

Reef4 version 4.3.4 - Edition 162 - Décembre 2010

Document : GS 2 : Ossature métallique et isolation thermique des bardages rapportés faisant l'objet d'un avis technique ou d'un constat de traditionalité - Conditions générales de conception et de mise en oeuvre (Cahiers du CSTB, Cahier 3194, février 2000)
+ Modificatif 1 version 2 (Cahier 3586_v2, avril 2009)

Commission chargée de formuler des Avis Techniques

Cahier CSTB 3194
Janvier-Février 2000

Groupe spécialisé n° 2 - Constructions, façades et cloisons légères

ossature métallique et isolation thermique des bardages rapportés faisant l'objet d'un Avis Technique ou d'un constat de traditionalité

conditions générales de conception et de mise en oeuvre

Statut

Ndlr : Les Cahiers de prescriptions techniques (CPT) sont des parties intégrantes d'Avis Techniques présentant des dispositions communes. Ces CPT ne sont donc pas des textes à utiliser seuls, mais conjointement avec l'Avis technique qui y fait référence, et qui peut les compléter ou les amender.

Inclut le modificatif 1 version 2 d'avril 2009 (cahier 3586-V2).

Analyse

Ce document a pour objet de rappeler les exigences les plus généralement retenues en ce qui concerne les ossatures métalliques 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 métallique et celle de l'isolation thermique associée,
- la mise en oeuvre habituelle des constituants précédemment décrits permettant de satisfaire à ces exigences.

Le présent document a été rédigé par Jean DOLE, Ingénieur du CSTB à la demande du Groupe Spécialisé n° 2 de la Commission chargée de formuler des Avis Techniques, avec la participation d'un groupe de travail constitué de :

- M. PREVOST AFFIX
- M. JOURDAN G2M/VETISOL
- M. LAVICE BATI PROFIL
- M. DOUCET C.E.P.
- M. ABRAHAM CSTB
- M. GILLIOT CSTB
- M. SABE et M. BISSERY Chambre Syndicale du ZINC
- M. DEREUX ETANCO
- M. MANANT/M. MOLINIER ETERNIT
- M. LALLEMENT FAYNOT
- M. ACKER N. T. B.
- M. PROST/M. SOULIER P.A.B.
- M. LEFEVBRE R.A.S.F.
- M. REBULARD REBULARD FACADE
- M. DAVOUS SICOF
- M. ROYER SMAC-ACIEROID
- M. DENIS / M. KRIMM SOCOTEC
- M. MICHEL VERITAS
- M. THONNES WAGNER

Ont également apporté leur concours :

- M. BEDAS DIMOS BATIMENT
- M. BEZON G2M/ZOLPAN
- M. GERVOISE HOOGOVENS ALUMINIUM
- M. CARADEC SAFAMA
- M. BUSSEMEY SNPA/KNAUF
- M. POINET BATIPROFIL
- M. RABILLOUD SPIT

Avant-propos

1. Introduction

1.1 Objet du document

Ce document a pour objet de rappeler les exigences les plus généralement retenues en ce qui concerne les ossatures métalliques 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 métallique et celle de l'isolation thermique associée,
- la mise en oeuvre habituelle des constituants précédemment décrits permettant de satisfaire à ces exigences.

En l'absence d'un DTU « 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 métallique et sa mise en oeuvre 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 est le plus souvent fonction des éléments de paroi constituant la peau du bardage :

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

Pour 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. Une application dans les DOM-TOM doit faire l'objet d'additifs spécifiques.

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 oeuvre 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 structure porteuse, le gros oeuvre 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 n° 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 profilés disposés en réseau vertical. Du moins, seul ce type d'ossature sera pour l'instant considéré.

Ces profilés verticaux peuvent être solidarités à la structure porteuse, soit en contact direct, soit le plus souvent à l'aide de pattes de fixation (équerres en T, étrier en U, ...) qui permettent de compenser les écarts de planéité du support.

Les peaux composées de grandes plaques ou de lames disposées horizontalement sont généralement fixées directement sur le réseau vertical de profilés.

Les peaux composées de lames disposées verticalement ou de petits éléments, sont généralement fixées sur un réseau intermédiaire de lisses horizontales, lui-même fixé sur le réseau vertical de profilés.

1.2.4 Isolation thermique

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).

1.3 Principes de conception

1.3.1 Stabilité, déformation, résistance

1.3.1.1 Stabilité d'ensemble

La sécurité doit être assurée dans les mêmes conditions que pour n'importe quelle construction vis-à-vis des sollicitations usuelles (charges permanentes, surcharges climatiques, effets des variations de température, ...).

Les principes établis par les documents de base tel que le DTU P 22-701 (Règles CM) pour les ossatures en acier ou le DTU P 22-702 (Règles AL) pour les ossatures en alliages d'aluminium restent valables, notamment en ce qui concerne :

- les sollicitations prises en compte,
- les coefficients de pondération,
- les méthodes de vérification de la sécurité, soit par le calcul en élasticité, soit par essais, soit encore par combinaison d'essais et modélisation par logiciel adapté (éléments finis) à l'exclusion de toute méthode de calcul de plasticité, inapplicable à ce type d'ouvrage réalisé avec des éléments à parois minces.

Une attention particulière doit être apportée lors des vérifications vis-à-vis des risques de déversement, voilement, torsion, ... auxquels les éléments à parois minces sont plus sensibles.

1.3.1.2 Déformations

Les déformations doivent rester dans des limites admissibles :

- soit fixées par les conditions d'emploi (flèches admissibles par exemple cf. § 2.1.4 et 2.4.3),
- soit parce que les hypothèses de base des calculs cessent d'être valables au-delà d'une certaine valeur des déformations.

En tout état de cause, les déformations acceptées doivent rester compatibles avec celles des éléments de peau de bardage notamment lorsque ces derniers sont rigides et fragiles et maintenus par des dispositifs de fixations rigides ou présentant des emboîtements ou recouvrements de faibles valeurs. Les exigences particulières sont spécifiées dans les Avis Techniques et Constats de Traditionalité.

1.3.1.3 Résistance des éléments

Il faut vérifier :

- d'une part, la sécurité contre la plastification ou la rupture,
- d'autre part, la sécurité par rapport à la charge provoquant l'apparition des phénomènes d'instabilité de forme (flambement, déversement, voilement).

Pour certains profilés à parois minces, des efforts secondaires peuvent provoquer des déformations de la section transversale modifiant ainsi leur comportement.

1.3.2 Variations dimensionnelles

La prise en compte des lois physiques appliquées aux phénomènes de dilatation doit conduire à une conception permettant d'assurer une libre dilatation des profilés ou tout au moins de limiter convenablement les contraintes et/ou déformations résultant d'un montage dans lequel les mouvements seraient plus ou moins bridés.

1.3.2.1 Plage de température

Compte tenu d'une part de leur situation en arrière des éléments de revêtement (peau de bardage) et d'autre part de la présence d'une lame d'air ventilée, les valeurs de température susceptibles d'être

atteintes par les profilés d'ossature sont forfaitairement fixées à - 20 °C/+ 60 °C sauf conditions climatiques ou justifications particulières.

Remarque : Il existe des méthodes générales permettant de déterminer le régime thermique des parois en fonction de leurs caractéristiques et de leurs conditions d'environnement : températures d'ambiance extérieure et intérieure, flux solaire, régimes d'échange intérieur et extérieur, coefficient d'absorption des revêtements de surface, etc. Cependant, ces méthodes générales sont souvent lourdes à exploiter et nécessitent une définition rigoureuse des divers paramètres. Elles ne seront donc utilisées que pour justifier la prise en compte des valeurs de températures différentes de celles définies forfaitairement ci-dessus.

1.3.2.2 Coefficients de dilatation

Les coefficients de dilatation retenus sont :

- pour l'acier 12.10^{-6} m/m.K,
- pour les alliages d'aluminium 23.10^{-6} m/m.K.

Remarque : La pratique montre qu'une prévision de variation dimensionnelle respectivement de ± 1 mm par mètre pour l'aluminium et de $\pm 0,5$ mm par mètre pour l'acier est suffisante.

1.3.2.3 Conception d'ossature librement dilatable

Le fonctionnement en libre dilatation de l'ossature repose sur un principe d'assujettissement au gros oeuvre par point fixe et points coulissants (glissants).

Le point fixe, le plus généralement disposé en tête de profilé, reprend les charges verticales de poids propre, ainsi qu'une partie des efforts dus aux effets du vent, alors que les points coulissants, répartis le long du profilé, ne reprennent en principe que les efforts dus aux effets du vent.

Remarque 1 : Certaines considérations peuvent conduire à disposer la patte de point fixe ailleurs qu'en tête des profilés (coïncidence des joints de fractionnement des plaques de revêtement par exemple).

Remarque 2 : Si le coulissement entre pattes et profilé est contrarié (serrage excessif, défauts de planéité ou d'alignement, ...), les pattes de points glissants subiront des efforts dans le plan vertical. Les pattes devront, dans ce cas, subir des essais adaptés (cf. annexe 1, première partie), en vue de vérifier qu'elles sont aptes à reprendre de tels efforts.

1.3.2.4 Conception d'ossature bridée

Le fonctionnement d'une telle ossature repose sur un assujettissement pseudo-rigide au gros oeuvre au moyen de pattes de fixation réparties le long du profilé et reprenant chacune une part des efforts résultant :

- des charges de poids propre,
- des effets du vent,
- des effets de la dilatation.

Cette conception n'est envisageable que dans l'hypothèse de mouvements de faible amplitude pouvant être absorbés par les organes de fixation dans la limite de contraintes admissibles et de déformations élastiques ou plastiques (adaptation) vérifiées compatibles avec les éléments de revêtements prévus.

Remarque : Dans une telle conception, il est difficile d'évaluer les efforts transmis aux organes de liaison, notamment pour ceux situés en extrémités des profilés qui, outre les charges de poids propre et de vent, supporteront les effets dus à la dilatation en majoration ou minoration des charges de poids propre selon le sens des variations (dilatation ou retrait).

Les contraintes résultant de ces différents efforts sont reprises tant par les fixations entre profilés et patte (vis ou rivets) que par les fixations entre patte et gros oeuvre (ancrage), et sont plus ou moins atténuées en fonction de la déformabilité des pattes (dans le domaine élastique) et de l'adaptation de plasticité de l'assemblage (constitution de « rotules » locales).

Il ressort a priori des considérations ci-dessus, qu'en raison d'une part de l'absence de comportement élastique et d'autre part d'une sensibilité certaine à la fatigue, les ossatures réalisées en alliage d'aluminium ne sont pas les mieux adaptées à ce type de montage bridé.

Celui-ci peut être néanmoins envisagé pour des profilés de faible longueur (distance entre fixations extrêmes < 3 m) ancrés dans un gros oeuvre en béton (maçonneries d'éléments exclues) par des chevilles métalliques dans la mesure où les déformations localisées évoquées en remarque ci-dessus permettent de créer, dès la mise en service ou à court terme, les jeux nécessaires à une réduction sensible des contraintes initiales.

L'emploi des profilés en acier dans une conception de montage bridé peut être envisagé plus favorablement dans la mesure où :

- d'une part, le coefficient de dilatation de l'acier est de moitié inférieur à celui des alliages d'aluminium et que,
- d'autre part, la géométrie des pattes est étudiée pour permettre des déformations « élastiques » suffisantes pour absorber les contraintes additionnelles induites par la dilatation des profilés.

Remarque : Dans de tels systèmes d'ossature acier, dont certains sont commercialisés depuis plus de 15 ans sans qu'il ait été constaté de désordres apparents, on retrouve :

- des profilés de longueur maximale 6 m,
- des éclisses de raccordement en extrémités des profilés qui bien que montées assez serrées ne s'opposent que partiellement aux variations de longueur des profilés,
- des pattes-équerres de fixation au gros oeuvre présentant sous charge verticale une bonne déformabilité, voire une pseudo-articulation au niveau des pattes avec rallonge à coulisse.

Il est à noter également que les déformations observées au-delà de la limite d'élasticité sont encore d'une grande amplitude avant qu'elles ne conduisent à la ruine des pattes ou à une perte significative de leur résistance.

Concernant les risques d'affaiblissement dus à d'éventuels phénomènes de fatigue, ceux-ci ne paraissent pas à craindre pour ces pattes en acier, dans la mesure où les fréquences des alternances retrait-dilatation sont faibles (cycle journalier) ce qui pour une durée de vie escomptée de 50 ans, représente 2 à 3.104 cycles, et que par ailleurs les vitesses de variation sont assez lentes.

1.4 Justifications des dispositions constructives

Les dispositions constructives peuvent être justifiées par le calcul et/ou par expérimentation directe.

1.4.1 Justification par calcul

Les bases et méthodes de calcul sont celles précisées dans les DTU correspondants à la nature des métaux utilisés, à savoir :

- DTU P 22-701 (Règles CM) Règles de calcul des constructions en acier,
- DTU P 22-702 (Règles AL) Règles de conception et de calcul des charpentes en alliages d'aluminium,
- Règles de calcul des constructions en éléments à parois minces en acier.

Remarque : Ce dernier document publié dans le Cahier du CSTB n° 1564 a pour objet d'adapter les règles de calcul applicables aux constructions en acier en général (Règles CM) aux constructions légères en acier comportant des éléments aux parois particulièrement minces.

1.4.2 Justification par essais

En raison de la complexité des interactions en jeu sous sollicitations et de la susceptibilité des éléments à parois minces vis-à-vis des phénomènes d'instabilité de forme (déversement, voilement, cloquage, ...) le recours à l'expérimentation est un moyen de vérification fiable et parfois nécessaire.

Remarque : La norme expérimentale P 22-311-8 Construction Métallique Eurocode 3 « Calcul des structures en acier » Partie 1-1 Règles Générales et règles pour les bâtiments, chapitre 8 : Conception et dimensionnement assistés par l'expérimentation, constitue un guide à l'attention du concepteur qui désirerait s'appuyer sur des résultats expérimentaux.

Les annexes 1 et 2 du présent document précisent, par ailleurs, les modalités des essais relatifs aux attaches, fixations et assemblages.

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 profilés, les pattes de fixation, les éventuelles lisses, les isolants et les diverses fixations.

2.1 Profils d'ossature

2.1.1 Rappel des exigences

Compte tenu des dispositions prises à la mise en oeuvre (cf. chapitre III) et des conditions d'emploi, les profilés doivent présenter :

- une durabilité suffisante,
- une section assurant :
 - une déformabilité négligeable ou peu gênante sous l'action des agents climatiques (hygrothermie, vent),
 - des dimensions correctement adaptées à la position des fixations tant des attaches que des lisses ou des éléments de paroi.

2.1.2 Durabilité

2.1.2.1 Nature du métal

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

2.1.2.1.1 Profilés en acier

Profilés laminés à chaud

La nature de l'acier est conforme aux spécifications de la norme NF EN 10025 , la géométrie est conforme aux spécifications des normes françaises applicables dont l'indice de classement appartient à la série A45.

Profilés formés à partir de tôles

Les tôles utilisées pour la fabrication des profilés doivent être conformes aux spécifications des différentes normes françaises applicables dont l'indice de classement appartient à la série A 36-... (normes de produit) ou à la série A 46-... (normes de tolérances dimensionnelles).

2.1.2.1.2 Profilés en aluminium ou alliages

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

Profilés filés

Les caractéristiques de ces produits (généralement issus de la série 6000) sont conformes à la norme NF A 50-411 et les tolérances sur dimensions sont conformes à la norme expérimentale A 50-710.

Profilés formés à partir de laminés

Les caractéristiques de ces produits (généralement issus des séries 3000 ou 5000) sont conformes aux normes NF A 50-451 et NF A 50-506.

Dans le cas de produits formés à partir de tôles et bandes prélaquées, les caractéristiques sont conformés à la norme NF A 50-452.

2.1.2.1.3 Profilés en acier inoxydable

Les principales nuances d'acier inoxydable, selon NF EN 10088-2, à utiliser conformément aux spécifications de la norme NF P 24-351 (reprises dans l'annexe 3 du présent document) sont les suivantes :

- acier austénitique au chrome nickel X5 Cr Ni 18-10 (correspondant à l'ancienne nuance Z7 CN 18-09),
- acier inoxydable au chrome-nickel-molybdène X2 Cr Ni Mo 17-12-2 (correspondant à l'ancienne nuance Z3 CND 17-12-02),
- acier ferritique X6 Cr17 (ancienne nuance Z8 C 17) ou X2 Cr Mo Ti 18-2 (ancienne nuance Z3 CDT 18-02).

2.1.3 Protection

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

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

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

- l'ouvrage n'est pas situé en zone littorale (distance > 10 km),
- toutes dispositions auront été prises pour assurer un drainage évitant d'éventuelles stagnations d'eau d'infiltration ou de condensation,
- et que, par ailleurs, il n'y ait pas modification de l'aspect, tant vis-à-vis des parties de profilés partiellement vues, que des risques de coulures sur les parements.

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

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

2.1.3.1 Traitement de protection de l'acier

2.1.3.1.1 Galvanisation à chaud

Les revêtements obtenus par galvanisation, par immersion dans le zinc fondu (galvanisation à chaud) sur produits finis ou semi-finis doivent satisfaire à la norme NF A 91-121 (ou prEN 21461).

Nota : Cette norme NF A 91-121 spécifie, pour le métal de base, la norme NF A 35-503 et renvoie au fascicule de documentation A 91-122 en particulier pour la conception des pièces.

Les épaisseurs minimales des revêtements selon les atmosphères doivent satisfaire au tableau 1 de l'annexe 3 .Les formages ultérieurs sur produits semi-finis, par exemple par profilage aux galets ou pliage à la presse, ne doivent pas détériorer la protection.

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

Les produits obtenus par galvanisation à chaud en continu de tôles et bandes doivent satisfaire à l'une des normes suivantes NF EN 10147 ou P 34-310.

Les épaisseurs minimales des revêtements selon les atmosphères doivent satisfaire au tableau 2 de l'annexe 3.

2.1.3.1.3 Autres revêtements métalliques en continu

Des revêtements éprouvés assurant une protection des surfaces reconnue équivalente, pour l'application visée, aux procédés définis peuvent être utilisés (cf. norme NF A 91-010 : « Revêtements métalliques et traitement de surface des métaux - Terminologie - Classification - Symbolisation » et norme NF A 91-011 : « Revêtements métalliques - Désignations conventionnelles de conditions d'emploi »).

Nota : La justification de cette équivalence peut être donnée par un Avis Technique ou une évaluation technique, une ATEX ou une enquête technique d'un contrôleur technique agréé.

Il s'agit, en particulier, de revêtements métalliques d'alliages zinc-aluminium, avec un maximum de 5 % d'aluminium, dont les caractéristiques vis-à-vis de la corrosion et de la souplesse à la déformation ont été améliorées.

Les produits obtenus doivent satisfaire à l'une des normes NF EN 10147, NF EN 10214 et P 34-310 .

Dans ce cas, les épaisseurs minimales des revêtements selon les atmosphères doivent satisfaire au tableau 3 de l'annexe 3 .Les formages ultérieurs sur produits semi-finis, par exemple par profilage aux galets ou pliage à la presse, ne doivent pas détériorer la protection.

Nota : La norme P 34-310 donne des informations utiles sur ce point.

2.1.4 Section des profilés

La forme sera choisie en fonction de la facilité avec laquelle elle permettra l'adaptation des revêtements ou du réseau de lisses horizontales.

Les sections courantes sont indiquées figure 1 .

