générale et 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 entre l'isolant et la structure porteuse.

La fixation par équerres métalliques suppose un entraxe de chevrons au plus égal à 0,60 m. L'entraxe entre équerres fixées le long d'un même chevron est de 1,35 m maxi.

Les équerres sont disposées en quinconce travée par travée.

*Remarque :* Les dispositions de ce chapitre sont générales, il convient de vérifier cas par cas la satisfaction des exigences de maintien continu contre la structure porteuse. Des densités de fixation plus faibles peuvent être admises dans ces conditions pour des chantiers déterminés sur justifications particulières incluant la prise en compte des effets du vent.

#### 3.2.2.1 Fixation des panneaux de laine minérale

Les panneaux sont posés horizontalement ou verticalement. Dans le cas général (cf. fig. 18), ils sont embrochés sur les pattes de fixations des chevrons avant pose de l'ossature. Lorsque celle-ci assure en outre un maintien de l'isolant, une fixation au moins par panneau (0,60 × 1,35 m le plus souvent) peut suffire. Dans le cas contraire (pas de maintien par l'ossature), prévoir au minimum 2 fixations par panneau, dont au moins une traversante s'il s'agit de chevilles-étoile, et une densité minimale de deux fixations par m<sup>2</sup>. Pour les éléments découpés, on peut admettre une seule fixation lorsque sa plus grande dimension n'excède pas 35 cm.

*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).

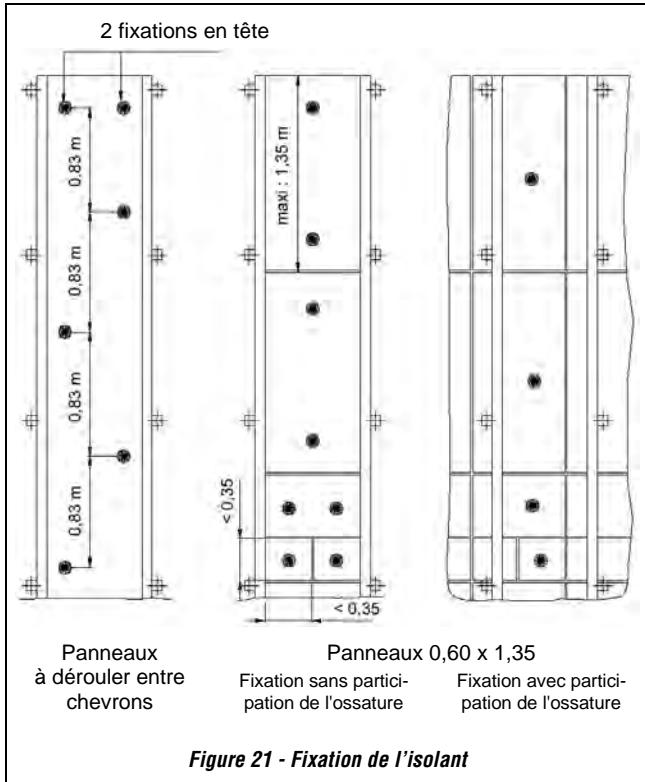
L'isolant n'étant plus de ce fait parfaitement plaqué au support, il en résultera d'une part :

- 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 convenablement, ce qu'il convient d'éviter.

#### 3.2.2.2 Fixation des panneaux de laine minérale à dérouler

Les panneaux à dérouler (dimensions habituelles : largeur 0,60 m × longueur) peuvent être posés horizontalement ou verticalement.

En cas de pose à la verticale, prévoir au moins 2 fixations en partie haute et une densité minimale de deux fixations par m<sup>2</sup> 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.



**Figure 21 - Fixation de l'isolant**

Pour la pose horizontale, mettre en partie courante une fixation tous les 1,20 m maxi, 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 d'isolants alvéolaires

Leur fixation s'effectue soit par chevilles-étoiles à raison de 2 au minimum par  $m^2$  et par plaque, soit par collage au moyen d'un mortier-colle conformément à ceux visés dans les Avis Techniques relatifs aux enduits minces sur isolant (pour les isolants correspondants).

### 3.2.2.4 Fixation renforcée des isolants

- Aux points singuliers et/ou pour les éléments découpés, la densité des fixations est augmentée, de même que pour les bâtiments de hauteur supérieure à 40 m.
- En sites exposés ainsi que dans les zones d'actions locales majorées du vent telles que définies par les Règles « Neige et Vent », le nombre de fixations sera porté à 4 par panneau ou plaque et 1 tous les 0,5 mètre, pour les panneaux à dérouler de largeur maximale 0,60 m.

### 3.2.2.5 Isolation par projection de laine minérale

La préparation du support et la projection s'effectuent conformément au DTU 27.1 après pose des fixations et, normalement, avant pose de l'ossature. On veillera à laisser en tout point une lame d'air d'au moins 20 mm entre la couche de laine projetée et la peau du bardage.

## 3.3 POSE DES CHEVRONS

### 3.3.1 Entraxe des chevrons

L'entraxe des chevrons 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 par la paroi entre chevrons au 1/100 de la portée entre chevrons.

Pratiquement, pour l'ensemble des bardages traditionnels et une bonne partie des bardages rapportés non traditionnels (voir Avis Techniques les concernant), l'entraxe normal (et maximal) est égal à 60 cm. Il peut être ramené à 45 ou 30 cm en rives de façade pour des raisons de :

- résistance accrue au vent : en angles de façade et en acrotère,
- résistance accrue aux chocs : à rez-de-chaussée non protégé.

A l'inverse, l'entraxe peut être augmenté et porté à 90 cm dans la mesure où la section des chevrons, la densité de fixations dans la structure porteuse, la flèche de la paroi entre chevrons et la résistance au vent, ont été vérifiées le permettre.

#### Remarque :

- Bien que la majoration, en rives de façade, de la valeur de la charge en dépression, au regard de la valeur en partie courante, puisse être fort importante ( $\times 2$ ), la nécessité de réduire l'entraxe des chevrons en rives de façade, ne s'impose pas forcément ; c'est le cas général des systèmes dont la résistance admissible en dépression qui les caractérise en pose sur entraxe normal (60 cm) reste supérieure à la dépression telle qu'elle est calculée en rives d'un bâtiment donné, compte tenu de la région, du site et de sa hauteur.
- Il est à noter que le renforcement de l'ossature tant en angle (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 chargées différemment.

Il pourrait en résulter selon les cas, pour les éléments de peau fixés « à cheval » sur deux zones d'ossature de comportement non homogène, 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 homogène (éventuellement redondante en partie courante et en partie basse), soit en prévoyant le fractionnement (voir aussi § 2.4.3) de l'ouvrage ossature/peau en fonction des reprises de charge différentes.

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

- En ce qui concerne la résistance aux chocs, la réduction de l'entraxe des chevrons à rez-de-chaussée n'améliore 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, n'est pas modifiée et risque même d'être très légèrement amoindrie.

### 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 Ø 7 × 50 mm au travers du trou pré-percé.

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

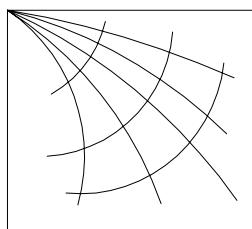
Dans le cas des pattes non réglables, le tire-fond de diamètre Ø doit être disposé dans le trou pré-percé, de façon à être le plus près possible de l'axe médian du flanc de chevron. En tout état de cause, l'axe du tire-fond doit se

situer à au moins 3 Ø de l'arête du chevron la plus proche, et à au moins 6 Ø de l'arrêt en bout.

Cette fixation par tire-fond doit être complétée par au moins une vis de dimensions minimales Ø 3,5 × 40 mm dite de blocage, au travers d'un trou Ø 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 Ø 3,5 × 40 mm.

Les dispositions des fixations entre elles et par rapport à la géométrie du chevron sont précisées en figures 22 ci-après.