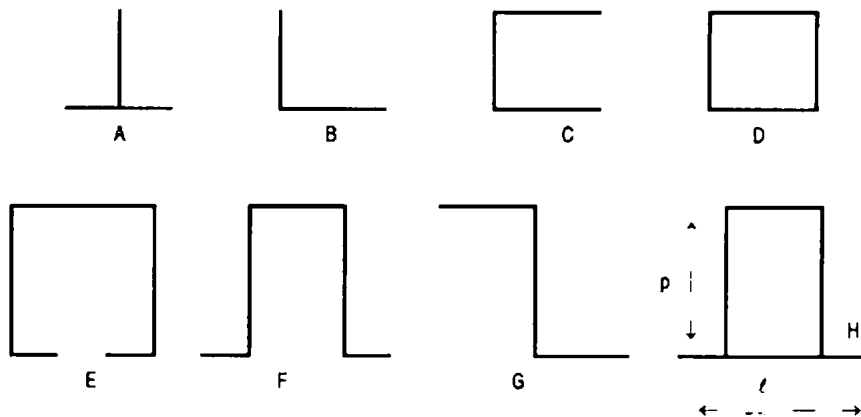


Figure 1

Les formes ouvertes telles que E et F peuvent être considérées comme « déformables » vis-à-vis de sollicitations transversales (cf. § 3.5.1.4)

La section caractérisée par la largeur vue « l » et la profondeur « p » doit répondre à un certain nombre de conditions.

En ce qui concerne la largeur vue « l », celle-ci, dans le cas où le joint vertical entre deux éléments, est prévue au droit d'un profilé porteur, 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, est par exemple au moins égale à 20 mm dans le cas des plaques de fibres-ciment et de stratifié HPL et à 12 mm dans le cas du stratifié polyester ;
- une garde « g » suffisante entre axe des fixations de l'élément et le bord du profilé (prise en compte deux fois). Cette garde minimale est au moins égale à 1,5 à 2 fois le diamètre nominal de la fixation. Se reporter selon la nature du métal aux DTU P 22-702 (Règles AL) et DTU P 22-701 CM 66 ou de l'Eurocode 3 (NF P 22-311) et § 2.2.4.2.1.

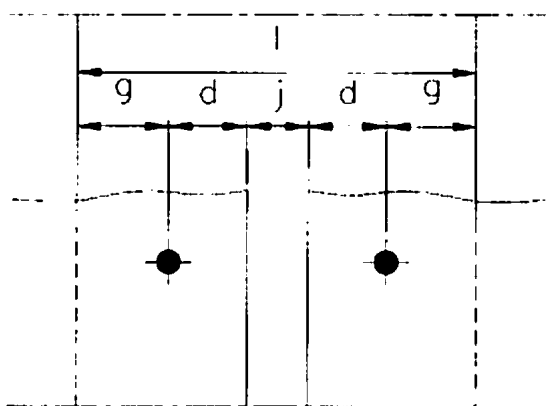


Figure 2

Remarque : Si la dimension horizontale des éléments de peau appelle un profilé intermédiaire (avec un seul alignement vertical de fixations), les dimensions de celui-ci reste généralement pour des raisons de facilité, identiques à celles du profilé au droit du joint.

- Compte-tenu de la largeur « l » vue retenue, l'inertie du profilé 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), soit inférieure au 1/200 de la portée entre fixations du profilé à la structure porteuse.

En tout état de cause, il sera vérifié en tant que de besoin, notamment dans le cadre de l'instruction des Avis Techniques et des Constats de Traditionalité que 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 pose.

Remarque 1 : Lorsque la nature de la structure porteuse impose l'entraxe des fixations, l'inertie du profilé est fonction de cet entraxe. Inversement lorsque la section du profilé est imposée, l'entraxe des fixations est fonction de l'inertie de cette section, et de la résistance de l'ancrage dans le gros oeuvre.

Remarque 2 : 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.

Remarque 3 : Le choix de l'épaisseur du profilé (en alu ou en acier) est en partie conditionné par les exigences d'inertie nécessaire et de résistance des fixations. Il semble difficile dans le cas des profilés de géométrie courante de satisfaire ces exigences avec des épaisseurs nominales inférieures à 1,8 mm. Il n'est cependant pas exclu que des profilés de section optimisée (cas des profilés filés) présentent localement des épaisseurs moindres, la matière ayant été reportée dans les zones les plus sollicitées (épaississement des plages de fixations, renforcement de rigidité en rive, ...).

2.2 Pattes de fixation des profils

Les pattes de fixation, également désignées attaches, ont un double rôle :

- d'une part, participer à la création d'un nouveau plan de façade recevant la peau du bardage, et ce en intégrant d'éventuels défauts du gros oeuvre support (planéité, verticalité), saillies locales (bandeaux en nez de plancher ou refend) et/ou décalage de nus (défoncés en allèges par exemple) ;
- d'autre part, de permettre la création d'un espace suffisant entre gros oeuvre support et sous-face de la peau pour disposer un isolant thermique d'épaisseur variable et ménager une lame d'air ventilée. Se faisant, elles ont à assurer la reprise des charges de poids propre du bardage (peau et ossature), les efforts dus aux effets du vent, et éventuellement ceux dus aux phénomènes de dilatation selon la conception de l'ossature.

2.2.1 Rappel des exigences

Compte-tenu des dispositions prises à la mise en oeuvre (cf. chapitre III) et des conditions d'emploi, les pattes de fixation doivent présenter :

- une géométrie assurant une déformation limitée sous l'action des charges transmises en oeuvre (poids propre, vent, dilatation) ;
- une conception permettant d'absorber d'une part la dilatation des profilés porteurs et d'autre part de les rendre coplanaires ;
- un pré-perçage de trous de diamètre adapté aux fixations prévues pour le gros oeuvre support et éventuellement pour la fixation des profilés porteurs ;
- une durabilité suffisante.

2.2.2 Géométrie des pattes

Pour les profilés de section ouverte en T ou L, les pattes sont généralement du type cornière en " L ", obtenu par pliage et peuvent, en cas d'emploi de métal relativement mince, être renforcées par estampage d'une ou deux nervures en angle, ou par un gousset rapporté.

La petite branche de « L » constitue aile d'appui sur la structure porteuse, et la grande branche aile d'appui sur le profilé porteur. Cette 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 (fig. 3b).

EXEMPLES DE PATTES

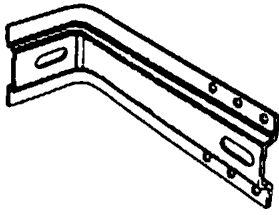


Figure 3a

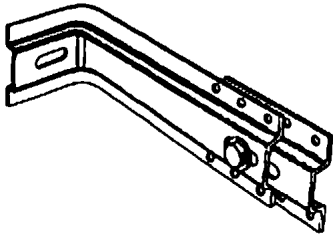
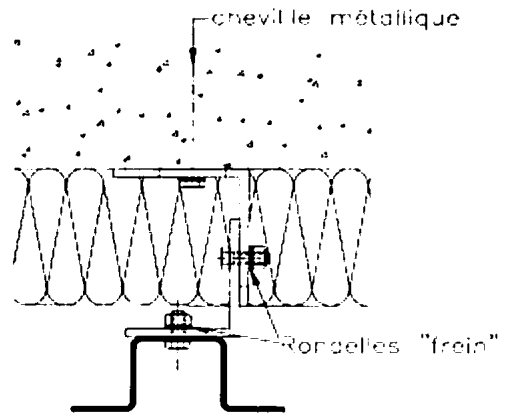
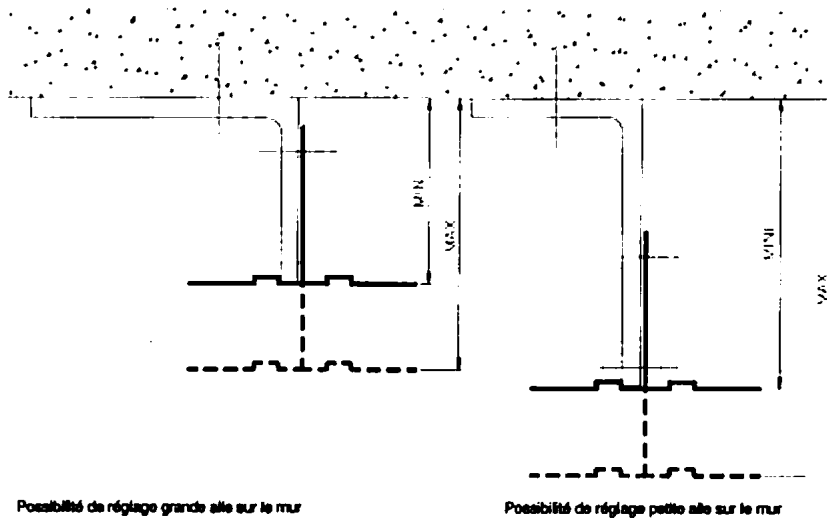


Figure 3b



**Figure 3c - Variante de la figure 3b
(Appuis crantés au droit des trous oblongs)**



Possibilité de réglage grande aile sur le mur

Possibilité de réglage petite aile sur le mur

Figure 3d - Patte-équerre réversible

Figure 3 Exemples de pattes

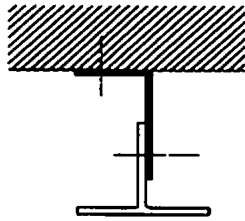


Figure 3e

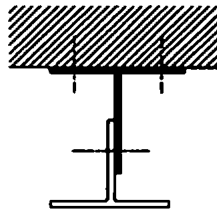


Figure 3f

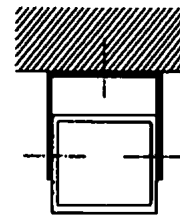


Figure 3g

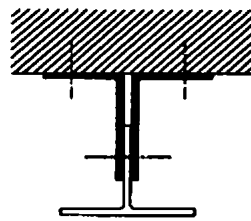


Figure 3h

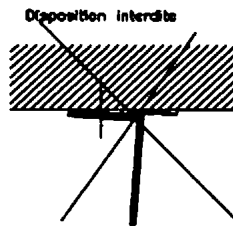


Figure 3i

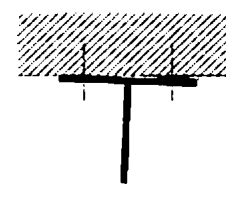


Figure 3j

Figure 3i et 3j - Rattrapage de planéité par cale-fourche. La cale doit être enfourchée sur la fixation

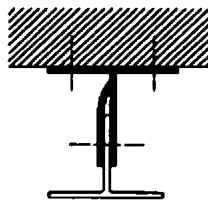


Figure 3k

Figure 301 Exemples de pattes (suite)

Certains modèles de ces pattes cornières peuvent également être associés en forme U ou Z (fig. 3c) par boulonnage; d'autres sont réversibles ; la petite aile de l'équerre étant disposée soit côté gros oeuvre, soit côté profilé porteur (fig. 3d).

Remarque : les assemblages par boulonnage doivent être rendus indesserrables.

Pour des profilés porteurs tubulaires carrés ou U, des pattes en forme d'étrier sont mieux adaptées. Ces pattes peuvent être façonnées par pliage lorsqu'elles sont en acier (inoxydable ou galvanisé), mais le plus souvent elles sont débitées dans des profilés en alliage d'aluminium (fig. 3e à 3g).

2.2.2.1 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 :

2.2.2.1.1 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 1 - Première partie. Cette détermination tient compte de deux critères :

1. non dépassement de la limite élastique du métal sous la charge F_r ,
2. non dépassement d'une déformation donnée (mesurée en nez de patte) sous une charge F_d .

Remarque : Le plus souvent $F_d \leq F_r$, 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 et la chronologie des opérations de pose notamment.

Dans le cas des ossatures librement dilatables, les charges de poids propre correspondent pour l'essentiel à la masse du parement associé à un profilé donné, et repris par un seul point de fixation, situé le plus souvent en tête du profilé (extrémité haute).

La convenance de la patte s'apprécie par comparaison de cette résistance admissible à la charge maximale estimée supportée en oeuvre et prise égale à la charge déterminée géométriquement en fonction de la masse surfacique du bardage rapporté, de l'entraxe entre profilés et de la longueur de ces derniers.

Remarque : Pour des parements de masse surfacique élevée et fixés sur une ossature comportant des montants de grande longueur disposés selon des entraxes importants, la reprise des charges verticales concentrée sur le point fixe peut être élevée (> 200 daN) et de ce fait nécessiter le renforcement des ancrages selon les caractéristiques des chevilles et du support.

Dans ce cas, on veillera d'une part à respecter les prescriptions de distances minimales entre les chevilles (cf. Agréments, Avis Techniques ou Cahier des charges les concernant) et d'autre part à éviter les excentrement relatifs à l'axe de symétrie verticale des profilés.

Sur ce dernier point, on choisira des pattes présentant des préperçages de fixation disposés symétriquement ou en alignement vertical avec l'axe des profilés porteurs (cf. fig. 3f et 3g) ou à défaut en établissant cette symétrie dans le cas des pattes équerres disposées en vis-à-vis (cf. fig. 3h).

La convenance vis-à-vis des charges de poids propre n'a normalement pas à être vérifiée pour les pattes dites de points glissants lesquelles ne reprennent que les efforts dus aux effets du vent. Cependant, s'il y a doute quant au libre coulissement entre patte et profilé (cf. § 2.2.3), il y aura lieu de faire un essai de chargement vertical (ascendant et descendant) pour déterminer la résistance au glissement et la comparer à la résistance de la patte (cf. annexe 1 - première partie).

Dans le cas des ossatures en montage bridé, les charges de poids propre se répartissent sur l'ensemble des pattes et la convenance de la patte s'apprécie par comparaison de cette résistance admissible à la charge maximale estimée supportée en oeuvre et prise égale à la charge déterminée géométriquement en fonction du poids en m² du bardage rapporté et du taux minimal de pattes par m².

Pour tenir compte de ce que les pattes risquent de supporter des charges différentes selon leur position, la charge maximale estimée pouvant être reprise en oeuvre par la patte la plus défavorisée est majorée par application d'un coefficient 1,5 sur la charge moyenne déterminée géométriquement.

Remarque : L'ordre de la mise en oeuvre, les jeux et tolérances de montage ainsi que les effets de dilatation peuvent conduire l'une des pattes à supporter une charge largement supérieure à celle résultant de la seule charge moyenne de poids propre.

En effet, outre les charges de poids propres, il y a également lieu de considérer pour ce cas de montage, les effets de la dilatation des profilés tant du point de vue des efforts développés que des déplacements imposés. Si le point d'ancrage de la patte n'est pas situé sur l'axe de symétrie horizontale de son aile d'appui au gros oeuvre support, il y aura nécessité de vérifier le comportement de la patte dans les deux sens de sollicitation (ascendant et descendant).

Compte tenu de l'expérience et des dispositions technologiques adoptées (limitation des longueurs de profilés notamment) l'emploi d'ossatures en montage bridé est acceptable sur parois supports en béton.

2.2.2.1.2 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 1 - Deuxième partie.

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

Remarque : Considérant que chaque profilé porteur reprend les efforts de la bande verticale de bardage de largeur égale à l'entraxe « x » des profilés, la charge (Q) s'exerçant sur un profilé de longueur « l » sera égale à :

$Q = 1,25 q_H \cdot x$. avec q_H = pression (ou dépression) calculée selon les Règles NV.

Le coefficient de 1,25 tient compte de la continuité du parement sur n travées ($n \geq 2$).

2.2.2.1.3 Charges latérales

Le bardage rapporté ne participant pas aux fonctions de transmission des charges de contreventement, les pattes ne reprennent pas en oeuvre de charges latérales.

Les seules charges latérales éventuellement reprises, peuvent résulter de la dilatation des lisses horizontales selon les dispositions qui ont été prises à cet égard. Le cas échéant, il conviendra de réaliser un essai pour évaluer la « déformabilité » des pattes, et vérifier l'amplitude de mouvement permise sans dépassement de la limite élastique.

Les pattes satisfaisant aux deux précédentes exigences, satisfont en général à la présente.

2.2.3 Conception vis-à-vis de la dilatation

La plupart des fournisseurs de systèmes complets d'ossature en alliages d'aluminium ont opté pour le principe avec montants librement dilatables et proposent donc deux modèles distincts de pattes :

- l'un reprenant la totalité des charges de poids propre du bardage et une partie des charges de vent constitue le point fixe du profilé (fig. 4a),

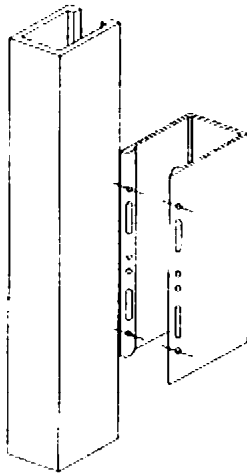


Figure 4a - Point fixe

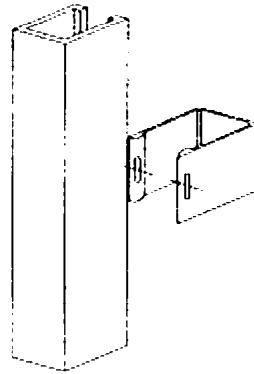


Figure 4b - Point glissant

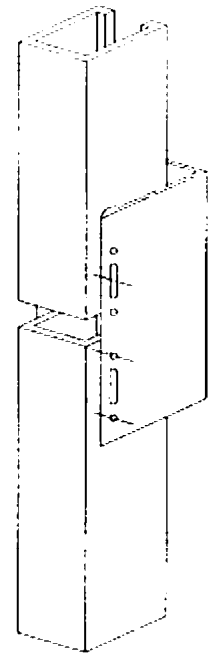
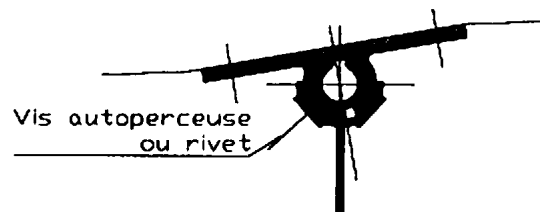


Figure 4c - Raccordement des profils avec patte-étrier à double fonction point fixe et point coulissant



**Figure 4d
Equerre articulée**

Figure 4

- l'autre ne reprenant que les efforts dus aux effets du vent constitue un « point coulissant » vis-à-vis des variations dimensionnelles du profilé porteur (fig. 4b).

Certaines pattes peuvent être conçues pour remplir indifféremment l'une ou l'autre de ces fonctions soit comme « point fixe » soit comme « point glissant » (ou coulissant), voire ces deux fonctions au droit de la jonction de deux profilés porteurs (fig. 4c) en assurant en outre la fonction d'éclissage coulissant.

Pour obtenir en oeuvre le libre coulissement entre patte de point glissant et profilé, les deux conditions suivantes doivent être réunies :

- les plans de contact des pattes et du profilé doivent être parallèles entre eux au moment de l'accostage,
- l'accostage doit se faire sans effort et l'assemblage doit être réalisé au moyen de la fixation prévue sous serrage initial nul ou très modéré.

Sur des supports présentant des défauts de planéité locale, le parallélisme nécessaire ne peut être obtenu que par des pattes avec embase articulée latéralement (cf. fig. 4d) ou par un façonnage particulier de l'aile d'appui (« bossage » cf. fig. 4c) ou encore par emploi de cale (cf. fig. 3j).

Remarque 1 : Les pattes équerres les plus simples dans leur conception (cf. fig. 5) ne peuvent satisfaire cette exigence de parallélisme des faces d'appui, que si elles sont « travaillées » en place (en fait plus ou moins redressées en force) ce qui n'est pas de bonne pratique.

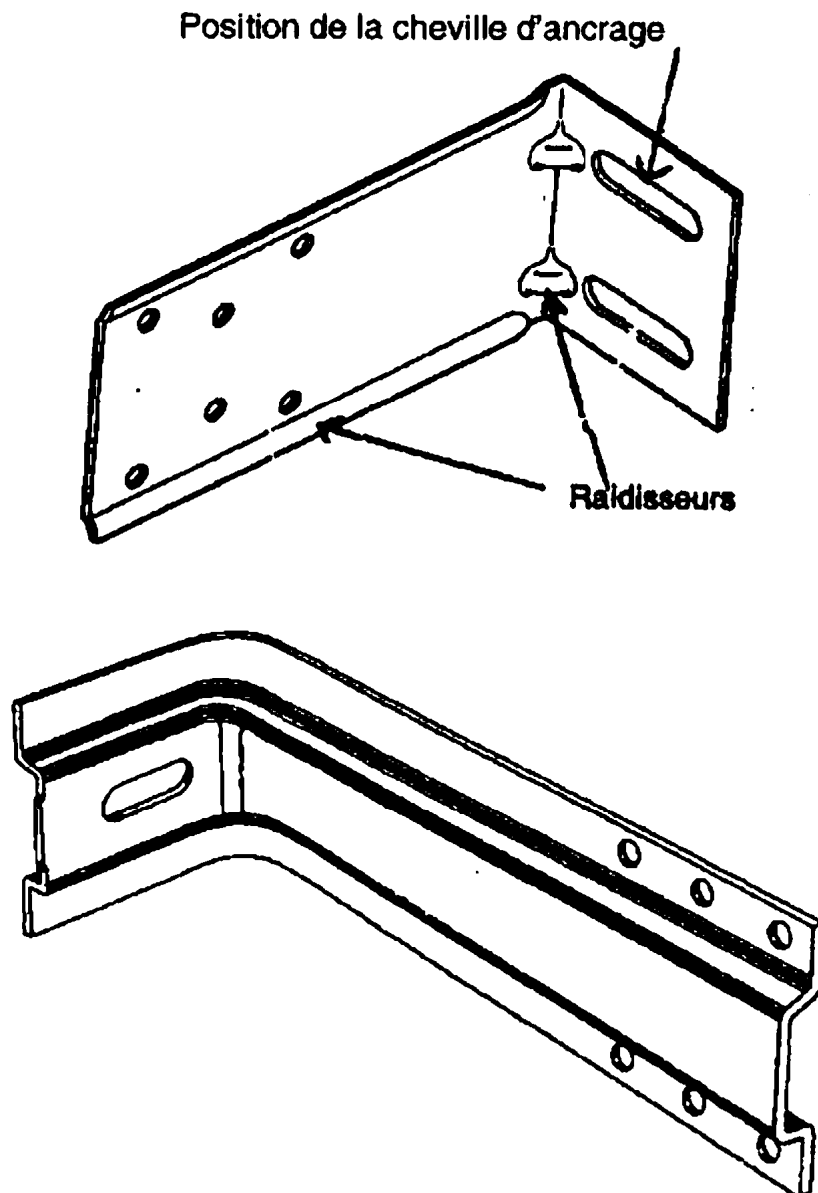


Figure 5

En outre de par leur tendance à la rotation autour de l'unique cheville de fixation les pattes en équerre risquent d'accroître les frottements par effet de coin avec comme conséquence des reprises d'efforts non prévus :

- d'une part sur la patte dans le sens vertical,
- d'autre part sur les organes de fixation (vis ou rivets) dans le sens axial.

Remarque 2 : Il est à noter que cette tendance à la rotation n'existe pas pour les pattes étriers (cf. fig. 3g) dont la cheville de fixation au support est disposée dans leur axe vertical de symétrie, et que pour d'autres types de pattes symétriques (cf. fig. 3f) ou non, cette tendance peut être empêchée par une double fixation.

Si le libre coulisement entre patte et profilé n'est pas évident, compte tenu du type de fixation utilisé (rivets, vis autotaraudeuses, boulons) et des préconisations de mise en oeuvre, il sera nécessaire de mesurer la résistance au glissement et d'évaluer les efforts induits sur les pattes et leur fixation au support.

D'autres ossatures sont cependant conçues pour fonctionner en montage bridé vis-à-vis de la dilatation ; dans ce cas, les pattes proposées sont d'un modèle unique, et se répartissent l'ensemble des charges : poids propre, effets du vent et efforts dus aux phénomènes de dilatation (cf. § 1.3.2.4).

2.2.4 Trous pré-percés en ailes d'appui des pattes

2.2.4.1 En aile d'appui côté structure porteuse

L'aile d'appui sur la structure porteuse est pré-percée d'un ou plusieurs trous destiné(s) au passage de la fixation de la patte, sur la structure porteuse.

Les pattes de point coulissant ne comportent le plus souvent qu'un trou, les pattes de point fixe en comportent généralement plusieurs, de façon à multiplier le nombre des ancrages en fonction de la résistance du support notamment pour la reprise des charges verticales.

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 pattes de fixation.

Remarque 1 : La patte de la fig. 5 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 (cf. fig. 6) évitent toute erreur d'exécution.

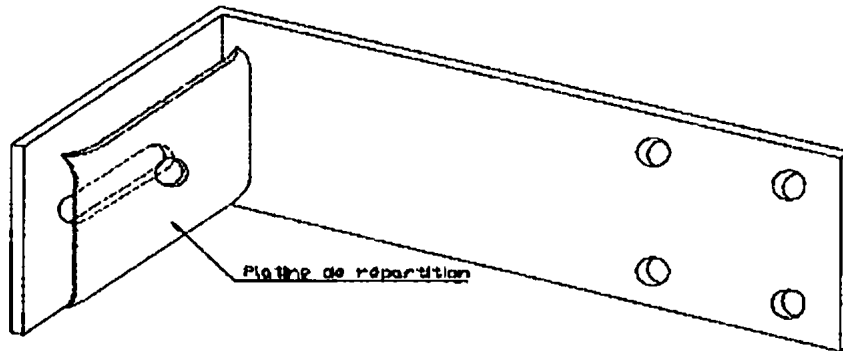


Figure 6 Patte-équerre avec platine de répartition

Remarque 2 : La rigidité de l'aile, souvent amoindrie par la présence du trou oblong, peut être rétablie, voire augmentée par l'emploi d'une platine disposée sous tête de fixation (cf. fig. 6). 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 : En raison de sa forme, la patte risque d'introduire un effet de levier intéressant les charges momentanées en dépression dues aux actions du vent (cf. § 2.6.1).

2.2.4.2 En aile d'appui sur profilé porteur

Selon qu'il s'agisse de patte de point fixe ou de point glissant, le principe de fixation sera différent.

Les fixations usuelles sont principalement des vis autoperçuses ou autotaraudeuses, des rivets aveugles ou des boulons.

2.2.4.2.1 Pattes de point fixe

L'aile d'appui côté profilés porteurs est de façon générale pré-percée de 2 à 5 trous.

Remarque 1 : De par sa forme et la position de la fixation, la patte peut introduire également un effet de levier concernant les charges permanentes dues au poids propre de l'ouvrage.

Pour être assuré que les sollicitations permanentes dues au poids propre du bardage rapporté et reprises par la patte, ne se traduisent sur la cheville que par des efforts de cisaillement, il convient d'interdire à la fixation de la patte sur le profilé la tendance à la rotation qui est illustrée en fig. 7 ci-après , en réalisant un encastrement par fixations en plusieurs points.

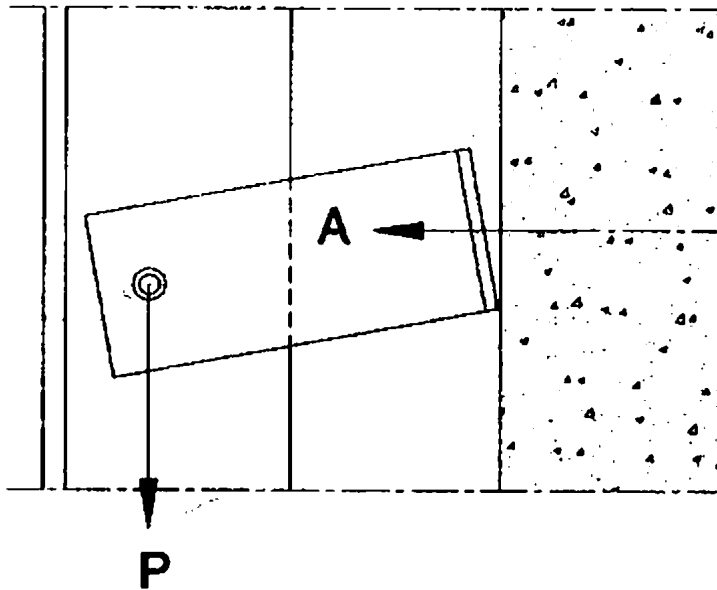


Figure 7 REALISATION D'UN " ENCASTREMENT "

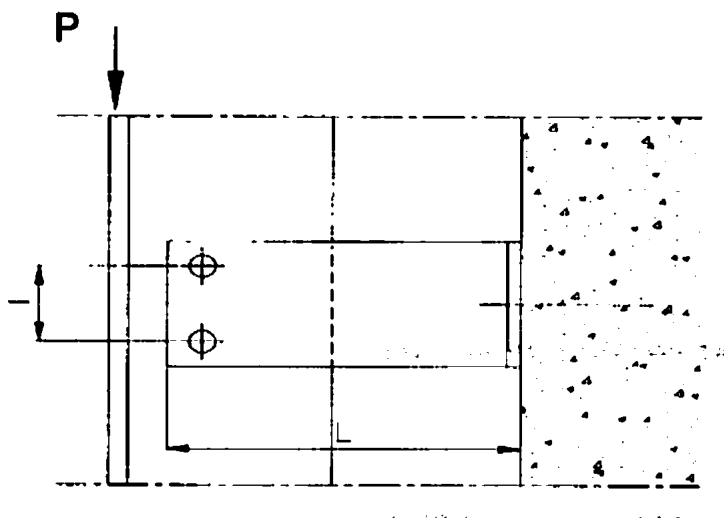


Figure 8 REALISATION D'UN " ENCASTREMENT "

Le moment qui s'exerçait sur la cheville de fixation est alors supprimé, mais l'encastrement ainsi obtenu donne naissance à un effort de cisaillement appliqué sur les 2 fixations du profilé (vis ou rivets) dans un rapport PL / l .

Selon la longueur d'aile des pattes pour partie dépendante de l'épaisseur d'isolant prévue et la géométrie de la patte, ces efforts de cisaillement peuvent majorer considérablement les efforts résultant des charges verticales.

Pour que cet encastrement soit réalisé d'emblée, de façon à limiter au minimum le tassement 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-perçés sur l'aile de la patte. On pourra également, après réglage définitif de la position des profilés, disposer les fixations complémentaires de blocage hors des préperçages, ce qui éliminera les jeux.

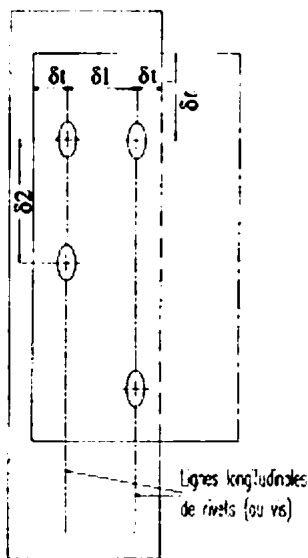
Remarque 2 : Si la fixation du profilé sur la patte était réalisée sans fixation complémentaire de blocage (cas de certaines conceptions avec profilés « suspendus »), la fixation de la patte sur le support subirait outre l'effort momentané d'arrachement dû à la charge du vent en dépression un effort permanent

d'arrachement dû au poids propre du bardage rapporté. Une cheville-nylon dont la résistance admissible, déterminée selon les modalités du Cahier du CSTB n° 1661, est égale ou supérieure à la somme des deux efforts, pourrait cependant ne pas convenir. En effet, dans la formule permettant de calculer la résistance admissible d'une telle cheville, 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. En l'absence de justification de cette valeur, il est préférable d'utiliser des chevilles métalliques.

Pour le positionnement des fixations par rivets aveugles, vis autoperceuses ou autotaraudeuses et boulons, on adoptera les dispositions, schéma ci-dessous, tirées respectivement des DTU 32.2 pour l'aluminium et DTU 32.1 pour l'acier.

2.2.4.2.2 Patte de point coulissant (ou glissant)

Dans sa conception la plus simple, l'aile d'appui sur le profilé porteur comporte un trou oblong vertical au travers duquel passera la fixation prévue, vis ou rivet. Certains modèles comportent une « pince » permettant un maintien provisoire du profilé durant la phase de réglage (cf. fig. 3k).



Distances des fixations :

Aluminium	Acier
$2,5 < \delta_1 = \delta_2 < 8e_{min}$	$3d < \delta_1 = \delta_2 < 7d$
$\delta_l = 2d$	$1,5d < \delta_l = \delta_t < 2,5d$
$\delta_t = 1,5d$	

d = diamètre des trous de rivets

δ_1 = distance entre lignes longitudinales de rivets (alternés ou non)

δ_2 = distance sur leur ligne de l'entraxe de rivets

δ_l = distance de l'axe d'un rivet au bord le plus voisin de la pièce assemblée dans le sens de l'effort sollicitant l'assemblage (pince longitudinale)

δ_i = distance de l'axe d'un rivet au bord le plus voisin de la pièce assemblée dans la direction normale à l'effort sollicitant l'assemblage (pince transversale)

e_{min} = épaisseur de la plus mince des pièces assemblées

Figure 9 Schéma de positionnement des fixations

2.2.5 Durabilité

La situation protégée des pattes dans l'ouvrage permet de considérer qu'elles sont exposées aux « Atmosphères extérieures protégées et ventilées » telles que définies en annexe 3.

2.2.5.1 Nature du métal

Les pattes peuvent être réalisées dans les mêmes métaux (acier, alliage d'aluminium, acier inoxydable) que ceux utilisés pour les profilés (cf. 2.1.2.1).

Dans le cas de pièces réalisées en fonderie aluminium, la teneur en cuivre à l'instar des profilés extrudés doit être inférieure à 1 %.

Remarque : Si les pattes ne sont pas associées à des profilés faits du même métal, on vérifiera la compatibilité électrolytique (cf. annexe 1 de la norme NF E 25.032 ou de l'annexe 3 du présent document).

2.2.5.2 Traitement de protection

Les pattes en acier sont protégées par galvanisation ou métallisation à l'instar des profilés (cf. § 2.1.3.1).

Les niveaux de protection requis selon la sévérité de l'exposition sont donnés en annexe 3 (tableaux 1 à 5).

2.3 Rupture de pont thermique

Certains fabricants proposent des cales en matériaux isolants (PVC, polyéthylène) à disposer sous l'aile d'appui des pattes. La surface de ces cales devra être au moins égale à celle de l'aile d'appui, et l'aptitude à la reprise des charges (résistance en compression) tant momentanées (effets du vent) que permanentes

(poids propre), devra être vérifiée notamment vis-à-vis des risques de fluage prenant en compte la température.

Remarque 1 : Les vérifications peuvent être effectuées dans le cadre de l'évaluation technique (Avis technique ou Constat de traditionalité sur le système de bardage complet ou l'ossature seule). Les thermoplastiques présentant les propriétés minimales ci-après peuvent convenir pour des épaisseurs ≤ 5 mm :

- résistance à la compression ≥ 25 Mpa (ISO 844),
- température de flexion sous charge > 60 °C sous 1,8 Mpa (NF T 51-005 - Méthode B - ISO R175 - DIN 53-461),
- dureté Shore $\geq D65$ (NF T 51-109 ou ISO 868).

Remarque 2 : Ces cales d'épaisseur usuelle 3 à 5 mm sont le plus souvent réalisées dans des matières thermoplastiques présentant des valeurs de conductivité thermique (λ) comprises entre 0,15 et 0,45 W/mK. L'appréciation de la performance de cette coupure thermique se fera conformément à l'annexe 4 .

Dans la mesure où ces cales ne sont pas des cales de réglage d'épaisseur destinées à rattraper d'éventuels écarts de planéité du support, elles ne doivent pas être superposées.

2.4 Lisses

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

Remarque : Il existe sur le marché des systèmes d'ossature « mixte » composés de profilés porteurs verticaux en alliages d'aluminium et de lisses horizontales en bois, mais ce cas particulier ne sera pas traité dans le présent document.

2.4.1 Nature du métal

Les lisses métalliques sont à réaliser dans les mêmes métaux que ceux utilisés pour les profilés porteurs. Se reporter au § 2.1.2.1 . du présent document.

2.4.2 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 en atmosphère rurale ou urbaine normale 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 6 mm entre chaque profilé porteur et/ou tous les 0,6 m 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.

2.4.3 Dimensions

La lisse est généralement livrée par le fournisseur des éléments de peau. En effet, le dessin de la section de cette lisse est le plus souvent fonction du mode d'accrochage des éléments de peau.

Compte-tenu d'une part du module d'élasticité du métal retenu et des entraxes de fixation de la lisse d'autre part, les moments d'inertie de cette section doivent 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 les profilés porteurs soit au plus égale au 1/300 de la portée entre profilés ;
- 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 profilés soit au plus égal à 1/100 de la portée entre profilés.

Il importe de vérifier la stabilité de la lisse sous les précédentes charges appliquées simultanément notamment dans les cas où la portée entre profilés porteurs dépasse sensiblement la valeur usuelle de 60 cm.

La compatibilité de ces déformations avec celles des éléments de peau du bardage est à vérifier lors de l'instruction des dossiers d'Avis Techniques ou Constat de Traditionalité.

Remarque 1 : Lorsqu'en raison d'un changement d'exposition au vent à partir d'une certaine hauteur, l'ossature est renforcée par réduction des entraxes des profilés porteurs 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 sera différent. Ce fractionnement n'est généralement pas nécessaire pour les éléments de peau type « écaille » mis en oeuvre avec recouvrements (horizontaux et verticaux).

2.5 L'isolant

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

I₁ S₁ O₂ L₂ E₁

O₂ : isolant non hydrophile ;

L₂ : isolant semi-rigide.

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

- des panneaux de polystyrène bénéficiant d'une certification ACERMI. Les plastiques alvéolaires étant réputés satisfaire intrinsèquement au niveau L₂ et O₂ ;
- des panneaux ou des rouleaux de laine minérale bénéficiant d'une certification ACERMI attestant des niveaux :
 - WS, ce qui correspond au critère d'absorption à court terme (24 h) par immersion partielle $W_p < 1,0 \text{ kg/m}^2$ selon la norme EN 1609 - Méthode A,

NOTA

Le classement WL (P) ne se substitue pas au classement WS,

- « isolant semi-rigide » pour l'épaisseur concernée ou à défaut, TR50 ce qui correspond au critère de résistance en traction $\sigma_{mt} > 50 \text{ kPa}$ selon la norme EN 1607.

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 ou des rouleaux de laine minérale (sans pare-vapeur).

Des isolants en plaques rigides tels que panneaux de polystyrène expansé moulé, panneaux de polystyrène extrudé, panneaux de polyuréthane 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.

COMMENTAIRES :

peuvent être envisagés cas par cas et sous couvert de l'Avis Technique, 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 oeuvre et de classement de réaction au feu notamment ;
- projection de mousse plastique conformément aux prescriptions des Avis Techniques les concernant ;
- panneaux de verre cellulaire.

2.6 Organes de fixation

Les organes de fixation considérés sont ceux permettant la fixation :

- de la patte de fixation sur la structure porteuse,
- du profilé porteur sur la patte de fixation,
- de l'isolant sur la structure porteuse,
- des lisses sur les profilés porteurs.