Section chevron

- → Direction de l'effort (cisaillage)
- Effort d'Arrachement
- C Clous
- V Vis

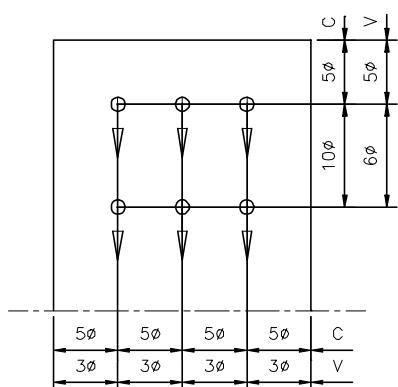


Figure 22a

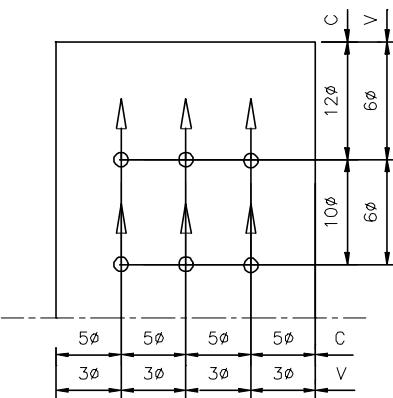


Figure 22b

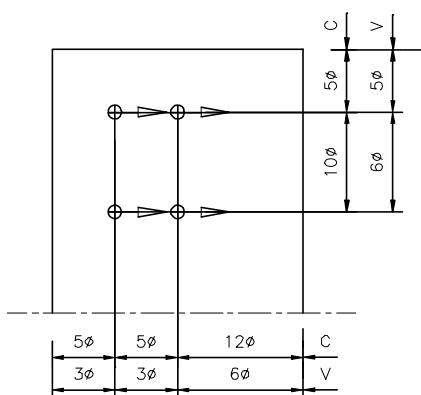


Figure 22c

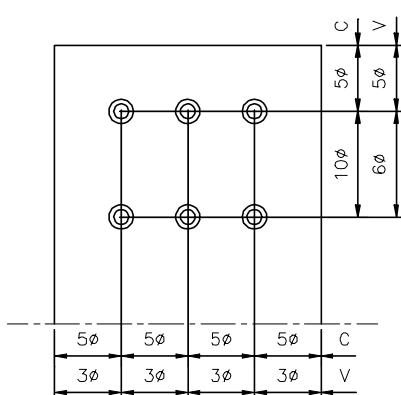


Figure 22d

**Efforts de cisaillage perpendiculaire à l'axe longitudinal du chevron (effet du vent en pression/dépression sur les fixations des pattes-équerres et efforts latéraux à la dilatation/retrait des lisses)**

**Effort d'arrachement (essentiellement sur les fixations des lisses ou liteaux)**

**Remarque :** Le diamètre minimal  $\varnothing 3,5$  mm s'entend pour la section pleine sous tête de vis. Pour les vis filetées jusqu'à sous tête, le  $\varnothing$  minimal est celui mesuré en fond de filet et il doit être pris supérieur ou égal à  $\varnothing 3$  mm, ce qui correspond à des vis  $\varnothing$  nominal de 4,8 mm.

Pour des bardages légers de masse surfacique < 5 kg/m<sup>2</sup>, les vis peuvent être remplacées par des clous de dimensions minimales  $\varnothing 3,5 \times 50$  mm.

On vérifiera selon les éléments fournis en annexe 5, 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 se fait généralement 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.

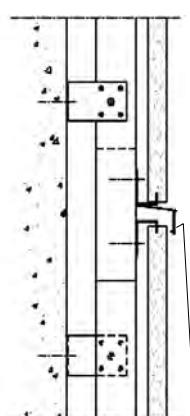
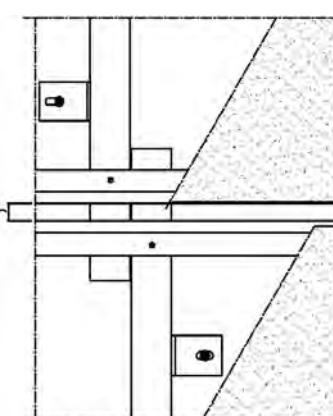
Dans le cas où il est nécessaire de disposer d'une ossature continue, on effectue un raboutage en ligne, chaque extrémité de chevrons ayant sa fixation disposée en alter-

nance. Ce raboutage est réalisé par deux éclisses latérales en contreplaqué CTB-X 10 mm, clouées ou vissées sur les flancs des chevrons. Ces éclisses peuvent être en tôle d'acier d'épaisseur minimale 1 mm et être protégées par une galvanisation à chaud classe Z 275 vérifiée selon les spécifications de la norme NF A 36-321. Toute autre protection équivalente peut être employée.

La dimension des éclisses et les fixations utilisées devront assurer une liaison rigide et respecter les dispositions données en figures 25 et 26.

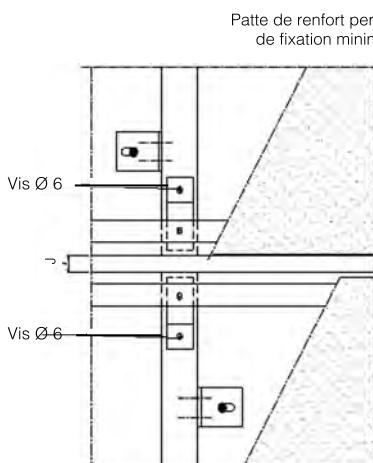
Le raboutage peut également effectué sur chevrons accolés et raccordés par chevauchement, à l'aide d'au moins 2 tire-fonds ou boulons transversaux ( $\varnothing 7$  mm minimum) conformément aux dispositions des figures 23 et 24.

Le raboutage des chevrons concernés doit être effectué avant mise en charge de l'ossature sous poids propre des éléments de peau. A 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-équerres de la 1<sup>re</sup> rangée (inférieure) de chevrons pouvant être amenées à reprendre après raboutages successifs une charge plus élevée que la charge prévue initialement.



Bavette pare-pluie  
(fixations sur chevrons supérieurs seulement)

Figure 23 - Joints de fractionnement/disposition avec chevrons décalés



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

Figure 25 - Raboutage des chevrons/disposition avec chevrons décalés

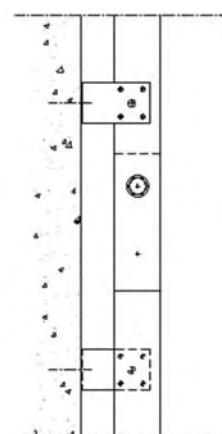
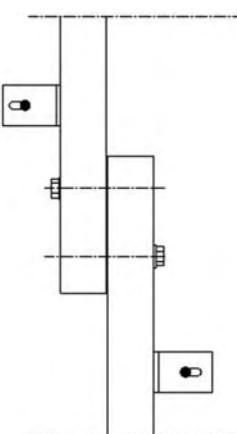
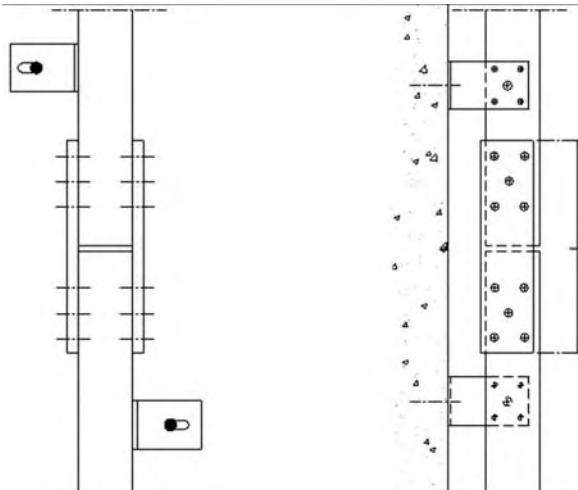


Figure 24 - Joints de fractionnement/disposition avec chevrons alignés



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

Figure 26 - Raboutage des chevrons/disposition avec chevrons alignés

**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 calpinage 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 (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.

**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, 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.

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, ...) en fonction de la largeur de joint et l'exposition de la façade.

### 3.3.5 Planitude générale des chevrons

Le défaut de planitude en tout point du réseau de chevrons doit être inférieur à 1/200 de l'entraxe «  $\ell$  » des chevrons (figure ci-après).