2.6.1 Organe 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 (30 ans minimum) 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 événement 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 (état limite ultime),
2. une résistance adéquate aux déplacements (état limite de service).

Remarque 1 : L'ancrage (ou fixation) est constitué du support (gros oeuvre), 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 chevilles peuvent être de différents types décrits dans le Guide d'Agrément Technique européen « Chevilles métalliques pour béton » (Cahier du CSTB n° 3047, mai 1998). Dans ce cas, elles doivent faire l'objet d'un ATE (Agrément Technique Européen) et recevoir le marquage CE. Pendant la période transitoire définie par arrêté ministériel, elles peuvent faire l'objet d'un Avis Technique délivré sur la base du guide d'ATE ou d'un Cahier des charges SOCOTEC délivré 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

Ce type de cheville peut convenir pour des ouvrages légers avec fixations non excentrées et ne nécessitant pas un serrage important.

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 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.
- les chevilles traversantes qui sont posées après la patte et qui présentent une collerette plate, sous laquelle on associe en oeuvre une platine métallique de répartition.

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).

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).

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

2.6.1.3 Résistances admissibles

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

Pour les ancrages par chevilles métalliques dans des supports en béton, les méthodes de « conception-calcul » à appliquer sont celles de l'annexe C du Guide de l'Agrément Technique Européen précité (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'Agrément Technique Européen, soit dans l'Avis Technique.

Pour les chevilles qui ne font pas l'objet d'un ATE, les valeurs admissibles de résistances peuvent être données dans le cahier des charges du fabricant accepté par un Contrôleur Technique.

Pour les ancrages réalisés avec des chevilles non métalliques quelque soit la nature du gros oeuvre 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'Agrément Technique Européen ou d'Avis Technique. Le Guide d'ATE est en cours d'établissement.

On se référera dans ces cas, comme indiqué ci-avant, au cahier de charges du fabricant accepté 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 : 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 2 : Dans le cas des systèmes où les charges correspondant à un profilé sont reprises en un seul point (patte de point fixe), les efforts en cisaillement sous l'effet des charges de poids propres peuvent être beaucoup plus importants que les charges de vent en dépression.

Remarque 3 : Comme indiqué en § 2.2.4.1 (remarque 2), la géométrie de la patte peut introduire un effet de levier appliqué à la fixation sous les sollicitations de vent en dépression, comme illustré ci-après :

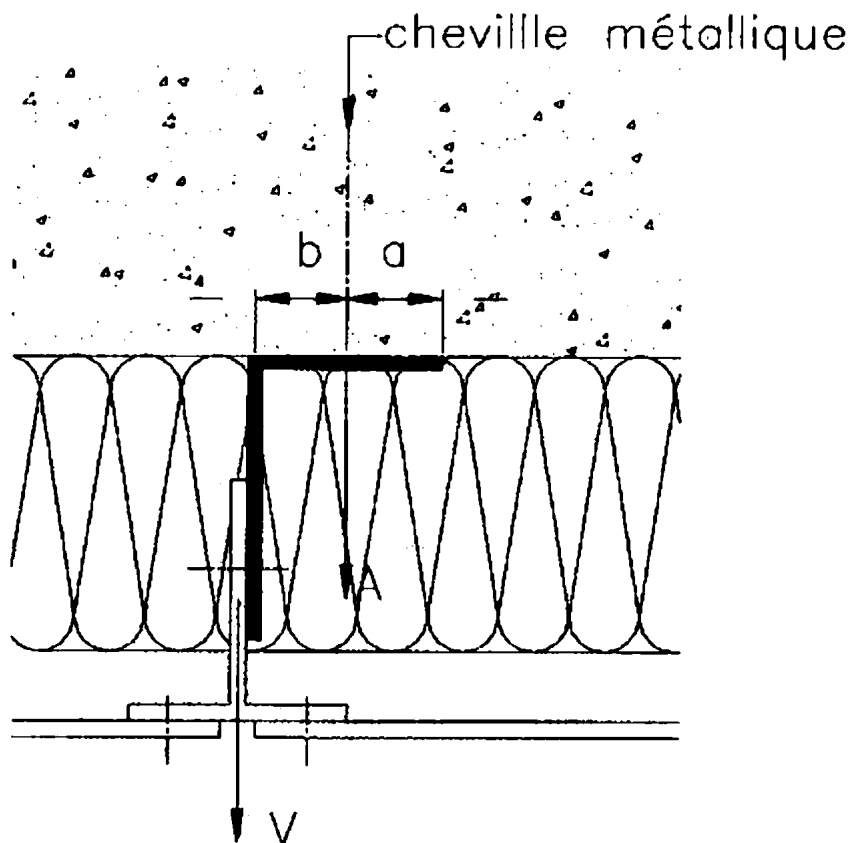


Figure 9

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, un coefficient dépendant du type de fixation et donné dans l'Avis Technique s'il diffère de 1.

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

$$a = b \text{ d'où } A = 2V$$

Dans une approche plus sévère, considérant une répartition d'efforts en réaction triangulaire dans la zone d'appui « a », la longueur « a » serait à réduire d'un tiers et conduirait alors à retenir $A = 2,5 V$.

Cependant, la rigidité de la patte-équerre - tant au niveau de l'ouverture du dièdre que de la rigidité en flexion de l'aile d'appui au support - peut modifier la valeur d'arrachement résultant de la géométrie.

En l'absence de justification spécifique et en pratique, le choix de la cheville s'effectuera en considérant qu'elle aura à transmettre une charge égale au double de celle reprise par la patte.

2.6.2 Organes de fixation du profilé porteur sur la patte

La fixation s'effectue le plus souvent par vis autoperceuses ou autotaraudeuses, par rivets à rupture de tige et plus rarement par boulonnage.

Les caractéristiques principales sont données dans l'annexe 2.1 du présent document.

2.6.2.1 Compatibilité électro-chimique et protection contre la corrosion

Les matériaux utilisés pour des fixations et leur revêtement de protection doivent être adaptés à la nature de matériaux à assembler, de manière qu'aucun couple électrolytique incompatible ne puisse s'établir entre eux.

Compte tenu de l'expérience acquise, il est admis d'associer en atmosphère rurale non polluée et urbaine ou industrielle normale :

- les fixations à corps en acier inoxydable aux éléments en acier inoxydable ou en acier galvanisé et en alliages d'aluminium,
- les fixations en acier galvanisé aux éléments en acier galvanisé,
- les rivets à corps en alliage d'aluminium aux seuls éléments en alliage d'aluminium, zinc et aciers revêtus des protections à base de zinc,
- les rivets à corps en alliage cupro-zinc aux seuls éléments en acier revêtu des protections à base de zinc (cf. § 2.1.3.1.1 et 2.1.3.1.2).

Dans le cas d'associations différentes de celles ci-dessus ou d'emploi des mêmes en atmosphères différentes, on devra justifier la compatibilité au moyen d'une étude spécifique.

Remarque : On pourra se référer à la norme NF E 25-032, annexe 1 : Corrosion due aux couples électrochimiques entre les matériaux et/ou revêtements d'un assemblage, et au tableau 6 de l'annexe 3 du présent document.

La résistance à la corrosion des fixations sera au moins équivalente à celle des éléments qu'elles assemblent.

2.6.2.2 Vis autoperceuses ou autotaraudeuses

Ces vis sont réalisées :

- soit en acier inoxydable (austénitique A2) selon la norme NF E 25-033,
- soit en acier de cémentation selon NF A 35-551, avec revêtement métallique renforcé + revêtement superficiel complémentaire permettant d'obtenir une résistance minimale à la corrosion de 12 cycles Kesternich selon NF T 30-055 (à 2 litres de SO₂ sans apparition de rouille rouge).

Le diamètre minimal (en sommet de filetage) est respectivement de 5,5 mm pour les vis autoperceuses et de 6,3 mm pour les vis autotaraudeuses.

La longueur de la pointe-foret devra être suffisamment longue pour ne pas commencer à tarauder la première pièce avant d'avoir achevé le perçage de l'élément sous jacent.

Le diamètre de la tête de vis doit être adapté au diamètre du perçage pour éviter le « déboutonnage » et/ou le coincement sur les assemblages glissants lors des variations dimensionnelles (dilatation).

Remarque 1 : Les vis autoperceuses entièrement en acier inoxydable ne peuvent convenir que pour assembler les éléments en alliage d'aluminium. Pour l'assemblage d'éléments en acier, les vis autoperceuses sont bi-métal : corps en acier inoxydable et pointe-foret en acier cémenté, l'ensemble de la vis étant généralement revêtu d'une couche de zinc.

Remarque 2 : La plupart des vis à têtes hexagonales comportent une embase de diamètre suffisant pour éviter les risques de déboutonnage et/ou coincement évoqués ci-dessus.

Si nécessaire une rondelle de répartition sera placée sous tête de vis.

Les vis sont proposées soit avec tête hexagonale (H), soit avec tête cylindrique à empreintes creuses diverses (cruciforme, hexagonale, Torx, ...).

Les vis à tête fraisée seront obligatoirement logées dans des perçages (circulaires ou oblongs) à bords fraisés, en tenant compte de l'affaiblissement résultant en particulier pour les trous oblongs.

Remarque 3 : Le choix de la forme de tête hexagonale ou cylindrique à empreinte creuse peut être, pour partie, conditionné par les dimensions des pièces à assembler, au regard du passage nécessaire à l'outil de vissage et de l'obligation d'engager et de maintenir les vis parfaitement perpendiculaires au plan d'assemblage.

2.6.2.3 Rivets

Les seuls rivets considérés ici sont les rivets à rupture de tige (également appelés rivets aveugles) composés le plus souvent des matériaux ci-après :

- acier inoxydable, alliage d'aluminium/magnésium, alliage cupro-zinc pour le corps des rivets, et
- acier au carbone revêtu pour la tige.

Le diamètre du corps est au minimum de 4,8 mm.

Le diamètre de la tête d'une valeur minimale de 8 mm doit être adapté au diamètre de perçage.

L'épaisseur de la tête est au minimum de 1,2 mm.

Remarque : Dans le cas des assemblages coulissants, on utilise des rivets à tête large $\varnothing \geq 12$ mm mis en place sans serrage axial de façon à limiter convenablement les risques de coincement lors de la manifestation des phénomènes de dilatation des profilés.

2.6.2.4 Résistance des fixations

La résistance admissible des fixations sous vent NORMAL est la résistance caractéristique (Pk) affectée d'un coefficient de sécurité pris égale à 3 pour les fixations en alliage d'aluminium (rivets) et à 2,5 pour les fixations en acier (vis et rivets).

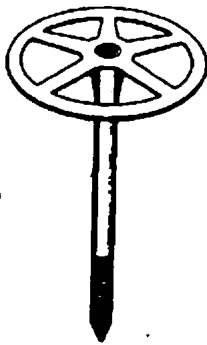
Dans la mesure où la résistance de la fixation intrinsèque (vis ou rivet) n'est qu'une composante des performances de l'assemblage, il est nécessaire de réaliser des essais représentatifs des pièces à assembler selon la procédure donnée en annexe 3 .

Remarque : Seuls de tels essais permettent d'apprécier les performances des dispositions particulières de l'assemblage (fixations sans serrage, trous oblongs à bords droits ou fraisés, ...).

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. 10)



ISOLANT NON RIGIDE

Cheville-étoile avec collerette

\varnothing 90 mm.

Fixation au marteau après avoir fait un avant trou de \varnothing 8 mm

Dimensions	Épaisseur isolant (mm)
8 x 70	30 à 40
8 x 90	50 à 60
8 x 110	70 à 80
8 x 130	90 à 100
8 x 150	110 à 120



ISOLANT NON RIGIDE

Cheville-étoile avec collerette

\varnothing 55 mm et clou de blocage en plastique.

Fixation au marteau après avoir fait un avant trou de \varnothing 10 mm

Dimensions	Épaisseur isolant (mm)
10 x 70	30 à 40
10 x 90	50 à 60
10 x 110	70 à 80
10 x 130	90 à 100
10 x 150	110 à 120

Figure 10

Il s'agit de fixations moulées en matière plastique (superpolyamide 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 protégé 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

Si la colle n'est pas visée dans un Avis Technique de système d'isolation extérieure des façades avec enduit mince (organique) ou épais (minéral), 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 profilés porteurs

La fixation des lisses métal s'effectue le plus souvent par vissage. On utilisera des vis autoperceuses, autotaraudeuses ou des rivets à rupture de tige tels que définis au § 2.6.2 .

Remarque : En vue d'éviter ou du moins de limiter l'effet de levier résultant de l'excentrement de la fixation, les concepteurs de lisses venues de filage matérialisent la ligne de fixation par un petit rainurage en V.

Cette disposition a pour effet d'affaiblir sensiblement les profilés à paroi mince et il est préférable de délimiter cette ligne de fixation par 2 filets en relief (cf. fig.19 , § 3.5.2.1).

3. Conception et mise en oeuvre

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 profilés porteurs offrant un nouveau plan vertical de référence pour accueillir la peau. A cette fin, les profilés porteurs sont solidarités au gros oeuvre support au moyen d'ancrages comportant des pattes de longueurs fixes ou ajustables (pattes équerres à coulisses).

Cependant, lorsque la verticalité et la planéité de la surface d'appui le permettent, les profilés porteurs peuvent être fixés en appui direct à l'aide de fixations traversantes. Une telle pose n'est le plus souvent utilisée qu'en bardage sans isolation thermique.

Remarque : La planéité du support est rarement parfaite, et dans ce cas de fixation directe (sans patte), il y aura pratiquement toujours nécessité d'un calage pour assurer les appuis au droit des fixations traversantes.

Ce mode de fixation nécessitera donc l'emploi de cales faites d'un matériau résistant et durable (imputrescible ou non corrodable selon sa nature).

En outre, si la planéité était parfaite au point d'assurer une surface de contact continu tout au long des profilés métalliques, les performances d'isolation thermique seraient sensiblement diminuées.

La mise en oeuvre ci-après décrite et relative à la pose normale des profilés porteurs d'une ossature dilatable, suit sensiblement l'ordre des opérations de pose, à savoir :

- traçage du trait bleu horizontal matérialisant le niveau bas du revêtement (départ d'ouvrage). Selon les spécificités de la façade, on peut cependant choisir un autre point de départ : appuis de baies ou linteaux par exemple ;
- traçage des axes verticaux des profilés porteurs ;
- report sur ces axes des positions des pattes de « point fixe » et des « points coulissants » ;
- perçage pour les chevilles de fixation ;
- mise en place des pattes de points fixes ;
- mise en place de l'isolant thermique éventuel ;
- fixation du premier profilé porteur sur la patte de point fixe après réglage en hauteur et profondeur ;
- mise en place des pattes de points coulissants ;
- fixation du profilé porteur sur la patte de point coulissant en extrémité basse du profilé après réglage de l'aplomb ;
- fixation du même profilé sur les points coulissants intermédiaires ;
- mise en place d'un second profilé porteur le plus éloigné possible du premier en fonction de la longueur de règle dont on dispose ;
- mise en place des profilés intermédiaires réglés dans le plan (à l'aide de la même règle posée en appui sur les deux premiers profilés déjà fixés) ;
- selon le cas, pose des lisses horizontales ou directement du revêtement.

Remarque : Dans le cas d'ossature de conception bridée, l'ordre des opérations est sensiblement le même : les profilés sont généralement d'abord fixés en tête, puis en pied après réglage de la verticalité et enfin sur les pattes intermédiaires.

3.1 Pose des pattes

3.1.1 Disposition et répartition des pattes

Les pattes sont mises en position selon un alignement vertical parallèle au trait bleu correspondant à l'axe du profilé porteur à poser.

La patte de point fixe reprenant la totalité des charges de poids propres inhérente à une longueur de profilé porteur est généralement placée en tête de ce profilé.

Les paramètres à prendre en compte sont les performances de l'ancrage dans le support considéré, la masse surfacique du revêtement, l'écartement entre profilés porteurs, la longueur de ces profilés, le nombre de pattes.

La résistance mécanique du support et la masse surfacique du revêtement sont imposées, l'écartement entre profilés porteurs et leur longueur sont plus ou moins imposés selon le type de revêtement choisi, les critères ajustables seront donc le choix de la cheville d'ancrage et/ou le nombre de chevilles groupées constituant l'ancrage de point fixe.

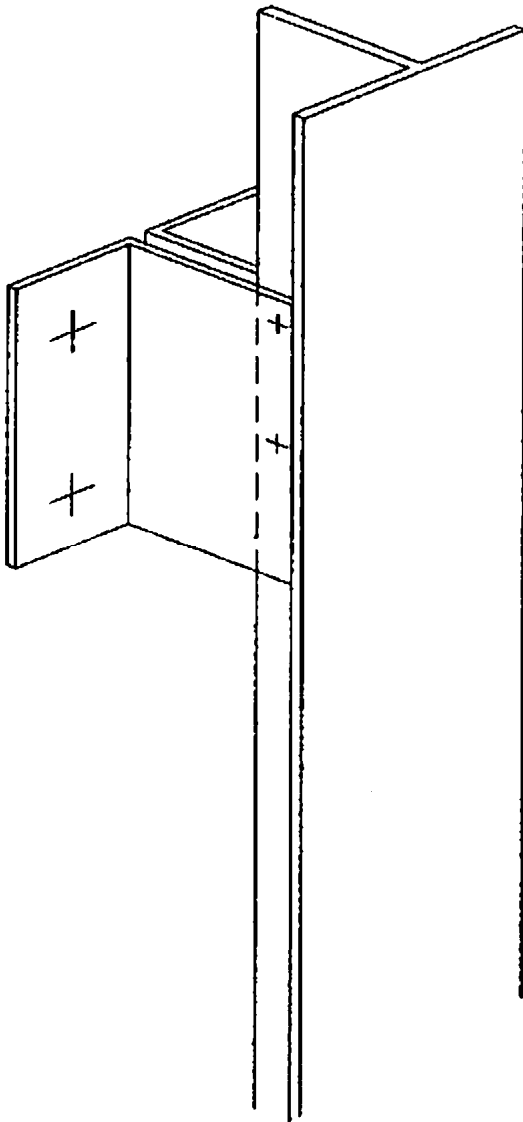


Figure 11 Exemple d'ancrage de point fixe (avec pattes-équerres en vis-à-vis)

Le porte-à-faux en extrémité de profilé n'excèdera pas le quart de la portée entre deux pattes successives, avec un maximum de 25 cm. Des valeurs supérieures peuvent cependant être admises sur justification (calcul ou essais).

L'entraxe des pattes le long du profilé porteur est, compte-tenu des charges du vent, de l'écartement entre profilés et l'inertie des profilés porteurs, fonction de la résistance admissible, à l'arrachement des fixations des pattes dans la structure porteuse considérée.

Les pattes sont solidarisées à la structure porteuse par chevilles. En fonction de leur densité imposée par l'entraxe des profilés et l'entraxe des pattes sur les profilés, les chevilles doivent être choisies compte-tenu des conditions d'exposition au vent et de la résistance admissible de la fixation dans la structure porteuse considérée selon les différentes directions d'efforts repris : traction perpendiculaire ou oblique et cisaillement.

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 et qui est lui-même situé au milieu de l'aile d'appui.

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.

Remarque : Pour des pattes de configuration géométrique différente, le moment appliqué à la fixation devra être déterminé par calcul ou par essai.

Les pattes-attaches du type étrier, fixées de façon symétrique au profilé porteur ne produisent pas d'effet de levier pour les efforts dus aux effets du vent.

Concernant la reprise des charges de poids propre, il peut y avoir effet de levier si la liaison de la patte avec le profilé ne constitue pas un « encastrement ». C'est le cas de certains systèmes où le profilé porteur est suspendu à la patte de point fixe.

Dans le cas d'emploi de fixation avec chevilles métalliques, l'indessérabilité de l'assemblage devra être assurée (écrous freinés type Simmonds, rondelles élastiques type Grower, Belleville, éventails, produits spéciaux type frein de filet, etc.).

Remarque : La cheville étant qualifiée avec sa rondelle propre, l'emploi des systèmes de freinage doit être accepté par le fabricant des chevilles.

3.2 POSE DE L'ISOLANT

3.2.1 Disposition de l'isolant

L'isolant est généralement posé sur la structure porteuse derrière les profilés porteurs, voir fig. 12 .

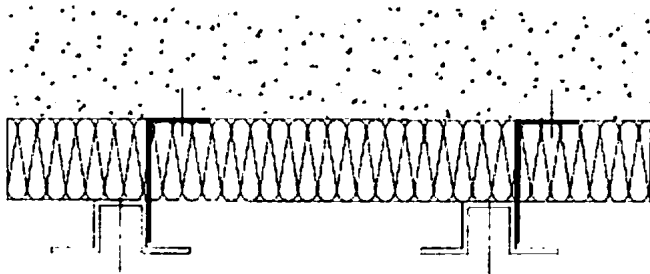


Figure 12

Figure 12

Cas particulier : l'isolant peut être également posé :

- Entre profilés lorsque ceux-ci sont fixés contre la structure porteuse

Cas particulier : l'isolant peut être également posé :

- Entre profilés lorsque ceux-ci sont fixés contre la structure porteuse

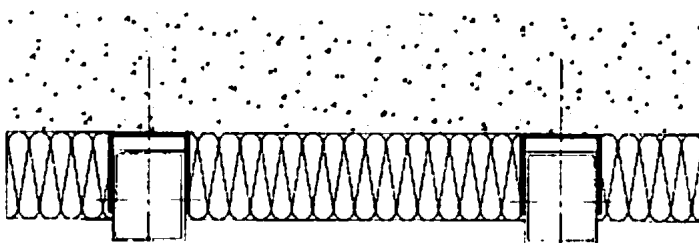


Figure 13

Figure 13

- En deux lits successifs, l'un derrière les profilés, l'autre entre les profilés

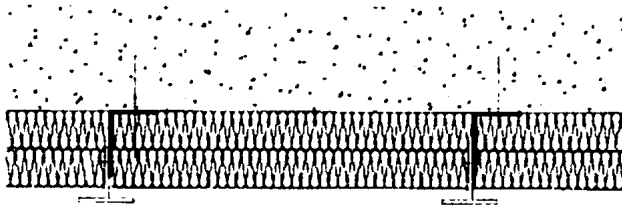


Figure 14

Figure 14

Remarque : A titre d'information, les formules permettant de calculer le coefficient K d'un mur en partie courante sont données en annexe 4 .

3.2.2 Fixation de l'isolant sur la structure porteuse

De 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 (communiquant avec l'extérieur) entre l'isolant et la structure porteuse.

3.2.2.1 Fixation des panneaux de laine minérale

Les panneaux sont posés horizontalement ou verticalement. Dans le cas général (fig. 12), ils sont embrochés sur les pattes de fixations des profilés avant mise en place de ces derniers. Lorsque les profilés participent en outre au maintien de l'isolant, prévoir une fixation au moins par panneau (0,60 × 1,35 m le plus souvent). 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 m². Pour les éléments découpés, on peut admettre une seule fixation lorsque la 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.

3.2.2.2 Fixation des panneaux de laine minérale à dérouler

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

Dans ce cas de pose (à la verticale), prévoir au moins 2 fixations en partie haute et une densité minimale de deux fixations par m² 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 oeuvre support.

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

Les équerres sont disposées en quinconce travée par travée.

Pour la pose horizontale, mettre en partie courante au moins une fixation tous les 1,20 m maxi, c'est-à-dire une fixation tous les deux profilés quand l'écartement de ceux-ci ne dépasse pas 0,60 m.

3.2.2.3 Fixation des plaques en polystyrène expansé

Leur fixation s'effectue soit par chevilles-étoile à raison de 2 au minimum par m² et par plaque, soit par collage au moyen d'un mortier-colle conformément à ceux visés dans les Avis Techniques relatifs aux enduits sur isolant PSE (cf. § 2.6.3.3 .).

3.2.2.4 Fixation des isolants en points singuliers

- En points singuliers et pour des éléments découpés, la densité des fixations est augmentée, de même que pour les bâtiments de hauteur supérieure à 40 m.
- En sites exposés et dans les zones d'action locales du vent telles que décrites 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.

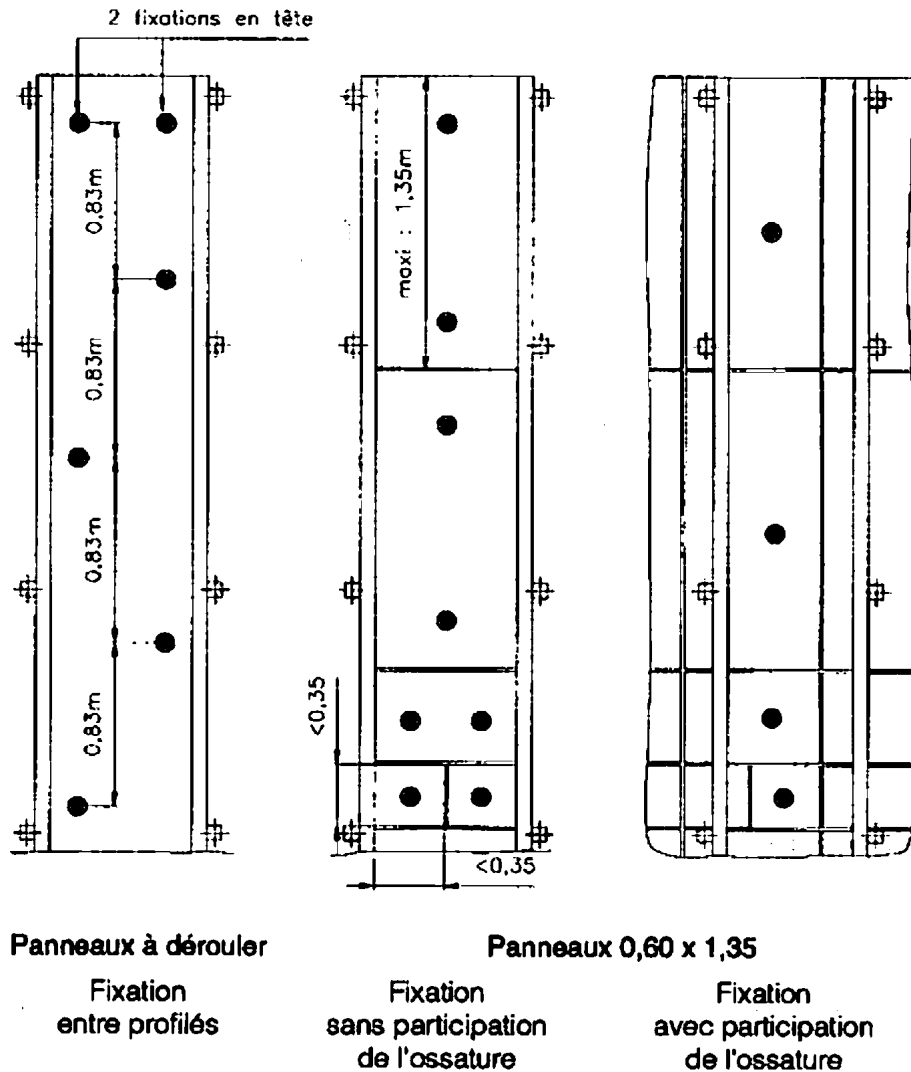


Figure 15 Fixation de l'isolant

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 de bardage.

3.3 Pose des profils porteurs

3.3.1 Entraxe des profilés porteurs

L'entraxe des profilés 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 profilés porteurs au 1/100 de la portée entre profilés.

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

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

A l'inverse, l'entraxe peut être augmenté dans la mesure où la section des profilés (et des lisses éventuelles), la densité de fixations dans la structure porteuse, la flèche de la paroi entre profilés et la résistance au vent ont été vérifiés le permettre.

Remarque 1 : 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 importante (facteur 2), la nécessité de réduire l'entraxe des profilés en rives de façade, ne s'impose pas forcément ; c'est le cas général des systèmes dont la résistance admissible en dépression qui le 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 sa hauteur, de la région et du site.

Remarque 2 : Il est à noter que ce 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 plus ou moins chargées différemment en fonction de leur densité (nombre/m²).

Il pourrait en résulter selon les cas, pour les éléments de peau fixés « à cheval » sur deux zones d'ossature de configurations différentes, des contraintes de compression ou de traction pouvant conduire à la rupture des plaques ou à leur échappement dans le cas de dalles posées en enfourchement sur des lisses.

Toutes dispositions seront donc prises pour éviter ces phénomènes soit par mise en oeuvre d'une ossature avec trame unique éventuellement redondante (vis-à-vis des sollicitations dues au vent) en partie courante et en partie basse, soit en prévoyant le fractionnement de l'ouvrage ossature/peau en fonction des reprises de charges différentes.

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

Remarque 3 : En ce qui concerne la résistance aux chocs, la réduction de l'entraxe des profilés à rez-de-chaussée n'est susceptible d'améliorer que la résistance aux chocs de grands corps mous lesquels entraînent des effets d'ensemble. La résistance aux chocs de petits corps durs lesquels conduisent à des effets locaux, ne s'en trouve pas améliorée et risque même parfois d'être légèrement amoindrie. Il est possible d'éviter cette éventuelle diminution de performance sous chocs de corps dur en laissant un espace entre le dos de la paroi et la face avant des éventuels profilés intermédiaires supplémentaires.

3.3.2 Fixation des profilés porteurs sur les pattes

C'est dans cette phase de la mise en oeuvre que l'on cherchera à obtenir la nécessaire coplanéité des montants d'ossature au regard :

- d'une part des exigences découlant du mode de fixation des parements sur l'ossature et
- d'autre part de l'exigence d'aspect de l'ouvrage fini.

Concernant les exigences de planéité propres aux éléments de peau et à leur mode de fixation, celles-ci sont normalement à préciser dans les Avis Techniques ou Constats de Traditionalité.

Concernant l'exigence d'aspect, il est rappelé (cf. norme XP P 28-004) « que les façades doivent présenter un aspect régulier, sans hétérogénéité anormale visible autre que celle éventuellement demandée lors de l'appel d'offres. Les lignes continues doivent avoir une rectitude ou une courbure convenable » .

Remarque : On ne peut fixer a priori un critère de planéité unique et contraignant, en raison de la grande diversité des parements proposés et des tolérances de planéité qu'ils peuvent accepter selon leur caractéristiques :

- finition : mate ou brillante,
- relief : lisse ou structuré,
- arêtes : vives ou abattues (ou arrondies),
- joints : bord à bord (étroits ou larges) ou à recouvrement, filants ou décalés.

En cas d'exigences de planéité spécifiques, celles-ci seront à préciser dans l'Avis Technique ou Constat de Traditionalité correspondant.

3.3.2.1 Mise en place des fixations

Les vis autotaraudeuses et autoperceuses doivent être posées avec les outils appropriés munis de dispositifs de débrayage contrôlé et commandé par une butée de profondeur. Ces dispositifs doivent être régulièrement vérifiés pendant la mise en oeuvre.

Les diamètres de préperçage préconisés tant par le fournisseur des vis autotaraudeuses que par celui des rivets doivent être respectés notamment par un choix rigoureux du foret correspondant.

Dans le cas des liaisons avec jeux (points « glissants »), le serrage des fixations sera adapté et devra être rendu indesserrable. Les nez de riveteuses seront équipés d'une cale de réglage appropriée.

Remarque 1 : Le serrage des fixations doit être indiqué par le fournisseur de l'ossature. En tout état de cause, le serrage et partant l'effort de frottement entre patte et profilé qui en résulte, doit être compatible

avec l'aptitude de la patte à reprendre des charges verticales. Cette aptitude doit être vérifiée tant en charge ascendante que descendante selon les modalités de l'annexe 1 - Troisième partie.

Remarque 2 : Les assemblages réalisés par vis autoperceuse ou autotauraudouse et par rivet sont considérés comme indesserrables.

Pour les assemblages par vis et écrous, se reporter au § 3.5.3.3 .

3.3.2.2 Patte en point fixe

Selon la section des profilés porteurs, le réglage en profondeur autorisé par des pattes de longueur non réglable est de l'ordre de deux à quatre centimètres.

Il pourra donc être nécessaire en fonction des inégalités du support de disposer de pattes de différentes longueurs d'aile. Certaines pattes de forme asymétrique sont prévues réversibles ce qui augmente la capacité de réglage.

Après réglage de la tête du profilé porteur en hauteur et profondeur, un premier point de fixation (vis, rivet ou boulon) est mis en place.

Les points de fixations supplémentaires nécessaires à la réalisation de l'encastrement seront réalisés ultérieurement après réglage d'aplomb du profilé et fixation sur la patte d'extrémité basse.

Dans le cas d'emploi de pattes réglables, on réalisera comme précédemment le premier point de fixation sur le profilé porteur après réglage en hauteur, puis on bloquera la patte une fois le réglage en profondeur effectué et enfin on réalisera l'encastrement par les points de fixation complémentaires.

Remarque : Chaque fois que la géométrie des profilés le permettra, on utilisera des pattes de fixation pour lesquelles les points de fixation au gros oeuvre sont soit alignés dans l'axe de symétrie des profilés (forme U), soit répartis de part et d'autre de cet axe (forme T).

Dans le cas d'emploi de pattes équerres présentant un excentrement, le point fixe sera réalisé par deux pattes disposées en vis-à-vis de part et d'autre du profilé support (cf. fig. 3h).

3.3.2.3 Pattes en points coulissants

Afin de permettre un « glissement » sans effort lors des variations dimensionnelles des profilés porteurs, on devra obtenir un alignement et un parallélisme satisfaisant des plans de contact entre l'aile de la patte et le « flanc » du profilé afin de ne pas augmenter de façon incontrôlée le frottement initial qui doit rester aussi faible que possible.

Remarque :

- L'obtention d'un serrage initial à faible valeur ne pose normalement pas de problème si l'on utilise les fixations et l'outillage prévu.
- L'alignement des pattes le long du profilé ne présente pas non plus de difficulté si le « trait bleu » est correctement tracé, compte tenu de la présence du trou oblong horizontal sur l'aile d'appui au support.
- L'obtention d'un bon parallélisme entre plans de contact est conditionné par la planéité du support et l'aptitude des pattes à absorber les éventuels défauts de planéité locaux de par leur conception (cf. § 2.2.3).

3.3.2.4 Pattes de fixation des ossatures bridées

Les pattes de fixation les mieux adaptées sont de types symétriques tels que représentés en figures 3f et 3g , et qui peuvent être disposées indifféremment en extrémités des profilés ou en position intermédiaire.

Dans le cas des systèmes utilisant des pattes équerres, la symétrie recherchée, en particulier en extrémités des profilés, est obtenue en doublant les pattes-équerres dans un montage en opposition (cf. fig. 3h).

En cas de fixations intermédiaires, le montage des pattes-équerres selon une disposition en quinconce est admis.

3.3.3 Raccordement des profilés porteurs

Le raccordement suivant un alignement vertical s'effectue en laissant un joint ouvert dont la largeur est fonction du matériau (acier ou alu) de la température lors de la mise en oeuvre et de la longueur de profilé rendu continu entre deux joints.

En pratique, l'ouverture minimale du joint entre 2 extrémités de profilés successifs est à prévoir à la pose avec une amplitude par mètre linéaire de profilé égale à 2 mm pour ceux en alliage d'aluminium et à 1 mm pour ceux en acier.

Par commodité de réglage d'alignement, un éclissage est généralement prévu. Cet éclissage est obligatoirement coulissant.

L'éclissage coulissant est le plus souvent réalisé au niveau d'une patte spéciale reprenant les charges verticales du profilé inférieur en point fixe, et les charges de vent du profilé supérieur en point coulissant (cf. fig. 4c et fig. 16).

Remarque : Il peut être admis que dans le cas d'un ouvrage de hauteur d'au plus de 12 mètres, voire même de modules de hauteur équivalente, les profilés librement dilatables soient aboutés par éclissage rigide (non coulissant) entre leurs fixations au droit d'un point fixe commun.

Dans ce cas, le point fixe du profilé inférieur est situé en tête de ce profilé, et le point fixe du profilé supérieur est en pied de ce profilé. Dans cette disposition ou d'autres dans lesquelles le point fixe n'est pas en partie haute du profilé, la convenance de ce dernier vis-à-vis des risques de flambage dus à la reprise des charges verticales de poids propre sera vérifiée.

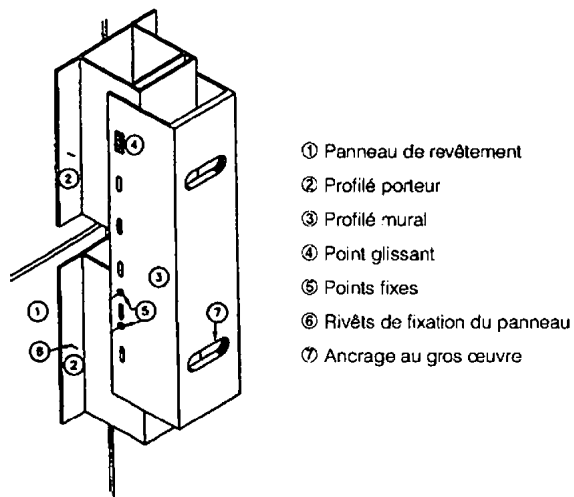
Cette disposition permet d'augmenter la longueur de profilé porteur rendue continue et partant la distance entre joints de fractionnement (tous les 12 mètres maximum).

3.3.4 Joints de fractionnement

A l'exception de revêtements posés avec un recouvrement ou des jeux au droit de leurs fixations, suffisants pour absorber les mouvements différentiels entre profilés porteurs, les éléments de peau ne devront jamais être posés et fixés « à cheval » en alignement vertical sur deux profilés porteurs indépendants.

En conséquence, l'aboutage des profilés doit s'effectuer sur une même ligne horizontale par ailleurs en coïncidence avec les joints horizontaux des éléments de parois.

La coïncidence entre joint horizontal des plaques ou dalles de revêtement et joint ouvert entre profilés porteurs doit être prévue lors du calepinage de la façade. De ce point de vue, il peut être préférable de limiter la longueur des profilés porteurs de façon à réduire l'amplitude des variations dimensionnelles et de s'affranchir éventuellement de la nécessité de protéger le joint horizontal entre plaques de paroi vis-à-vis des risques d'entrée d'eau (bavette par ex.). Cette protection est nécessaire pour tous les joints horizontaux de parement ouverts de largeur supérieure à 8 mm dans le cas des bardages permettant de réaliser des murs de type III (sans isolant) ou de type XIII (avec isolant).