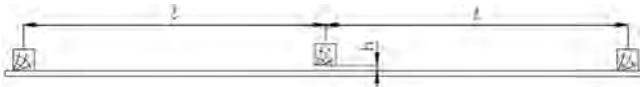


Figure 27

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.

**Remarque :** La valeur de «  $h$  » ci-dessus prise égale à 1/200 de «  $\ell$  » est une valeur maximale dont peuvent s'accommoder la plupart des bardages traditionnels en petits éléments posés avec recouvrement. Pour d'autres systèmes, dont notamment ceux avec dalles rainurées, la valeur de «  $h$  » est ramenée à 2 mm, en tout état de cause, cette indication sera donnée dans les Avis Techniques correspondants, la vérification des performances (tenue au vent, résistance aux chocs, ...) étant à effectuer dans ces conditions limites de mise en œuvre.

## 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 transférée 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 entrée et sortie 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 haut et bas, exprimée en  $\text{cm}^2$  par mètre linéaire de largeur de bardage ce qui correspond à :

- 50  $\text{cm}^2$  pour une hauteur au plus égale à 3 m
- 65  $\text{cm}^2$  pour une hauteur de 3 à 6 m
- 80  $\text{cm}^2$  pour une hauteur de 6 à 10 m
- 100  $\text{cm}^2$  pour une hauteur de 10 à 18 m
- 120  $\text{cm}^2$  pour une hauteur de 18 à 24 m

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

En arrêt haut, l'ouverture est protégée par une avancée (par exemple bavette rapportée) munie d'un larmier.

**Remarque :** Lorsque la peau du bardage rapporté est très perméable (de par la présence de joints ouverts entre éléments, par exemple) ; la largeur de la lame d'air au niveau des parties les plus étranglées peut être ramenée à 15 mm.

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.

En tout état de cause, il appartiendra à l'Avis Technique de préciser si tel système de bardage en raison de sa conception et/ou de son domaine d'emploi nécessite la présence d'un film pare-pluie. Le cas échéant, le dossier technique dudit Avis précisera les caractéristiques de ce film ainsi que ses modalités de mise en œuvre.

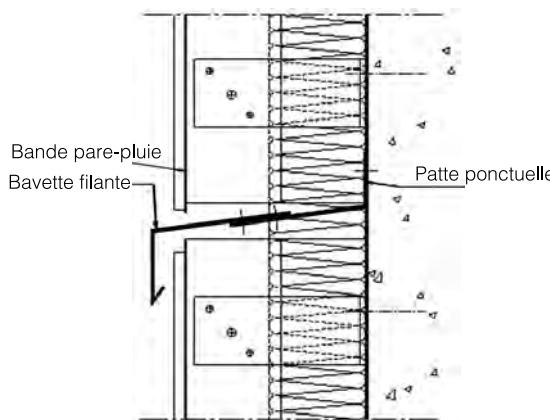


Figure 28a - Compartimentage pour Reprise de ventilation

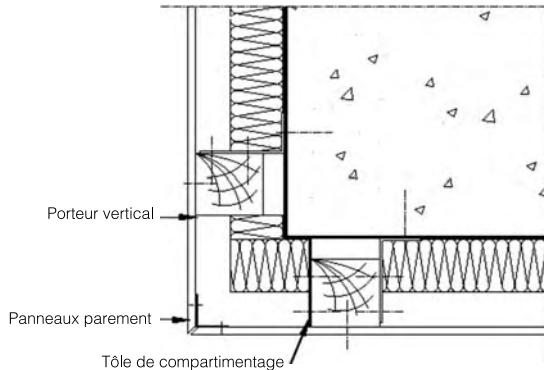


Figure 29a - Compartimentage vertical (sans lisse ni liteau)

### 3.4.2 Compartimentage horizontal de la lame d'air

Lorsque la façade traitée présente une hauteur supérieure à 24 m, celle-ci est partagée en modules de hauteur maximale 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 minimales d'ouverture indiquées ci-avant.

**Remarque :** 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 fig. 28b.

### 3.4.3 Compartimentage vertical de la lame d'air (fig. 29a et 29b)

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

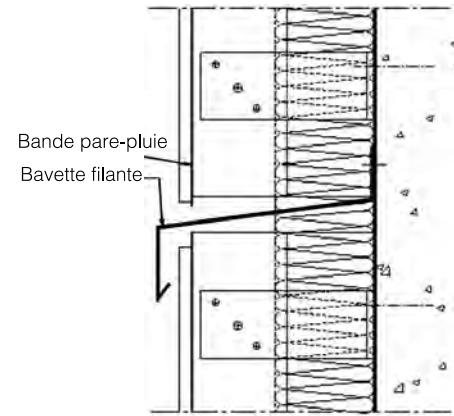


Figure 28b - Compartimentage Sécurité Incendie

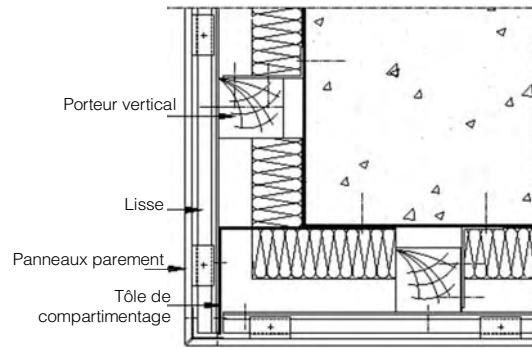


Figure 29b - Compartimentage vertical (avec lisse)

en angles tant entrant que sortant, et sur toute la hauteur de façade, un cloisonnement réalisé en matériau durable (tôle d'aluminium ou acier galvanisé Z 275 par exemple).

### 3.5 POSE DE LA BANDE DE PROTECTION

Lorsque la pose directe (c'est-à-dire sans lisses complémentaires) des éléments de paroi 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 paroi est posé sur chevron intermédiaire, 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 prévu devoir venir s'y accrocher. Cet entraxe est respecté à l'aide d'un gabarit spécifique à l'élément de peau. Ce gabarit peut être assujetti 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 intersection. La fixation peut s'effectuer soit par clouage, soit par vissage.

Sauf justification particulière, le porte-à-faux en extrémité de lisse est limité au 1/4 de la portée entre chevrons.

**Remarque :** 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.

A 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. 25 et fig. 31).

#### 3.6.2.1 Fixation par clouage (cas des lisses bois)

Le clouage s'effectue à l'aide de deux clous, ceux-ci sont disposés sur une diagonale du rectangle de superposition, en respectant les distances minimales précisées en figure 30.

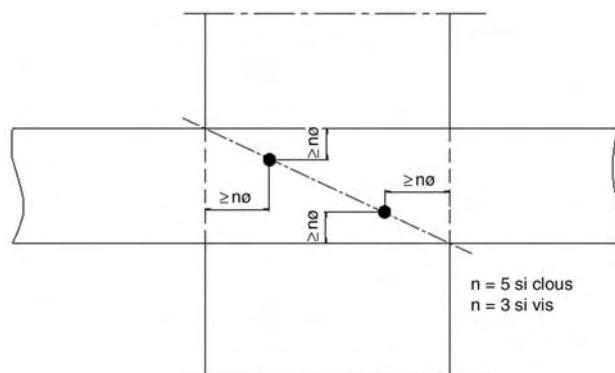


Figure 30

**Remarque :** La résistance admissible calculée à partir des formules ci-avant données concerne les fixations enfoncées orthogonalement à la façade.

#### 3.6.2.2 Fixation par vissage (cas des lisse bois et des lisses métal)

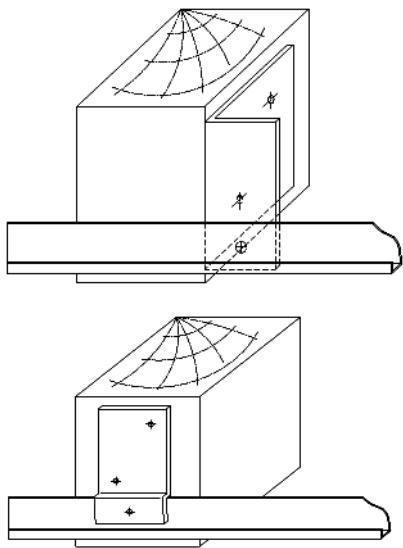
Le vissage s'effectue à l'aide d'une vis à bois retenue parmi les vis précédemment décrites et choisie en dimensions selon la résistance admissible à l'arrachement requise.

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 pré-perçage 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.



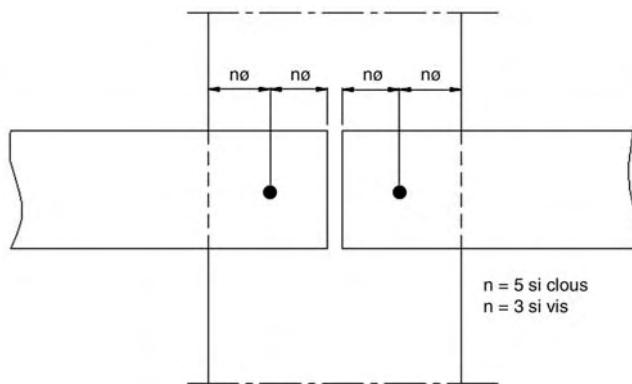
**Figure 31 - Fixation des lisses en extrémité basse des chevrons**

### 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 2 mm.

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



**Figure 32**

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'accoller un segment de chevron fixé latéralement.

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

Dans le cas de lisses-métal de longueur supérieure, il convient d'augmenter la largeur du joint et de prendre des dispositions assurant la libre dilatation des profilés au droit des fixations (trous oblongs, ...) ; la fixation en milieu de lisse constituant point fixe.

# ANNEXES

---

## **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.....	28
--	----

---

## **Annexe 2**

Détermination des caractéristiques mécaniques des pattes destinées à la fixation des chevrons sur la structure porteuse.....	29
<i>Première partie</i> : Résistance admissible aux charges verticales permanentes dues à la masse du bardage rapporté .....	29
<i>Deuxième partie</i> : Résistance admissible aux charges horizontales momentanées dues à la dépression.....	31

---

## **Annexe 3**

Performances du liteau bois de section courante 40 x 14 mm .....	33
--	----

---

## **Annexe 4**

Résistance des fixations dans les chevrons.....	34
<i>Première partie</i> : Détermination de la résistance admissible à l'arrachement d'une fixation mécanique dans un chevron de bardage rapporté .....	34
<i>Deuxième partie</i> : Vérification des efforts de cisaillement sur les fixations.....	35

---

## **Annexe 5**

Éléments de calcul thermique .....	37
------------------------------------	----

---

## **Annexe 6**

Définition des atmosphères extérieures	
Protection contre la corrosion.....	38

---

## 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

L'usage est d'utiliser des chevrons posés selon un entraxe de 600 mm et fixés tous les 1,35 m, soit sur 5 appuis répartis sur leur longueur de 5,40 m. Si l'on considère les fixations comme des appuis simples, la flèche maximale qui correspond à la 1<sup>re</sup> et 4<sup>e</sup> 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 :

$$I = bh^3/12 = \text{soit pour un chevron de section } \ell \times p \quad I = \ell p^3/12$$

$$E = 8000 \text{ MPa} \quad (\text{valeur admissible jusqu'à 20 \% d'humidité})$$

Flèche admissible :

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

$$L^4 = (135 \text{ cm})^4 = (33215 \times 10^4) \text{ cm}^4$$

Dans ces conditions, on a pour un chevron de section  $\ell \times p = 40 \times 63$

$$I = 83 \text{ cm}^4 \quad \text{et} \quad q = 2146 \text{ N/m}$$

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 :

$$V = 2146/0,60 = 3576 \text{ N/m}^2 = 3576 \text{ Pa}$$

A 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 $\ell \times p$ (mm)	I (cm <sup>4</sup> )	Q (N/m)	V (Pa)
40 x 63	83	2146	3576
63 x 40	34	865	1442
63 x 75	221	5702	9503
75 x 63	156	4023	6705
75 x 100	625	16090	26817
100 x 50	104	2682	4469
199 x 63	208	5364	8941
100 x 75	352	9051	15084

## 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 oeuvre) ne sont pas prises en considération.

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.

### 1.3 Attaches

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

### 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.

### 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 qui 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.

### 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 oeuvre des fixations [outil de pose, couple de serrage (vis et boulons), limiteur de serrage (rivet), etc.] ;
- le diamètre des trous de préperçage.

## première partie

### RÉSISTANCE ADMISSIBLE AUX CHARGES VERTICALES PERMANENTES DUES À LA MASSE DU BARDAGE RAPPORTÉ

#### 1. Appareillage

##### 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 part leur conception, un alignement des dispositifs par rapport à l'axe de chargement.

##### 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.

## 2. Nombre d'éprouvettes

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

## 3. Mode opératoire

Réaliser le montage d'essai conformément à la figure A 2.1.

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.

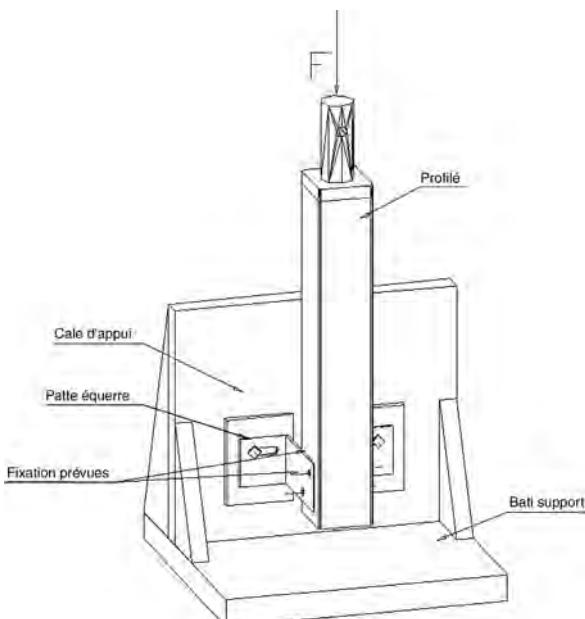


Figure A 2.1 - Courbe effort-déformation

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, fig. A 2.2).

Appliquer la charge en réglant la vitesse de chargement de façon à respecter la condition : vitesse constante de charge < 500 daN/minute, 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.*

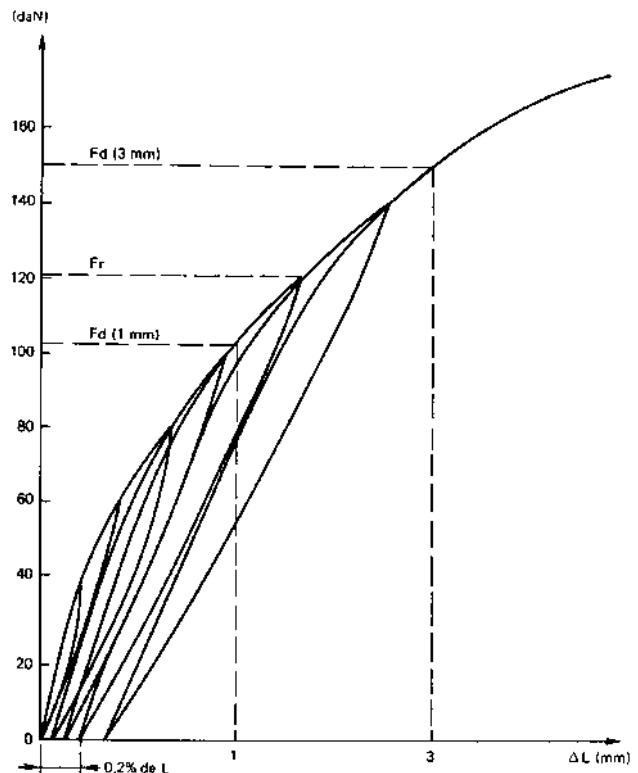


Figure A 2.2 - Courbe effort-déformation

## 4. 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.

### 1<sup>er</sup> critère

On note la charge  $F_r$  pour laquelle on obtient une déformation résiduelle  $\Delta\ell$  mesurée en nez de patte, égale à :

$$\Delta\ell = \frac{0,2 \times L_x}{100}$$

$L_x$  étant la longueur de la patte

### 2<sup>e</sup> critère

On note les charges  $F_d$  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 2 séries de résultats  $F_{r1}, F_{r2}, F_{r3}$  et  $F_{d1}, F_{d2}$  et  $F_{d3}$ .