**Figure 16a - Sur patte à double fonction :
point coulissant en haut et point fixe en partie basse**

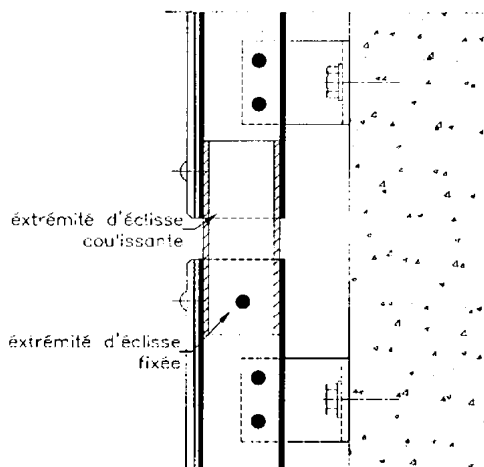


Figure 16b - Ossature bridée

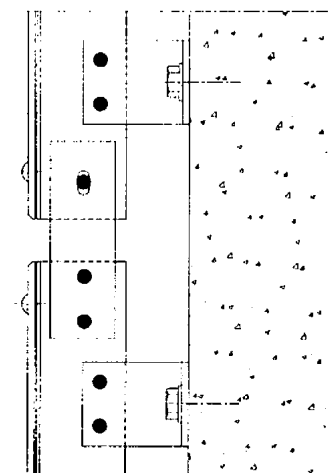


Figure 16c - Aboutage sur profilés T avec éclisse coulissante latérale

Figure 16 Raccordement de profilés porteurs

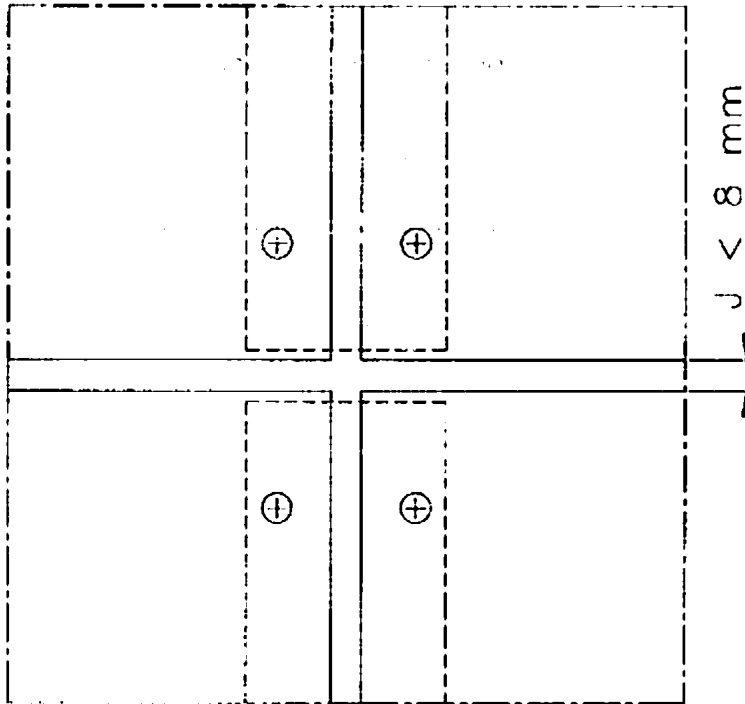


Figure 17a - Joint de fractionnement (sans bavette)

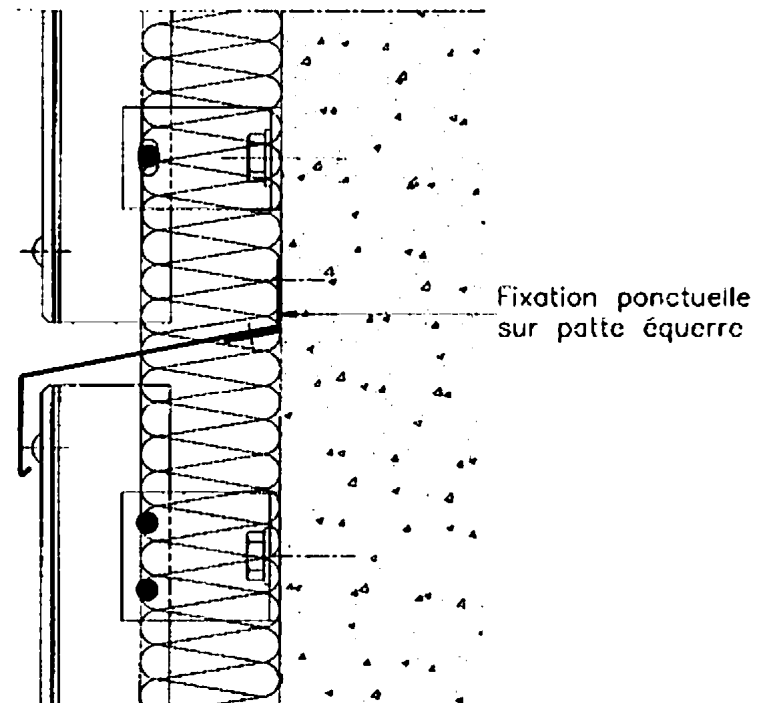


Figure 17b - Joint de fractionnement (avec bavette)

Figure 17 Joint de fractionnement

3.4 Aménagement de la lame d'air

3.4.1 Dispositions générales

Une lame d'air est toujours ménagée entre nu externe de la paroi support ou de l'isolant et face arrière de la peau.

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

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

En effet, cette humidité peut être préjudiciable aux matériaux sensibles à l'eau.

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

- d'une part que la section en partie courante est suffisante, c'est-à-dire de largeur au moins égale à 2 cm au niveau des parties les plus étranglées, à savoir les éventuelles lisses horizontales ;
- d'autre part que les entrée et sortie de ventilation sont 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 cm² par mètre linéaire de largeur de bardage.

Ce qui correspond à :

- 50 cm² pour une hauteur au plus égale à 3 m
- 65 cm² pour une hauteur de 3 à 6 m
- 80 cm² pour une hauteur de 6 à 10 m
- 100 cm² pour une hauteur de 10 à 18 m

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

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

Remarque 1 : Lorsque la peau du bardage rapporté est très perméable à l'air (de par la présence de joints ouverts entre éléments, par exemple) la section des entrée et sortie de ventilation peut être réduite par application de la formule $S = (H / 3)^{0,4} \times 17,5$, la largeur minimale de la lame d'air (≥ 20 mm) restant inchangée.

Remarque 2 : Dans le cas d'ouvrages de couvertures très perméables à l'air (cas des tuiles et des ardoises par ex.), il est parfois disposé en sous-face de celles-ci, un écran de sous toiture souple pour interdire, les jours de vent, l'infiltration d'eau de pluie et surtout de neige poudreuse. En effet, de par le volume souvent important des combles, l'équilibrage des pressions extérieure et intérieure provoque un débit d'air à travers la couverture entraînant eau de pluie et neige poudreuse.

Certains poseurs appliquant cette technique de pare-pluie aux bardages rapportés, 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 pare-pluie est sans objet et peut même être 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 oeuvre.

3.4.2 Compartimentage horizontal de la lame d'air

Lorsque la façade traitée présente une hauteur supérieure à 18 m, celle-ci est partagée en modules de hauteur maximale 18 m, par un compartimentage de la lame d'air avec reprise sur nouvelle entrée d'air.

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 1 : L'origine de cette limitation à 18 mètres tient au fait que des vitesses excessives de circulation dans la lame d'air sont susceptibles d'engendrer des vibrations et bruissement des revêtements dans l'ouvrage de bardage.

On peut admettre que cette hauteur soit relevée dans le cas des parois de bardage très perméables à l'air (plaques et dalles à joints ouverts) ou de sections de ventilation réduites de ce fait, ou du fait que les éléments de peau sont insensibles à l'eau et/ou à un éventuel gradient d'humidité entre leurs faces interne et externe.

Remarque 2 : La présence d'un joint de fractionnement de l'ossature du bardage peut être mise à profit pour réaliser le compartimentage de la lame d'air nécessité tant par la ventilation que par des prescriptions relatives à la Sécurité Incendie (cf. IT n° 249).

3.4.3 Compartimentage vertical de la lame d'air (fig. 18a et 18b)

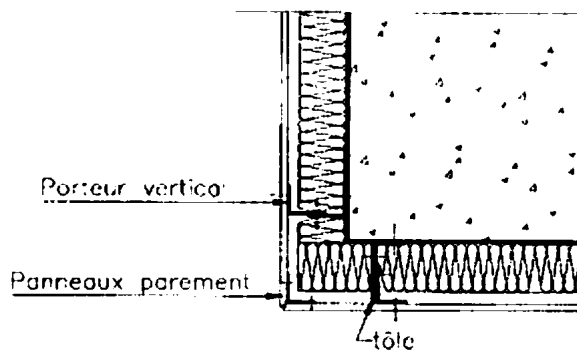


Figure 18a

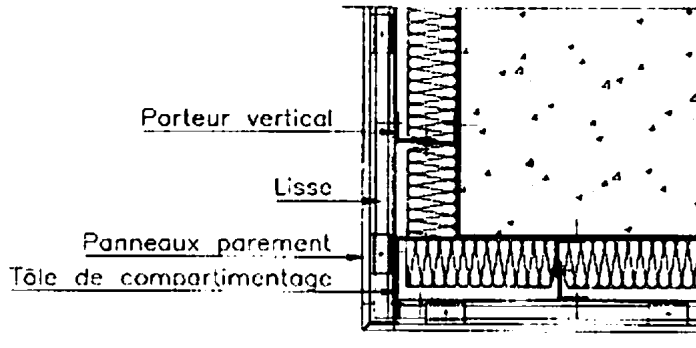


Figure 18b

Figure 18

Il doit être également prévu un compartimentage vertical en angle de façade dans le cas où le dos de la peau de bardage n'est pas au contact du nu des profilés porteurs et/ou que ces derniers ne sont pas au contact du gros oeuvre support. C'est notamment le cas lorsque la peau est accrochée non pas directement aux profilés mais à un réseau de lisses. Entre dos de la paroi de bardage et nu des profilés, circule une lame d'air horizontale continue de l'épaisseur des lisses et qui fait le tour du bâtiment. Pour s'opposer à un appel d'air latéral entre façade au vent et façade sous le vent, il convient de prévoir en angles 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 ex.).

3.5 Pose des lisses

3.5.1 Entraxes des lisses

L'entraxe des lisses dépend du type d'élément de peau qu'elle doit supporter.

Dans le cas où la pose du réseau de lisse précède la pose des éléments de peau, l'entraxe des lisses, préalablement défini en fonction de la hauteur des éléments et des jeux nécessaires au montage et à la dilatation, est respecté à l'aide d'un gabarit ou d'une pige.

Dans le cas où les lisses sont posées à l'avancement en même temps que les éléments de paroi (cas des dalles rainurées « enfourchant » les lisses), elles sont le plus souvent équipées d'ergots déformables ou d'un joint mousse compressible. Ces dispositifs permettent de positionner les lisses en appui sur la rive haute des éléments de paroi, tout en ménageant le jeu nécessaire à la dilatation verticale de ces derniers, et constitue alors un « gabarit perdu » .

3.5.2 Dispositions vis-à-vis de la dilatation

Les lisses doivent pouvoir se dilater librement sans contraintes et/ou déformations dommageables tant pour les éléments assemblés (lisses, équerres, ...) que pour les éléments de paroi qu'elles supportent.

Règle : Quelles que soient les dispositions prises pour la fixation des lisses (avec ou sans jeu), la jonction entre deux segments de lisses devra toujours laisser un joint ouvert au moins égal à celui de la dilatation correspondant à la longueur L du profilé.

L'ouverture minimale du joint entre 2 extrémités de lisse à prévoir à la pose est donnée ci-dessous pour une longueur de lisse d'un mètre.

Température de pose (°C)	Ouverture du joint (mm/m)	
	Alu	Acier
5	1,5	0,8
15	1,2	0,6
20	1	0,5
25	0,8	0,4

Tableau 1

En fonction de l'amplitude de la dilatation en extrémités des profilés de lisses et de la géométrie de la section des profilés porteurs, les dispositions ci-après pourront être adoptées :

- lisses avec trous oblongs à chaque intersection lisse-profilé porteur,
- lisses sans jeu de fixation au droit des profilés porteurs intermédiaires et :
 - avec trous oblongs en extrémité ou
 - avec aboutage par éclissage coulissant,
- lisses sans jeu de fixation et :
 - avec jonction sur porteurs présentant une section transversale « déformable »,
 - avec jonction sur porteurs séparés.

Remarque : Certaines dispositions (par exemple aboutage sur éclisse non supportée) nécessitent une vérification préalable par calcul et/ou par essais. Les dispositions ci-après ne s'appliquent qu'à des profilés de longueurs maximales égales à 6 mètres.

3.5.2.1 Lisses avec trous oblongs (fig. 19 et 20)

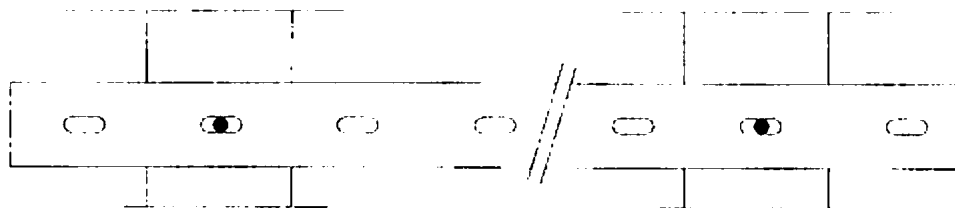


Figure 19a

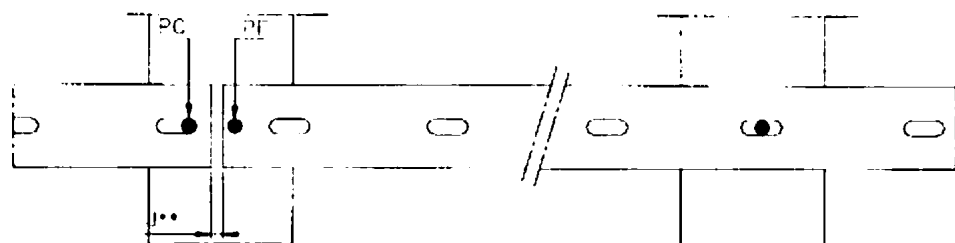
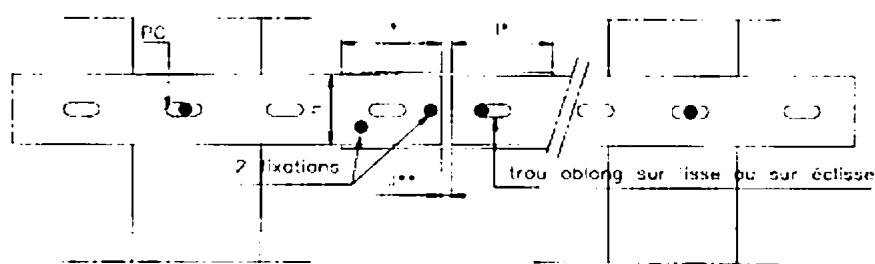


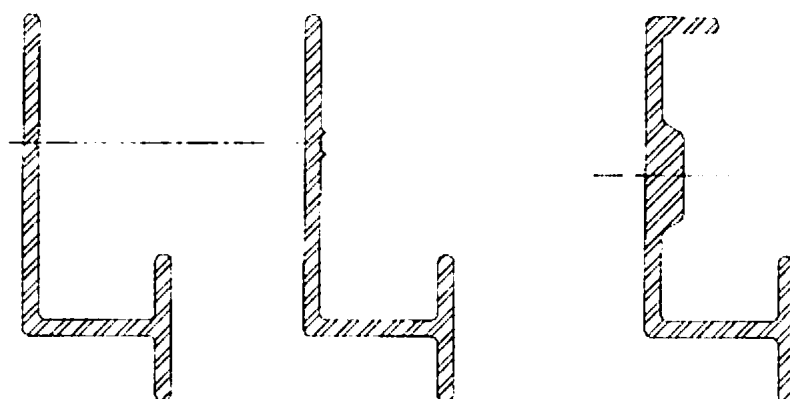
Figure 19b

** Jeu mini : 10 mm
 PC : point couissant
 PF : point fixe



* $l > 2h$
 ** jeux selon métal et longueur de lisse (mini 10 mm)

Figure 19c



Section affaiblie

Section non affaiblie

Figure 19d - Lisses courantes

Figure 19e - Exemple de renforcement possible

Figure 19 Lisses avec trous oblongs prépercés en usine

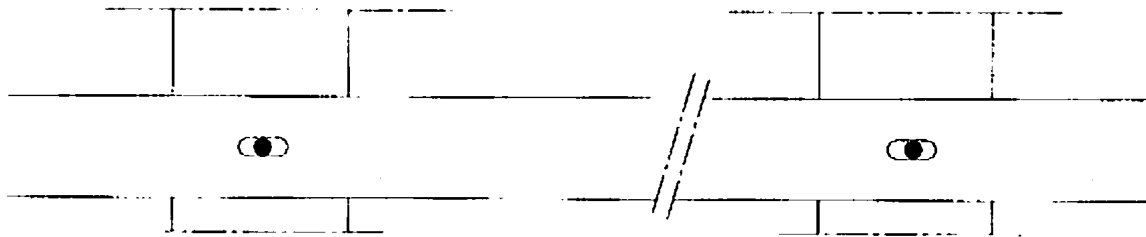
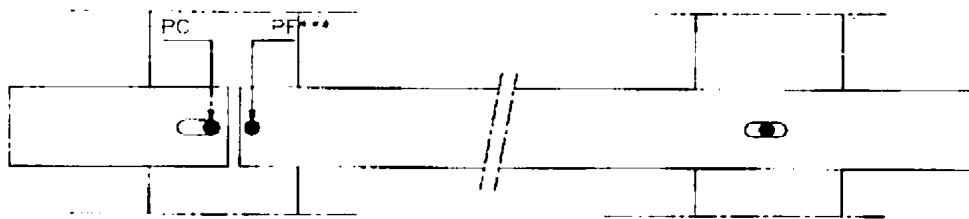


Figure 20a



PC : point coulissant

PF : point fixe

*** l'autre extrémité de lisse compte obligatoirement un trou oblong

Figure 20b

Figure 20 Lisses avec trous oblongs emboutis in situ

Les trous peuvent être préperçés en usine ou percés sur chantier.

Dans le premier cas, ils sont généralement préperçés selon un entraxe sous-multiple de 0,60 m, et l'on devra tenir compte de l'affaiblissement de la résistance des lisses résultant de ces perçages, cet affaiblissement sera d'autant plus grand que les entraxes seront réduits et que les perçages seront plus oblongs.

Remarque 1 : Cet affaiblissement pris en compte lors de la conception des profilés de lisses pourra être compensé par une surépaisseur de l'aile d'appui (fig. 19e).

Dans le cas de perçages sur chantier (par fraisage ou emboutissage), ceux-ci seront réalisés selon l'entraxe des profilés porteurs (fig. 20).

La perte de résistance sera moins importante et pourra être compensée si nécessaire au droit de la fixation par une cale de répartition sous tête de fixation.

Concernant la longueur du trou oblong et compte tenu de la réalisation d'un point fixe en milieu du segment de lisse, elle sera égale à :

- l (mm) : $L + \varnothing$ pour les lisses en alliage aluminium,
- l (mm) : $0,5 L + \varnothing$ pour les lisses en acier,

avec :

- L : longueur de la lisse exprimée en mètres,
- \varnothing : diamètre de la fixation exprimé en mm.

Remarque 2 : Cette valeur minimale de serait normalement à majorer de la tolérance de positionnement des profilés porteurs, il a cependant été admis que notamment dans le cas de fixation par pattes équerres, ces dernières n'opposaient que peu de résistance aux sollicitations latérales.