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  $F_{r1}, F_{r2}, F_{r3}$ .

$F_r$  Force correspondant à la déformation résiduelle de 0,2 % en nez de patte.

$F_{md}$  est la plus faible des 3 valeurs d'essais  $F_{d1}, F_{d2}, F_{d3}$ .

$F_d$  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'attachments essayées dans le montage considéré soit 2 pour les attaches asymétriques (équerres) et 1 pour les attaches symétriques (étriers).

On appellera résistance admissible de la patte, la plus faible des deux valeurs critiques affectées d'un coefficient de sécurité  $\alpha$  pris égal à 1,5.

$$R_{ar} = \frac{R_{cr}}{\alpha} \text{ et } R_{ad} = \frac{R_{cd}}{\alpha}$$

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 :

A 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 :

$$R_{cr} = F_{mr} - 2s_r \text{ et } R_{cd} = F_{md} - 2s_d$$

- 2) Le faible coefficient de sécurité retenu ( $\alpha = 1,5$ ) est justifié par le fait que l'essai est réalisé en position de fixation défavorable, que l'on retient la plus faible des 3 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.
- 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).
- 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.
- 5) Lorsqu'on admet une déformation sous charge atteignant 3 mm, les pattes en acier de dimensions courantes, disposées en entraxe 1,35 m sur chevrons d'entraxe 0,60 m (soit 1,23 pattes ( $m^2$ )) autorisent une charge admissible de 12 kg/m<sup>2</sup>.

## deuxième partie

### RÉSISTANCE ADMISSIBLE AUX CHARGES HORIZONTALES MOMENTANÉES DUES À LA DÉPRESSION

#### 1. Appareillage

Les prescriptions du chapitre 1 de la première partie sont également applicables à cet essai réalisé à l'aide du dispositif représenté en figure A 2.3.

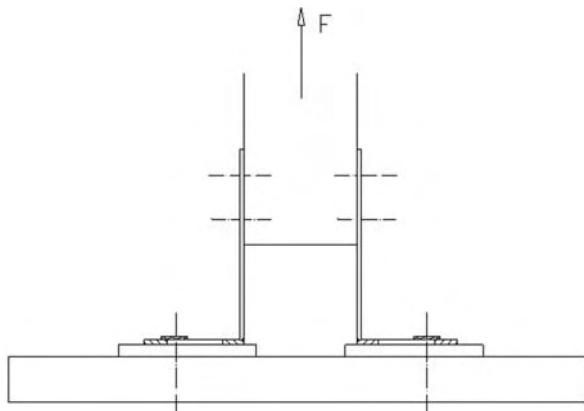


Figure A 2.3

#### 2. Nombre d'éprouvettes

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

#### 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 A 2.3.

Cette fixation est constituée par un boulon du diamètre (généralement Ø 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 (Ø 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  $\leq 500$  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  $\alpha \times \varphi$ ,  $\varphi$  étant défini ci-après (cf. figure A 2.4).

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 A 2.4.

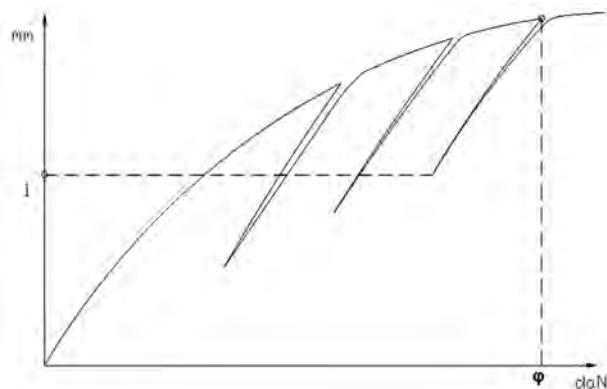


Figure A 2.4

On appelle  $\varphi$  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), que les pattes sont qualifiées pour supporter les effets de dépression et pression correspondantes.

### 3.1 Expression des résultats

A partir des premiers cycles de fatigue effectués à la force

$$F = \alpha \cdot \varphi$$

en prenant comme première valeur  $\alpha = 0,8$ , complétés par ajustements successifs (en faisant varier  $\alpha$ ), 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 » de la patte, la valeur :

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

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

Le facteur  $n$  correspond au nombre d'attachments essayées dans le montage considéré, soit 2 pour les attaches

asymétriques (équerres) et 1 pour les attaches symétriques (étriers).

On appellera « résistance admissible » (sous VENT NORMAL) de la patte, la valeur :

$$Ra = \frac{Rc}{2}$$

où le facteur 2 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).

*Remarque :*

1. *Les essais en cycles peuvent être :*
  - soit entrepris à la suite sur le même montage ayant permis de déterminer la charge  $\varphi$ ,
  - 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  $\alpha$  doit être faite au cours des 75 premiers cycles de la série, la valeur  $F$  à retenir étant validée par les 75 derniers cycles.*

*Nota :*

*Lorsque l'on admet une déformation irréversible atteignant 1 mm après 150 cycles, les pattes en acier de dimensions courantes, disposées en entraxe 1,35 m sur chevrons d'entraxe 0,60 m (soit 1,23 pattes/m<sup>2</sup>), autorisent une charge admissible en dépression sous vent normal de l'ordre de 90 à 110 daN, soit 900 à 1100 pascals.*

## ANNEXE 3

# Performances du liteau bois de section courante 40 x 14 mm

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

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

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

$$E = 8000 \text{ MPa} = 8.10^9 \text{ Pa}$$

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 :

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

soit N/m = 536

Dans le cas où l'entraxe des liteaux est de 20 cm, ce qui conduit à 5 m/m<sup>2</sup>, la charge précédente correspond à une pression ou une dépression due aux actions de vent de valeur :

$$\begin{aligned} V &= 536/0,20 (\text{N/m}^2) \\ &= 2680 \text{ N/m}^2 \\ &= 2680 \text{ Pa} \end{aligned}$$

- Ce litéau 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 MPa (8.10<sup>9</sup> N/m<sup>2</sup>)

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

$$\begin{aligned} q (\text{N/m}) &= (384 \times EI \times f)/2,425 \times L^4 \\ &= (384 \cdot 8.10^9 \times 7,466 \times 2.10^{-3})/2,425 \times 60^4 \\ &= 1459 \\ \text{soit } q (\text{daN/m}) &= 145,9 \end{aligned}$$

Dans le cas où l'entraxe des liteaux est de 20 cm, ce qui conduit à 5 m/m<sup>2</sup>. La charge précédente correspond à une masse au m<sup>2</sup> de peau de valeur égale à :

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

### Remarque importante

Pour des bois de faible section, 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

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

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

$$\text{et } V = \frac{q}{0,2} = \frac{226}{0,2} = 1130 \text{ Pa}$$

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

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

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

$$q = 1459 \times 3,15 / 7,466 = 615,6 \text{ N/m}$$

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

(au lieu de 7290 N/m<sup>2</sup> en section pleine)

## ANNEXE 4

# Résistance des fixations dans les chevrons

### **première partie**

## DÉTERMINATION DE LA RÉSISTANCE ADMISSIBLE À L'ARRACHEMENT D'UNE FIXATION MÉCANIQUE DANS UN CHEVRON DE BARDAGE RAPPORTÉ

### **1. Domaine d'application**

Ce document s'applique à toute fixation mécanique dans un chevron.