3.5.2.2 Lisses sans jeu sur fixations intermédiaires et avec trous oblongs en extrémité (fig. 21)

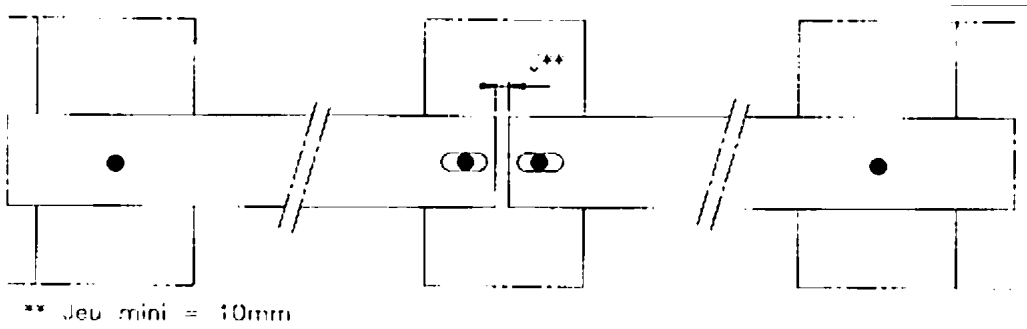


Figure 21a - Abotage sur porteur avec trous oblongs obligatoires en extrémité de lisses

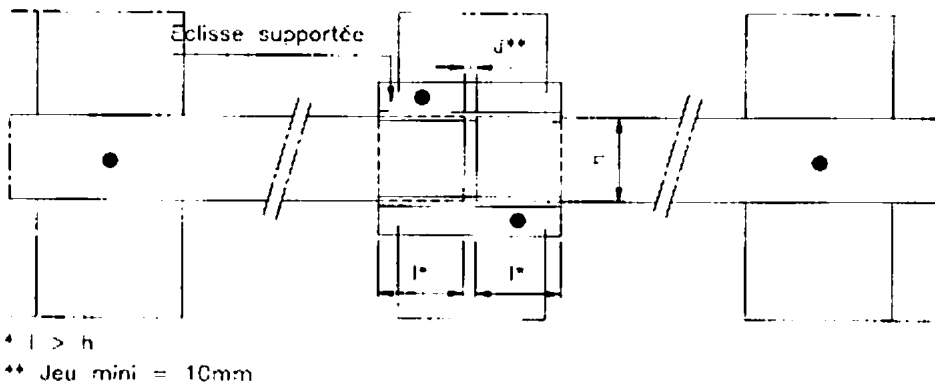


Figure 21b - Abotage sur porteur : par éclisse coulissante supportée

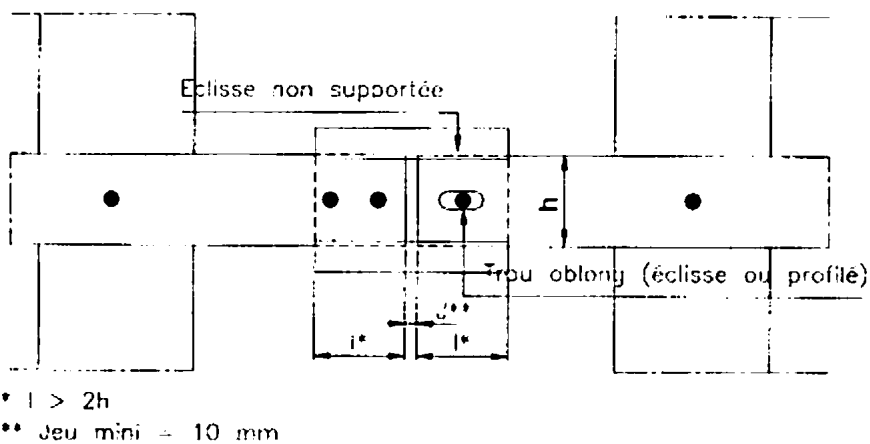


Figure 21c - Abotage entre porteurs sur éclisse non supportée

Figure 21 Lisses sans trou oblong en fixations intermédiaires



Figure 21 (suite) Lisses sans trou oblong en fixations intermédiaires (suite)

La jonction des lisses se fait sur un profilé porteur commun, chaque extrémité de lisse ayant sa propre fixation par trous oblongs (fig. 21).

Ce type de montage peut être admis dans le cas des profilés porteurs dont les fixations au gros oeuvre support autorisent des déplacements latéraux sous faibles efforts.

Remarque 1 : La dilatation se répartira de façon sensiblement égale aux extrémités de la lisse. Si l'on considère le cas d'une lisse en alliage d'aluminium de longueur 6 mètres, l'avant-dernier point de fixation aura des déplacements d'amplitude maximale :

$$23.10^{-3} \times 80 \left(\frac{6-2.0,6}{2} \right) = 4,4 \text{ mm}$$

pour des profilés porteurs posés en entraxes de 0,6 mètre.

Cette amplitude correspond à un débattement de l'ordre de ± 2 mm, de part et d'autre de la fixation du porteur considéré (mis en oeuvre sous une température d'environ 20 °C).

Dans le cas d'une lisse de longueur 3,6 mètres en alliage léger (ou d'une lisse en acier de longueur 6 mètres) ce débattement sera réduit de moitié soit environ ± 1 mm et sera absorbé par la plupart des pattes de fixation dans le cas d'ouvrages où la paroi de bardage sera déportée de 80 à 100 mm de la paroi support.

Remarque 2 : Dans le cas de liaisons avec pattes rigides et/ou de faible élancement, il sera nécessaire de justifier leur aptitude à la déformation.

3.5.2.3 Lisse sans jeu sur fixations intermédiaires avec aboutage par éclissage coulissant

Mêmes considérations que précédemment (cf. § 3.5.1.2) mais au lieu que les mouvements en extrémité de lisses soient permis par le joint ouvert entre lisses et les fixations en trous oblongs, on utilise une éclisse adaptée au profil des lisses.

- Eclisse supportée (fig. 21).

L'éclisse est fixée sur le profilé porteur de jonction et les deux extrémités de lisses sont coulissantes.

- Eclisse non supportée (fig. 21).

L'éclisse est disposée entre les profilés porteurs et fixée à une extrémité de lisse. Il sera nécessaire de vérifier que la rigidité de la lisse, ainsi éclissée, répond aux exigences de flèches définies en § 2.4.2.3.

Remarque : La forme la plus pratique pour la pose de cette éclisse, notamment dans le cas des systèmes avec dalles mises en oeuvre en « empilement » est une section oméga C qui a cependant l'inconvénient de provoquer un décalage des nus de par l'épaisseur de sa paroi d'appui sur le profilé porteur.

Ce décalage peut être compensé par le réglage préalable en profondeur du profilé porteur concerné. Cette disposition implique cependant que tous les aboutages soient en alignement vertical sur la hauteur de ce profilé porteur (calepinage nécessaire).

Des platines spécifiques peuvent être conçues pour éviter ce décalage, en permettant par exemple la fixation de cette platine sur les flancs des profilés porteurs ou à l'intérieur des profilés de lisses.

3.5.2.4 Lisses montées sans jeu aux fixations et avec jonction sur porteurs à section déformable (fig. 21d)

Les profilés porteurs sont de type ouvert (repères E et F § 2.1.4) et comportent deux plages de fixation séparées. Leur déformabilité est à apprécier par calcul ou de préférence par essai.

Remarque : L'essai doit être réalisé sur un segment d'une longueur égale à la moitié de l'entraxe de fixation des lisses.

Il devra permettre d'apprécier la déformabilité dans le domaine élastique.

Les déformations au-delà du domaine élastique peuvent être éventuellement acceptées, dans la mesure où elles resteront de faible amplitude sachant, par ailleurs, que la fréquence des mouvements est faible et que le nombre de cycles dans la durée de vie de l'ouvrage (104 sur 30 à 50 ans) est également relativement faible vis-à-vis des phénomènes de fatigue.

3.5.2.5 Lisses montées sans jeu de fixations et avec jonction sur porteurs séparés

Cette disposition (cf. fig. 21e) implique le doublement des profilés porteurs à chaque raccordement de lisses, chaque extrémité de lisse étant fixée sans jeu sur son profilé porteur propre.

L'ouverture minimale J du joint entre extrémité des lisses doit être de 10 mm.

L'écartement entre les deux profilés porteurs d'extrémité sera compris entre 10 et 50 mm.

Sur la base des considérations précédemment développées sur la « flexibilité » (cf. § 3.5.2.1 remarque 2 et § 3.5.2.2) latérale des pattes de fixation des profilés porteurs, ces dispositions de montage peuvent convenir pour des longueurs de profilés de 3 à 3,6 m en alliage léger et jusqu'à 6 mètres pour des profilés en acier.

Remarque 1 : Cette disposition nécessite que toutes les jonctions de lisses se situent dans le même alignement vertical sur la hauteur d'un profilé porteur.

Remarque 2 : Le fait que les profilés ainsi « doublés » ne reprennent que la moitié des charges (vent et poids propre) n'autorisent pas une réduction du nombre de pattes support dans le même rapport.

Le respect d'une flèche équivalente entre profilés « doublés » et profilés intermédiaires ne permet de réduire le nombre des pattes support que d'environ 20 %.

3.5.2.6 Lisses montées sans jeu aux fixations et avec jonction sur profilé porteur non déformable

Ce montage réalisé par fixations de type vis autoperceuses ou autotaraudeuses ou par rivets ne laisse aucun jeu possible. Il en résultera des contraintes importantes en cisaillement-traction sur les fixations et/ou un flambage des lisses.

Remarque : Dans le cas des lisses en alliage d'aluminium avec des fixations en acier inoxydable (vis ou rivets) suffisamment dimensionnées, il y aura probablement des déformations plastiques au bord des trous de fixations, ce qui conduira à des relaxations de contrainte.

Cette possibilité de déformation plastique pourra être augmentée en réalisant en extrémités des lisses des perçages coniques (fraisage). Compte tenu du jeu toujours ménagé entre extrémité de lisses, cette disposition pourra autoriser des dilatations de + 0,8 mm sans contrainte excessive, permettant ainsi l'utilisation de profilés de lisse de longueur maximale de 2 m.

Les lisses en acier sont exclues dans ce type de montage.

3.5.3 Fixation des lisses

Les lisses sont fixées aux profilés porteurs à chaque intersection selon les dispositions admissibles vis-à-vis de la dilatation telles que précisées ci-avant. La fixation peut s'effectuer par rivetage, par vissage ou par boulonnage.

3.5.3.1 Fixation par rivets

Le rivetage s'effectue à l'aide des rivets retenus parmi les rivets précédemment décrits et choisis en type et en dimensions selon la résistance admissible à l'arrachement requise.

Lorsque le rivetage s'effectue par rivet unique, celui-ci est disposé sur l'axe de symétrie vertical du rectangle de superposition lisse sur profilé et l'éventuel trou oblong de la lisse.

Lorsque le rivetage s'effectue à l'aide de deux rivets, ceux-ci sont disposés sur une diagonale du rectangle ou sur un même alignement horizontal, en respectant les distances minimales précisées au § 2.2.4.2.1.

Dans les deux cas, la position des rivets sur la hauteur d'appui de la lisse sera choisie pour réduire un éventuel effet de levier résultant de la différence de hauteur des points de fixation de la lisse sur les profilés porteurs et des points de fixation ou d'appui des éléments de paroi sur la lisse sous les différentes actions (charges verticales et vent).

Dans le cas d'une lisse avec trous oblongs, la pose avec deux rivets par trou impose des trous oblongs d'une sur-longueur égale au moins au diamètre de la tête de rivet (environ 14 à 18 mm) et s'ajoutant à la longueur prévue pour la dilatation.

Dans le cas de trous oblongs seulement en extrémités de lisses, la répartition des efforts n'impose pas de doubler les rivets en ces points, du moins en partie courante de la façade.

Remarque : Pour les lisses en pied de profilés, soit en départ d'ouvrage, soit en linteau ou en joints de fractionnement, les gardes de vissage (ou rivetage) données en § 2.6.2 doivent être impérativement respectées, et tout particulièrement pour les systèmes dont le poids des dalles est entièrement supporté par la lisse de rive basse.

Il est recommandé de mettre en premier le rivet de point fixe lequel sera de préférence situé en milieu de lisse, puis de continuer en disposant les rivets suivants soit en perçant à l'avancement, soit au milieu des trous oblongs prépercés. Les riveteuses devront être équipées d'une butée de profondeur pour éviter un serrage excessif au droit des trous oblongs.

3.5.3.2 Fixation par vissage

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

Les dispositions prises pour la fixation par rivets (cf. § 3.5.3.1 ci-dessus) sont applicables aux vis, notamment en ce qui concerne le serrage au droit des points coulissants (trous oblongs).

3.5.3.3 Fixation par boulonnage

Aux points de fixation glissants (trous oblongs) et de par le serrage modéré requis, l'indesserabilité devra être assurée (écrous freinés type Simmonds, rondelles élastiques type Grower, Belleville, éventails, produits spéciaux type frein de filet, etc.).

Annexe 1 Détermination des caractéristiques mécaniques des attaches destinées à la fixation des profilés 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.

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 par 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.

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.

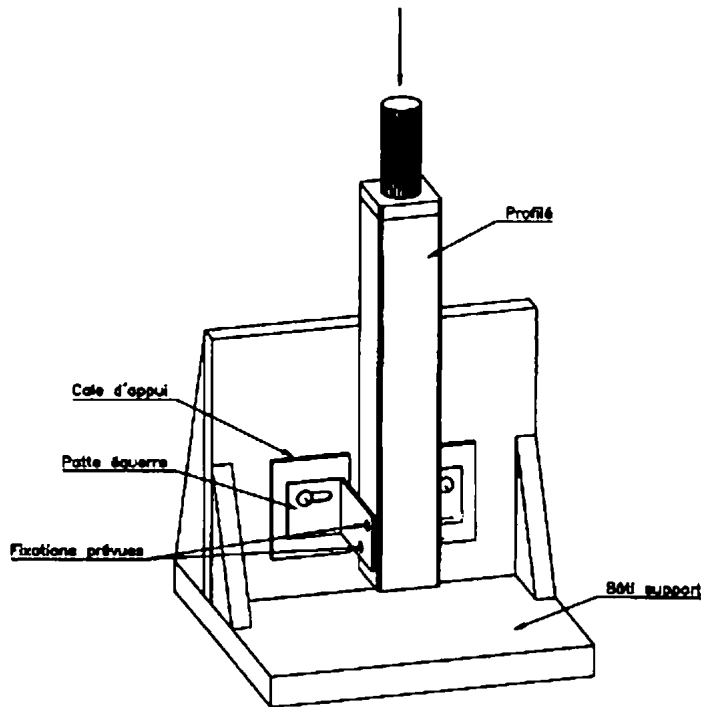


Figure 22

1.3 Attaches

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

1.4 Profilé

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

Le profilé est celui prévu être associé aux attaches spécifiques (cas des systèmes d'ossature complets).

Dans le cas d'attaches d'usage plus général, non prévues être associées à un profilé spécifique, le profilé pourra être constitué d'un tube en acier d'épaisseur minimale 15/10e 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.

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 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.

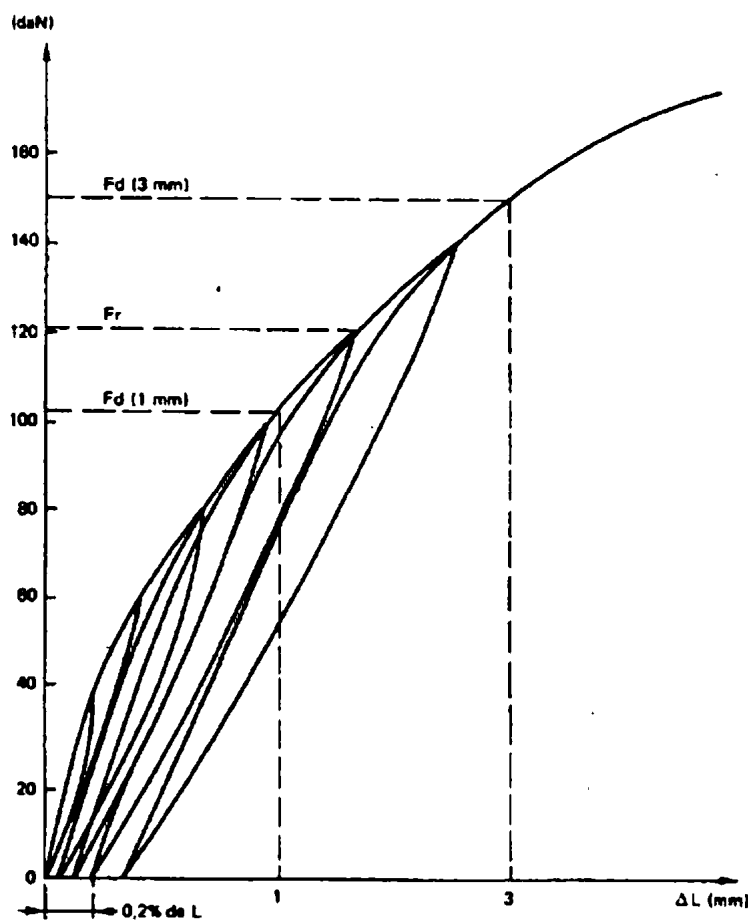
L'attache du mors mobile de la machine de traction, le profilé sur lequel sont fixées les deux pattes-équerres opposées (ou l'étrier) et le ou les capteurs de déplacement sont disposés en alignement droit sur le bâti rigide et indéformable.

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

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.

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.



Courbe effort-déformation

Figure 23 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.

Premier critère

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

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

L_x étant la longueur de la patte

Deuxième 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 Fr_1, Fr_2, Fr_3 et Fd_1, Fd_2 et Fd_3 .

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

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

- F_{mr} est la plus faible des trois valeurs Fr_1, Fr_2, Fr_3 .
- Fr Force correspondant à la déformation résiduelle de 0,2 % en nez de patte.
- F_{md} est la plus faible des 3 valeurs d'essais Fd_1, Fd_2, Fd_3 .
- F_d Force correspondant à une déformation sous charge choisie égale à 1 mm ou 3 mm selon la nature du bardage.

Le facteur n correspond au nombre d'attaches essayées dans le montage considéré soit 2 pour les attaches assymétriques (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 α variable selon la conception de l'ossature.

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

- Système d'ossature dans lequel les attaches fixées le long d'un profilé porteur se répartissent la charge reprise par ce dernier :
 $\alpha = 1,5$
- Système d'ossature dans lequel la charge reprise par un profilé est supportée par une seule attache :
 $\alpha = 2,5$

Commentaires :

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 Fr et Fd obtenues, on détermine les valeurs moyennes F_{mr} et F_{md} et les écarts-types estimés s_r et s_d :

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

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

La résistance caractéristique est déterminée par :

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

2. Le faible coefficient de sécurité retenu (dans le cas où $\alpha = 1,5$) 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 oeuvre, 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 éclissage fixe (non coulissant) des profilés 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 profilés de longueurs usuelles non éclissés (ou avec éclissage coulissant), une déformation sous charge de 3 mm des pattes peut être acceptée.
5. L'essai décrit ci-avant ne s'applique pas a priori aux attaches de points glissants (coulissants) supposées ne reprendre que les efforts dus aux effets du vent. Cependant, si la liaison prévue entre

l'attache et le profilé porteur n'apparaît pas suffisamment libre, on pourra par un essai reprenant un montage similaire, caractériser la résistance au glissement de la liaison ainsi que l'éventuelle déformation de la patte sous les efforts correspondants. Il sera nécessaire, dans ce cas, de disposer les capteurs de déplacement sur le nez de la patte et sur le profilé.

Deuxième partie

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 1 .