- Les fixations mécaniques visées sont plus particulièrement les clous spéciaux, à savoir :
  - clous crantés ou annelés,
  - clous torsadés,
  - et les vis à bois, lorsque ces fixations sont enfoncées perpendiculairement à la surface du chevron.
- Les chevrons concernés sont les chevrons type bois courant de charpente présentant un classement mécanique correspondant au minimum à la classe C18 selon la norme NF EN 338 et qui satisfont en outre aux conditions de durabilité correspondant à la classe 2 de risques biologiques définis par la norme NF B 50-100.
- Différentes essences (dont les plus courantes sont l'épicéa et le pin sylvestre) pouvant répondre aux conditions ci-dessus, on devra préciser l'essence retenue pour les essais, les résultats obtenus ne pouvant s'appliquer qu'à celle-ci.

### **2. Principe des essais**

Les essais consistent à enfoncer, selon une profondeur donnée d'enfoncement correspondant à la mise en œuvre réelle, un nombre suffisant d'exemplaires de la fixation à essayer, dans du bois de chevron d'essence donnée prêt à l'emploi (c'est-à-dire traité si nécessaire) et à mesurer l'effort nécessaire pour arracher les fixations, lorsque cet effort est appliqué perpendiculairement à la surface du chevron (c'est-à-dire appliqué selon l'axe de la fixation).

### **3. Modalités des essais**

#### **3.1 Définition des éprouvettes**

On utilisera comme éprouvettes d'essai des segments de chevron du type retenu et l'on notera son essence et le fait que le bois a été traité.

La longueur des segments sera au moins égale à 60 cm et, dans la mesure du possible, chaque segment devra correspondre à un chevron différent du lot disponible.

Le bois du chevron devra être sec à l'air, c'est-à-dire que son taux d'humidité doit être au plus égal à 18 % en poids.

#### **3.2 Nombre de fixations à essayer**

Le nombre de fixations à essayer est normalement égal à 15. Il pourra toutefois être exceptionnellement porté à 25 ou même à 35 dans les cas suivants :

- le plus faible des 15 premiers résultats apparaît correspondre à une valeur anormalement basse (\*) : le nombre de fixations est alors porté de 15 à 25 ;
- les deux plus faibles des 25 premiers résultats apparaissent correspondre à des valeurs anormalement basses : le nombre de fixations est alors porté de 25 à 35.

#### **3.3 Préparation des éprouvettes**

Les fixations seront posées par groupe de cinq par segment de chevron. En conséquence, l'essai normal portant sur 15 fixations nécessitera 3 éprouvettes.

On prendra comme face de pose, la face dite vue du chevron en œuvre, en vérifiant bien que l'épaisseur sous-jacente à cette face est au moins égale à la somme de la profondeur d'enfoncement des fixations à essayer et d'une garde de 10 mm à prévoir sous queue de fixation.

Si plusieurs faces du segment de chevron répondent aux conditions, la face d'expérimentation sera choisie au hasard.

#### **3.4 Emplacement des fixations**

Les fixations seront alignées le long de l'axe médian de la face d'expérimentation de l'éprouvette, selon un entraxe égal à 10 cm si toutefois l'appareil d'arrachement peut se satisfaire d'un tel entraxe ; quand l'encombrement de cet appareillage exige un entraxe supérieur, les 5 fixations seront disposées sur une éprouvette de longueur égale à 6 fois l'entraxe.

En tout état de cause, quelle que soit la valeur de l'entraxe, celle-ci devra être respectée à  $\pm 1$  mm, pour ne pas éviter un défaut du bois et ainsi le prendre en compte.

#### **3.5 Pose des fixations**

Les fixations seront mises en place conformément aux prescriptions du fournisseur, en ce qui concerne l'outillage et les dispositions à respecter (par ex. éventuel avant-trou foré au diamètre  $\varnothing$ -n dans le cas des vis à bois de diamètre  $\varnothing$ ).

L'enfoncement est effectué selon la profondeur correspondant à la mise en œuvre réelle, à l'aide de l'outil normalement prévu par cette mise en œuvre (marteau, visseuse, ...).

\* On entend par anormalement basse, la valeur qui serait inférieure au tiers de la moyenne des autres résultats.

### 3.6 Exécution des essais

L'éprouvette préparée est disposée dans une machine de traction, laquelle doit permettre une croissance lente et continue de l'effort exercé.

La vitesse d'arrachement doit être de l'ordre de 10 mm/minute et l'effort d'arrachement dirigé selon l'axe de la fixation.

L'appareil doit simultanément indiquer :

- d'une part, la charge exercée avec une précision au plus égale à 5 % de la charge mesurée,
- d'autre part, le déplacement de la fixation avec une précision au moins égale à 1/10 mm.

Dans la mesure où l'exécution des essais n'a pas été entachée d'une erreur ou d'une fausse manœuvre, aucun résultat ne doit être supprimé.

### 3.7 Mesures effectuées

Les mesures effectuées durant les essais concernent :

- d'une part, la valeur maximale d'arrachement :  $F_m$ ,
- d'autre part, la valeur de la charge correspondant à un déplacement de la fixation de 0,5 mm :  $F_{0,5}$ .

### 3.8 Interprétation des résultats et détermination de la charge admissible

Les limites inférieures  $X_m$  et  $X_{0,5}$  des valeurs mesurées  $F_m$  et  $F_{0,5}$  (telle que 85 % de toutes les valeurs soient supérieures à  $X$  avec une probabilité de 90 %) sont prises égales respectivement :

- à la plus petite valeur si...  $n = 15$  essais,
- à l'avant-dernière valeur si...  $n = 25$  essais,
- à l'avant-avant dernière valeur si...  $n = 35$  essais.

La valeur retenue comme charge admissible est prise égale à la plus faible des deux valeurs :

- soit :  $X_m/S_m$
- soit :  $X_{0,5}/S_{0,5}$

où  $S_m$  et  $S_{0,5}$  sont des valeurs des coefficients de sécurité à prendre en compte, à savoir dans le cas du bois de charpente de classe C 18 :

$$S_m = 1,5$$

$$S_{0,5} = 1,2.$$

Une rupture restant possible, dans la réalité, en appliquant la charge admissible découlant d'une des deux formules ci-dessous, la valeur réciproque de la résistance admissible de la fixation doit être considérée comme valeur de la résistance admissible sous VENT EXTREME.

Pour exprimer la valeur de la résistance admissible d'une fixation à prendre en compte sous VENT NORMAL, il conviendrait de multiplier par 1,75 la valeur des coefficients de sécurité ci-dessous considérés qui devient alors :

$$S'm = 2,75$$

$$S'_{0,5} = 2$$

## deuxième partie

### VÉRIFICATION DES EFFORTS DE CISAILLEMENT SUR LES FIXATIONS

- a) Les efforts de cisaillement repris par les fixations, vis ou clous sont fonction du poids propre du bardage et de l'effet de levier résultant de la géométrie de la patte (fig. A 4.1).

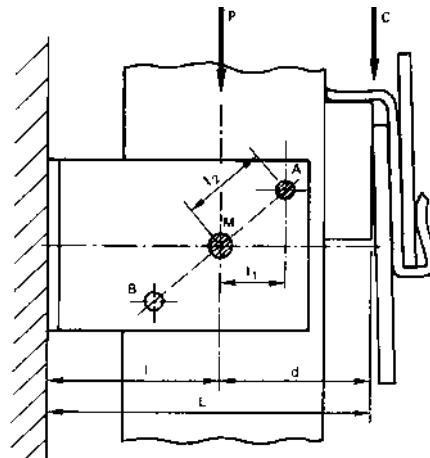


Figure A 4.1

- b) Application numérique.

#### 1. Bardage léger

- Epaisseur d'isolant = 60 mm
- Lame d'air ventilée = 20 mm
- Bardeaux de fibres-ciment posés au crochet sur liteaux 40 × 14 mm
- Densité des pattes de fixation = 1,25 pattes/m<sup>2</sup>
- Poids de chevron : 2 daN/m<sup>2</sup>
- Poids des bardeaux : 8 daN/m<sup>2</sup>

d'où un poids total de 10 daN/m<sup>2</sup>, 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  $P = 8 \text{ daN}$ .

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  $F_c$ ,

$$F_c = P l / l_2 \quad \text{tirée de } P = l_2 F_c$$

Avec :

$$l = 50 \text{ mm} \text{ et } l_2 = 25 \text{ mm},$$

$$F_c = \frac{P50}{25} = 2P = 2 \times 8 \text{ daN} = 16 \text{ daN}.$$

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  $F_c$  devient donc  $F_c = 16 \times 1,5 = 24 \text{ daN}$ .

La résistance admissible d'un clou ou d'une vis  $\emptyset = 3,5$  mm,  $R_a = 43/53$  daN peut suffire (cf. tableau § 2.2.4.2.1)

## 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<sup>2</sup>
- poids des dalles : 28 kg/m<sup>2</sup>
- charge appliquée en C = 28 + 2 = 30 daN/m<sup>2</sup>

soit, pour une patte :

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

- charge en P = C = 24 daN
- effort de cisaillement en A :

$$F_c = P / I_2 = 2P \text{ soit } F_c = 48 \text{ daN}$$

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

$$F_c = 48 \text{ daN} \times 1,5 = 72 \text{ daN}$$

Dans ce cas, on peut utiliser soit 2 vis complémentaires  $\emptyset 3,5 \times 50$  mm ( $R_a = 53$  daN), soit 1 vis  $\emptyset = 4,5 \times 45$  mm ( $R_a = 73$  daN).

## ANNEXE 5

---

### Éléments de calcul thermique

- Le calcul du coefficient de transmission global s'effectue selon le DTU « Règles Th-K » (mise à jour d'octobre 1985, *Cahier du CSTB 2032*) à partir des valeurs K du coefficient moyen en partie courante, données par la formule :

$$K(\text{en W/m}^2\text{K}) = -1/(1/K_0 + Rp + 0,05)$$

où

$K_0$  : coefficient moyen en partie courante du mur avant bardage,

$Rp$  : résistance thermique de l'ensemble « Isolant + ossature » et dont la valeur est donnée ci-après selon les trois cas de pose,

0,05 : augmentation de la résistance d'échanges superficiels due à la lame d'air ventilée.

- Cas où l'isolant passe (sans être écrasé) derrière les chevrons :

$$Rp = R$$

où  $R$  est la résistance thermique de l'isolant.

- Cas où l'isolant est arrêté au droit des chevrons, lesquels prennent directement appui sur la structure porteuse :

$$Rp = c \times R$$

où  $c$  est le coefficient correspondant à la prise en compte des ossatures, dont les valeurs, pour un entraxe des chevrons de l'ordre de 60 cm, sont données par le tableau ci-après, repris du paragraphe 4.6.2 du DTU précité.

Conductivité thermique de l'isolant en $\text{W/m}^\circ\text{C}$	De 0,025 à 0,034	De 0,035 à 0,044	De 0,045 à 0,054	De 0,055 à 0,065
C	0,72	0,78	0,82	0,86

- Cas où l'isolant est disposé en deux couches successives, l'une d'épaisseur  $e_1$ , passant derrière les chevrons, l'autre d'épaisseur  $e_2$  étant arrêtée au droit des chevrons :

$$Rp = Rp_1 + Rp_2$$

où :

$Rp_1$  : résistance thermique de la couche continue d'épaisseur  $e_1$ , soit :

$$Rp_1 = R_1$$

où  $R_1$  est la résistance thermique de la couche d'isolant considéré

$Rp_2$  : résistance thermique de la couche d'épaisseur  $e_2$ , comprenant isolant et ossature, soit :

$$Rp_2 = c \times R_2$$

où  $R_2$  étant la résistance thermique de la couche d'isolant considéré et  $c$  le coefficient correspondant à la prise en compte des ossatures dont les valeurs sont précisées dans le tableau ci-avant.

- Si l'isolant concerné fait l'objet de la Certification ACERMI, la valeur  $R$  sera prise égale à celle donnée par le Certificat délivré par l'ACERMI (4, avenue du Recteur-Poincaré, 75016 Paris).

En l'absence de Certification, la valeur  $R$  de la résistance thermique de l'isolant utilisé sera calculée conformément au DTU « Règles Th-K » (édition 1988).

## ANNEXE 6

# Définition des atmosphères extérieures Protection contre la corrosion<sup>(1)</sup>

## 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 P 24-351. Elle renseigne également sur la compatibilité électrochimique.

## 2 Atmosphères extérieures directes (E<sub>11</sub> à E<sub>19</sub>)

### 2.1 Atmosphère rurale non polluée : E<sub>11</sub>

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.

### 2.2 Atmosphère normale urbaine ou industrielle : E<sub>12</sub>

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.

### 2.3. Atmosphère sévère urbaine ou industrielle : E<sub>13</sub>

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.

## 2.4 Atmosphères marines

### 2.4.1 Atmosphère des constructions situées entre 10 et 20 km du littoral : E<sub>14</sub>

### 2.4.2 Atmosphère des constructions situées entre 3 et 10 km du littoral : E<sub>15</sub>

### 2.4.3 Bord de mer : E<sub>16</sub>

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).

## 2.5 Atmosphères mixtes

### 2.5.1 Atmosphère mixte normale : E<sub>17</sub>

Milieu correspondant à la concomitance de l'atmosphère marine de bord de mer E<sub>16</sub> et de l'atmosphère normale urbaine ou industrielle E<sub>12</sub>.

### 2.5.2 Atmosphère mixte sévère : E<sub>18</sub>

Milieu correspondant à la concomitance de l'atmosphère marine de bord de mer E<sub>16</sub> et de l'atmosphère sévère urbaine ou industrielle E<sub>13</sub>.

### 2.5.3 Atmosphère aggressive : E<sub>19</sub>

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.

## 3 Atmosphères extérieures protégées et ventilées (E<sub>21</sub> à E<sub>29</sub>)

Milieux correspondants à celui d'une lame d'air (ou volume d'air) ventilée, selon définition de la norme P 28-002 (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.

1. Reprise du Cahier du CSTB n° 3194 – Annexe 3.

**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 profilés d'ossature (porteurs verticaux ou lisses horizontales) pourront être considérés comme 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 chevrons au gros-œuvre (cf. § 2.1.3 du document de base).

**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 de l'ensemble des parties concernées. Une telle étude est du ressort du fabricant.

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

Atmosphères extérieures directes (¹)								
E <sub>11</sub>	E <sub>12</sub>	E <sub>13</sub>	E <sub>14</sub>	E <sub>15</sub>	E <sub>16</sub>	E <sub>17</sub>	E <sub>18</sub>	E <sub>19</sub>
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 <sup>2</sup>	(²)	(²)	395 g/m <sup>2</sup>	395 g/m <sup>2</sup>	395 g/m <sup>2</sup>	E.S.
Atmosphères extérieures protégées et ventilées (¹)								
E <sub>21</sub>	E <sub>22</sub>	E <sub>23</sub>	E <sub>24</sub>	E <sub>25</sub>	E <sub>26</sub>	E <sub>27</sub>	E <sub>28</sub>	E <sub>29</sub>
Idem	Idem	Idem	Idem	Idem	Idem	Idem	Idem	Idem
E <sub>11</sub>	E <sub>12</sub>	E <sub>13</sub>	E <sub>14</sub>	E <sub>15</sub>	E <sub>16</sub>	E <sub>17</sub>	E <sub>18</sub>	E <sub>19</sub>

*Nota : 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 P 24-351 (en référence à la norme NF EN ISO 1461).

- Définies aux § 2 et 3 de la présente annexe.
- Masses locales minimales de revêtement :

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

**Tableau 2 – Acier - Galvanisation à chaud en continu (Revêtement de zinc)**

Atmosphères extérieures directes (¹)								
E <sub>11</sub>	E <sub>12</sub>	E <sub>13</sub>	E <sub>14</sub>	E <sub>15</sub>	E <sub>16</sub>	E <sub>17</sub>	E <sub>18</sub>	E <sub>19</sub>
Rurale	Urbaine ou industrielle		Marine			Mixte		Agressive
	Normale	Sévère	10 < d < 20 km	3 < d < 10 km	d < 3 km	Normale	Sévère	
Z 350	Z 450	E.S.	Z 450	E.S.	E.S.	E.S.	E.S.	E.S.
Atmosphères extérieures protégées et ventilées (¹)								
E <sub>21</sub>	E <sub>22</sub>	E <sub>23</sub>	E <sub>24</sub>	E <sub>25</sub>	E <sub>26</sub>	E <sub>27</sub>	E <sub>28</sub>	E <sub>29</sub>
Z 275	Z 275	Z 350	Z 350	Z 350	Z 450	Z 450	Z 450	E.S.

*Nota : d = distance de la construction au littoral en km  
E.S. = Etude Spécifique*

Z 275 = 275 g/m<sup>2</sup> double face  $\geq$  20  $\mu\text{m}/\text{face}$   
Z 350 = 350 g/m<sup>2</sup> double face  $\geq$  25  $\mu\text{m}/\text{face}$   
Z 450 = 450g/m<sup>2</sup> double face  $\geq$  32  $\mu\text{m}/\text{face}$

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

**Tableau 3 – Acier - Revêtements métalliques par immersion à chaud en continu (Galvanisation ou revêtements spécifiques)**

Atmosphères extérieures directes (¹)								
E <sub>11</sub>	E <sub>12</sub>	E <sub>13</sub>	E <sub>14</sub>	E <sub>15</sub>	E <sub>16</sub>	E <sub>17</sub>	E <sub>18</sub>	E <sub>19</sub>
Rurale	Urbaine ou industrielle		Marine			Mixte		Agressive
	Normale	Sévère	10 < d < 20 km	3 < d < 10 km	d < 3 km	Normale	Sévère	
Z 275 ou ZA 275	ZA 300	ZA 350	ZA 350	ZA 350	ZA 350	E.S.	E.S.	E.S.
Atmosphères extérieures protégées et ventilées (¹)								
E <sub>21</sub>	E <sub>22</sub>	E <sub>23</sub>	E <sub>24</sub>	E <sub>25</sub>	E <sub>26</sub>	E <sub>27</sub>	E <sub>28</sub>	E <sub>29</sub>
Z 275	Z 275	ZA 300	Z 275 ou ZA 275	ZA 350	ZA 350	ZA 350	E.S.	E.S.

*Nota : d = distance de la construction au littoral en km  
E.S. = Etude Spécifique*

*Spécifications des traitements Z en 5.1.1.3.1 et ZA en 5.1.1.3.2. de la norme NFP 24-351.*

Z 275 = 275 g/m<sup>2</sup> double face  $\geq$  21  $\mu\text{m}/\text{face}$ .  
Z 300 = 300 g/m<sup>2</sup> double face  $\geq$  23  $\mu\text{m}/\text{face}$ .  
Z 350 = 350g/m<sup>2</sup> double face  $\geq$  27  $\mu\text{m}/\text{face}$ .

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

**Tableau 4 – Aluminium - Anodisation (\*)**

Atmosphères extérieures directes (¹)								
E <sub>11</sub>	E <sub>12</sub>	E <sub>13</sub>	E <sub>14</sub>	E <sub>15</sub>	E <sub>16</sub>	E <sub>17</sub>	E <sub>18</sub>	E <sub>19</sub>
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)								
E <sub>21</sub>	E <sub>22</sub>	E <sub>23</sub>	E <sub>24</sub>	E <sub>25</sub>	E <sub>26</sub>	E <sub>27</sub>	E <sub>28</sub>	E <sub>29</sub>
Pas de nécessité de protection particulière								E.S.

Nota : d = distance de la construction au littoral en km  
E.S. = Etude Spécifique  
Les symboles des classes d'épaisseur d'anodisation sont ceux de la norme NF A 91-450 :  
AA 15 = 15 µm d'épaisseur moyenne minimale.  
AA 20 = 20 µm d'épaisseur moyenne minimale.  
1. Définies aux § 2 et 3 de la présente annexe.

(\*) Conservation d'aspect uniquement.

**Tableau 5 - Acier inoxydable (\*)**

Atmosphères extérieures directes (¹)									
Nuance d'acier	E <sub>11</sub>	E <sub>12</sub>	E <sub>13</sub>	E <sub>14</sub>	E <sub>15</sub>	E <sub>16</sub>	E <sub>17</sub>	E <sub>18</sub>	E <sub>19</sub>
	Rurale	Urbaine ou industrielle		Marine			Mixte		Agressive
		Normale	Sévère	10 < d < 20 km	3 < d < 10 km	d < 3 km	Normale	Sévère	
( <sup>2</sup> )	■	○	-	○	-	-	-	-	-
( <sup>3</sup> )	■	■	○	■	■	○	○	-	-
( <sup>4</sup> )	■	■	○	■	■	■	■	○	○
( <sup>5</sup> )	■	■	○	■	■	■	■	○	○
Atmosphères extérieures protégées et ventilées (¹)									
	E <sub>21</sub>	E <sub>22</sub>	E <sub>23</sub>	E <sub>24</sub>	E <sub>25</sub>	E <sub>26</sub>	E <sub>27</sub>	E <sub>28</sub>	E <sub>29</sub>
( <sup>2</sup> )	■	■	■	■	■	○	○	-	-
( <sup>3</sup> )	■	■	■	■	■	■	■	○	○
( <sup>4</sup> )	■	■	■	■	■	■	■	○	○
( <sup>5</sup> )	■	■	■	■	■	■	■	■	○

Nota : d = distance de la construction au littoral en km.  
■ Nuance adaptée   ○ Etude spécifique   - Non adapté  
1. Définies aux § 2 et 3 de la présente annexe.  
2. Nuance X6 Cr 17 (ancienne Z8 C 17).  
3. Nuance X5 Cr Ni 18-10 (ancienne CN 18-09).  
4. Nuance X2 Cr Ti 18-2 (ancienne Z3 CDT 18-02).  
5. Nuance X2 Cr Ni Mo 17-12-2 (ancienne Z3 CND 17-12-02).

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

Tableau 6 - Compatibilités électrochimiques

Matériaux Constituants de l'ossature	Atmosphères types	Matériaux de fixation (vis, rivets, ...)				
		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

## Documents de référence

Circulaire du 3 juillet 1991 modifiant l'Instruction technique n° 249 relative aux façades, jointe à la circulaire du 21 juin 1982.

NF P 21-204-1 (DTU 31.2) : Construction de maisons et bâtiments à ossature en bois - Cahier des clauses techniques.

NF P 24-351(juillet 1997): Menuiserie métallique - Fenêtres, façades rideaux, semi-rideaux, panneaux à ossature métallique - Protection contre la corrosion et préservation des états de surface.

NF P 15-202-1 (DTU 27.1) : Réalisation de revêtements par projection pneumatique de fibres minérales avec liant - Cahier des clauses techniques.

NF P 65-210 (DTU 41.2) : Revêtements extérieurs en bois – Partie 1 : Cahier des clauses techniques.

NF A 91-131(avril 1962): Fils d'acier galvanisés à chaud - Spécification du revêtement de zinc.

NF B 52-001-1 (décembre 1998) : Règles d'utilisation du bois dans les constructions - Partie 1 : Niveaux de résistance des pièces de bois.

Règles Th-K (DTU P 50-702) (février 1997) : Règles de calcul des caractéristiques thermiques utiles des parois de construction.

NF EN 335-1 (B 50-100-1) (octobre 1992) : durabilité du bois et des matériaux dérivés du bois – Définitions des classes de risque d'attaque biologique – Partie 1 : généralités..

NF EN 335-2 (B 50-100-2) (octobre 1992) : durabilité du bois et des matériaux dérivés du bois – Définitions des classes de risque d'attaque biologique – Partie 2 : application au bois massif.

NF EN 338 (P 21-353) (mai 1995) : Bois de structure – Classes de résistance.







PARIS - MARNE-LA-VALLÉE - GRENOBLE - NANTES - SOPHIA ANTIPOLIS  
**CENTRE SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE DU BATIMENT**