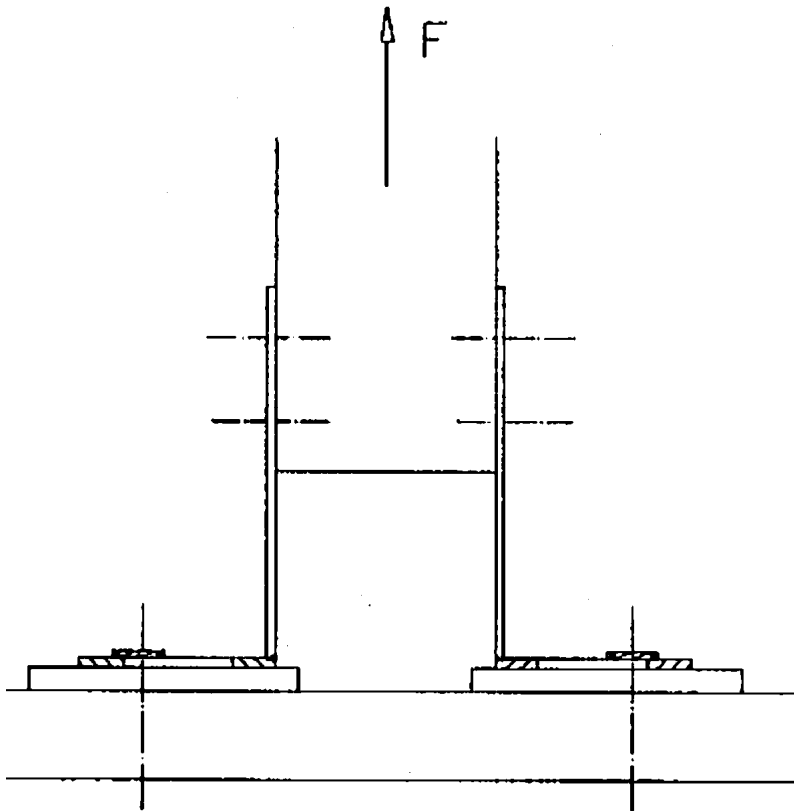


Figure 24

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 1 .

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

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

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

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

On vérifie sur l'enregistrement graphique qu'après les 150 cycles, la déformation résiduelle entraînée par la charge F , est inférieure ou égale à 1 mm.

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

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

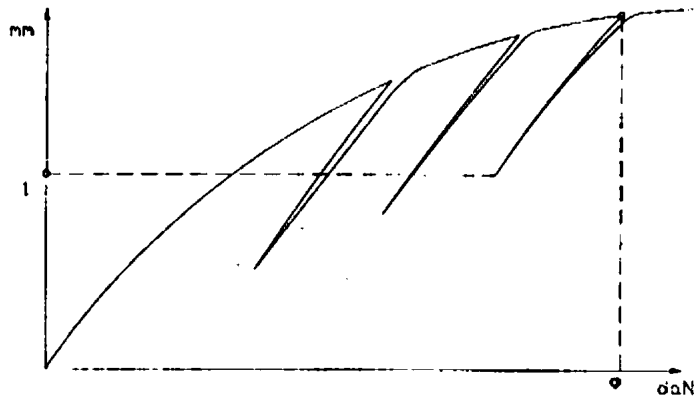


Figure 25

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 α), on détermine la charge F pour laquelle on obtient à l'issue des 150 cycles, une déformation résiduelle de 1 mm au plus.

L'essai est effectué successivement sur un lot de trois montages identiques d'où les trois résultats F_1 , F_2 et F_3 .

On appellera « résistance caractéristique » de la patte, la valeur :

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

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

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

$$R_c = F_m / n$$

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 φ
- soit réalisés sur un second montage avec des pattes neuves.

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

ANNEXE 2

Annexe 2.1 Fixations - Caractéristiques

Les principales caractéristiques des fixations sont données dans les tableaux 1 et 2 .

Type	Dimensions et caractéristiques (1)	Matériau (2), protection contre la corrosion (3)
Vis + écrou	Diamètre minimal : 6 mm Longueur en fonction des épaisseurs à assembler	Acier de résistance minimale 500 N/mm ² , galvanisé à chaud en continu selon NF A 91-121 (classe B). Acier de cémentation selon NF A 35-551, avec revêter de zinc selon NF E 25-009 (5 µm min.), chromatisation selon NF A 91-472 (classe C-D). Acier inoxydable (austénitique A2) selon E 25-033.
Vis autoperceuse Vis autotaraudeuse	<i>Vis autoperceuse :</i> Diamètre minimal : 5,5 mm Longueur telle que le filetage de la vis soit visible sous le support après pose <i>Vis autotaraudeuse :</i> Diamètre minimal : 6 mm Longueur telle que le dépassement après pose soit au moins égal au diamètre de la vis	Acier de cémentation selon NF A 35-551, avec revêter métallique renforcé + revêtement superficiel complémentaire permettant d'obtenir une résistance minimale à la corrosion de 12 cycles Kesternich selon NF T 30-055 (à 2 l de E sans apparition de rouille rouge). Acier inoxydable (austénitique A2) selon E 25-033.
Rivet (conforme à la norme E 25-702 pour les rivets en acier)	Diamètre minimal du corps : 4,8 mm Diamètre minimal de collerette : 9 mm	Acier, avec revêtement métallique complémentaire permettant d'obtenir une résistance minimale à la corrosion de 12 cycles Kesternich selon NF T 30-055 I de SO ₂ sans apparition de rouille rouge) pour les corps de rivets en acier. Acier inoxydable (austénitique A2) selon E 25-033 pour les rivets inox (corps et tige). Nickel - cuivre Cupro - zinc

(1) Le diamètre correspond au diamètre extérieur de filetage.

(2) Les nuances indiquées sont des nuances minimales.

(3) La protection contre la corrosion est réalisée à la fabrication des fixations.

Tableau 2

Type	Dimensions et caractéristiques (1)	Matériau (2), protection contre la corrosion (3)
Vis + écrou	Diamètre minimal : 6 mm Longueur en fonction des épaisseurs à assembler	Acier inoxydable (austénitique A2) selon E 25-033 et NF EN ISO 3506-1.
Vis autoperceuse Vis autotaraudeuse	<i>Vis autoperceuse :</i> Diamètre minimal : 5,5 mm Longueur telle que le filetage de la vis soit visible sous le support après pose <i>Vis autotaraudeuse :</i> Diamètre minimal : 6 mm Longueur telle que le dépassement après pose soit au moins égal au diamètre de la vis	Acier inoxydable (austénitique A2) selon E 25-033 pour corps et la tête, la pointe de forage étant en acier de cémentation selon NF A 35-551, avec revêtement de z
Rivet (conforme à la norme E 25-701 pour les rivets en alliage d'aluminium à tête plate)	Diamètre minimal du corps : 4,8 mm Diamètre minimal de collerette : 9 mm	Alliage d'aluminium. Acier inoxydable (austénitique A2) selon E 25-033.
<p>1. Le diamètre correspond au diamètre extérieur de filetage.</p> <p>2. Les nuances indiquées sont des nuances minimales.</p> <p>3. La protection contre la corrosion est réalisée à la fabrication des fixations.</p>		

Tableau 3

FICHE TECHNIQUE																																	
Ossature métallique des bardages rapportés Vis autoperceuses ou autotaraudeuses																																	
(1) Dénomination de la vis :																																	
(2) Nom et adresse de la Société :																																	
(3) Nom et adresse de l'usine productrice :																																	
(4) Schémas cotés : Vis et rondelle (s'il y a lieu) Avec détails pour les têtes spéciales	(5) Caractéristiques des matériaux et des revêtements <ul style="list-style-type: none"> ▪ Vis : – Tête : – Tige : – Foret (éventuellement) ▪ Rondelle : – Métallique : – Elastomère : 																																
(6) Caractéristiques mécaniques garanties : Résistance ultime à la traction : N/mm ² environ Couple ultime au serrage : N.m (le couple est déterminé par la résistance du profilé)																																	
(7) Capacités de serrage : (Donner les longueurs des vis en fonction de l'épaisseur des éléments à assembler).																																	
(8) Capacités de perçage : Epaisseur minimale et maximale du support : Epaisseurs minimale et maximale des éléments à fixer La fiche technique est établie pour l'assemblage de pièces en acier ou alliage d'aluminium dont la résistance à la ru est supérieure ou égale à N/mm ² et inférieure ou égale à N/mm ² .																																	
(9) Résistances caractéristiques :																																	
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th style="width: 60%;">Epaisseur support (en mm)</th> <th>1,5</th> <th>2,0</th> <th>2,5</th> <th>3,0</th> <th>4,0</th> <th>....</th> <th rowspan="2">Epaisseur de la tôle à fixer (en mm)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Diamètre de préperçage (en mm)</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Résistance caractéristiques à l'ARRACHEMENT (daN) suivant norme d'essais XP P 30-314</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Résistance caractéristique au CISAILLEMENT (daN)</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>		Epaisseur support (en mm)	1,5	2,0	2,5	3,0	4,0	Epaisseur de la tôle à fixer (en mm)	Diamètre de préperçage (en mm)								Résistance caractéristiques à l'ARRACHEMENT (daN) suivant norme d'essais XP P 30-314								Résistance caractéristique au CISAILLEMENT (daN)							
Epaisseur support (en mm)	1,5	2,0	2,5	3,0	4,0	Epaisseur de la tôle à fixer (en mm)																										
Diamètre de préperçage (en mm)																																	
Résistance caractéristiques à l'ARRACHEMENT (daN) suivant norme d'essais XP P 30-314																																	
Résistance caractéristique au CISAILLEMENT (daN)																																	
<p>Coefficient de sécurité : Compte tenu des aléas dus à la pose des vis, un coefficient de sécurité minimal par rapport efforts correspondant aux pressions dynamiques normales dues au vent est appliqué conformément aux valeurs suivantes selon l'épaisseur (e) et la nature du support (acier ou alu) :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Supports en acier <ul style="list-style-type: none"> 1,5 mm < e ≤ 3 mm : 2,5 e > 3 mm : 2,1 • Supports en aluminium <ul style="list-style-type: none"> 2,5 mm < e ≤ 3 mm : 3 e > 3 mm : 2,6 <p>pour la résistance caractéristique à l'arrachement donnée dans le tableau ci-dessus.</p>																																	

[Fiche technique](#)

<p>Marquage :</p> <ul style="list-style-type: none"> – Sur les têtes de vis : – Sur l'emballage :
(10) Conditions particulières de mise en oeuvre
<p>(10a) <i>Outillage préconisé :</i></p> <p>Visseuse :</p> <ul style="list-style-type: none"> – Puissance : – Régime de rotation en charge : de à <p>Limiteur de couple :</p> <p>Butée de profondeur :</p> <p>Douille (dimensions et type) :</p> <p>Autres :</p>
<p>(10b) <i>Contrôles avant la mise en oeuvre :</i></p> <p>Préalablement à la mise en oeuvre, quelques essais en conditions réelles seront réalisés pour régler limiteur de couple et la butée de profondeur :</p> <ul style="list-style-type: none"> – Réglage de la butée en profondeur : <p>Il se fait par examen visuel de l'écrasement. Il est effectué par approches successives en partant d'un réglage à profondeur longue (serrage insuffisant).</p> <p>(Donné à titre d'exemple à adapter à chaque type de rondelle et de vis)</p> <ul style="list-style-type: none"> – Réglage du limiteur de couple : <p>Procéder par approches successives en partant du couple le plus faible, et jusqu'à ce que la vis se lai visser complètement, en ayant pris soin de dévisser celle-ci à chaque nouveau réglage.</p> <p>Vérifier l'intégrité du filet et du contre-filet.</p>
<p>(10c) <i>Contrôles pendant la mise en oeuvre :</i></p> <ul style="list-style-type: none"> – Vérifier régulièrement le diamètre effectif du perçage, l'efficacité et l'usure du foret. Ne pas hésiter à l changer ou à le réaffûter. – Vérifier régulièrement le couple de serrage.
11. Assistance technique :

Fiche technique (suite)

On distingue :

- les vis,
- les rivets.

Les emballages de conditionnement des fixations doivent posséder une étiquette d'identification rappelant le type de fixation, sa nature et son revêtement.

Annexe 2.2 Détermination de la résistance caractéristique des assemblages

1. Domaine d'application

Le présent document définit les méthodes d'essais applicables aux fixations des composants d'ossatures métalliques dans le cas des assemblages suivants :

- pattes équerre/profilés porteurs,
- profilés porteurs/lisse intermédiaire,
- profilés porteurs/platine (ou attache) d'accrochage des éléments de peau du bardage.

à l'exclusion de la fixation des éléments de peau évaluée par ailleurs, dans le cadre de l'instruction du dossier d'Avis Technique ou du Constat de traditionalité du système.

Le présent document s'applique aux fixations conformes à l'annexe 2.1 ou lorsqu'il y est fait explicitement référence :

- vis autoperceuse,
- vis autotaraudeuse,
- rivet à rupture de tige,
- boulon (vis + écrou).

2. Références normatives

Le présent document reprend certaines prescriptions et dispositions d'essais contenues dans les normes XP 30-310 et XP 30-314 en les étendant aux rivets et boulons.

Ces références normatives sont citées aux endroits appropriés dans le texte, et les publications sont énumérées ci-après. Pour les références datées, les amendements ou révisions ultérieurs de l'une quelconque de ces publications ne s'appliquent à cette norme que s'ils y ont été incorporés par amendement ou révision. Pour les références non datées, la dernière édition de la publication à laquelle il est fait référence s'applique.

- NF EN 10002-2 : Matériaux métalliques - Essai de traction - partie 2 : Vérification du système de mesure de la charge de la machine d'essai de traction.
- NF EN 10025 : Produits laminés à chaud en aciers de construction non alliés - Conditions techniques de livraison.
- P 30-310 (XP) : Travaux de couverture et de bardage - Eléments de fixation - Détermination à la résistance - Caractéristique d'assemblage - Méthode d'essai d'arrachement des fixations en sommet d'onde ou de nervure de leur support (juillet 1997).
- P 30-314 (XP) : Travaux de couverture et de bardage - Eléments de fixation - Détermination à la résistance - Caractéristique d'assemblage - Méthode d'essai d'arrachement de l'assemblage en tôle d'acier ou d'aluminium au support (juillet 1997).

Partie A Résistance en traction

Remarque préliminaire :

Le premier essai caractérise la résistance à l'arrachement de la fixation dans son support et non pas la résistance de l'assemblage complet constitué des deux pièces assemblées par la fixation considérée.

En cas de nécessité, la résistance au « déboutonnage » de la pièce rapportée sous tête de fixation pourra être déterminée selon les dispositions définies ci-dessous après adaptation du montage d'essai.

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 portant un dispositif d'attache,
- une partie supérieure portant le second dispositif d'attache.

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

1.2 Description du dispositif d'essai

Le dispositif d'essai comporte :

- une pince à fixer dans le mors supérieur et destinée au maintien soit de la tête du rivet ou de la vis, soit de l'écrou ou de la tête du boulon ;

- un montage simulant le support à fixer dans les mors inférieurs de la machine. Voir figure 1 et tableau 1.

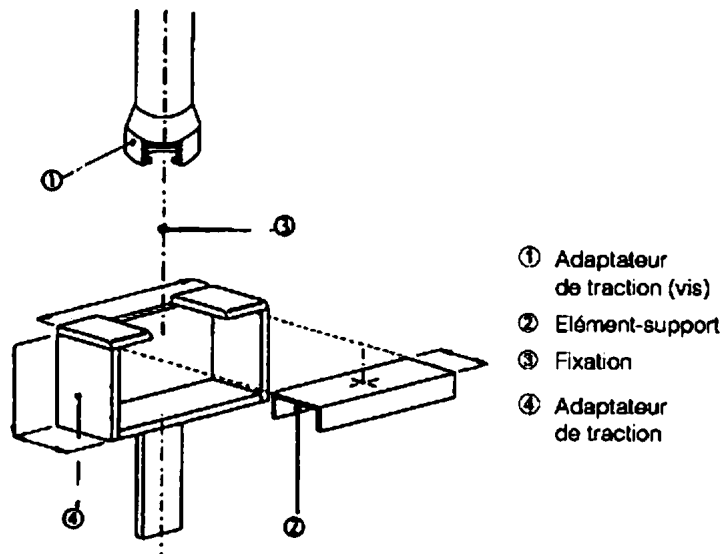


Figure 1 Adaptateur de traction

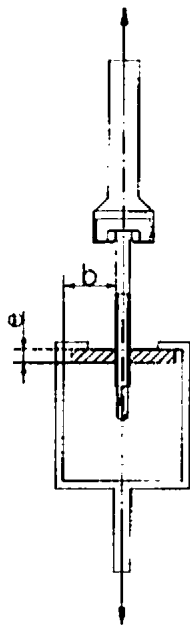


Figure 2

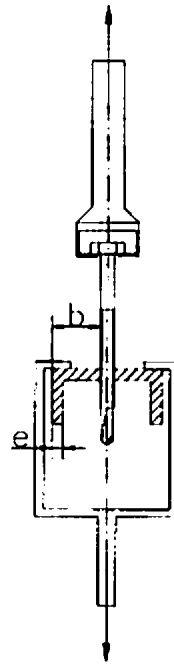
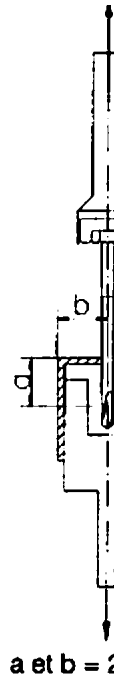


Figure 3



a et b = ?

Figure 4

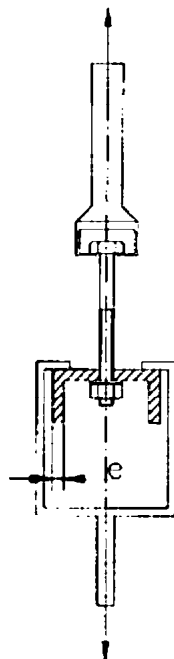
Adaptation
boulon

Figure 5

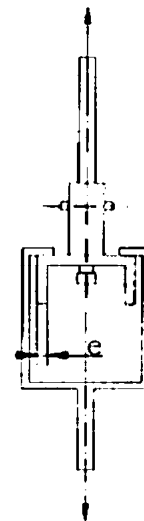
Adaptation
rivet

Figure 6

Tableau 1

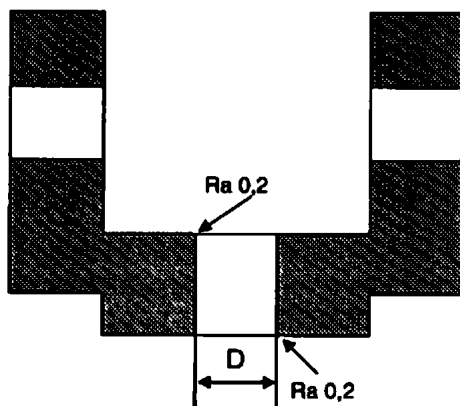
Cotes à respecter pour l'élément 4 adaptateur de traction pour les supports définis en figures 5 et 6 du tableau 1 :

- largeur utile intérieure de 150 mm + jeu nécessaire,
- largeur d'ouverture supérieure de 80 mm + 1 mm,
- hauteur utile de 80 mm + jeu nécessaire,
- profondeur utile de 60 mm.

L'adaptateur de traction pour les rivets sera réalisé dans de l'acier de dureté supérieure à 700 HV 30 et percé d'un trou lisse de diamètre D défini dans le tableau ci-après :

Diamètre nominal du rivet (d)		4,8	
Diamètre du préperçage (D)	nominal	4,9	
	tolérances	+ 0,1 0	

Tableau 1



Nota : la valeur de D peut être choisie différente, dans le cas notamment où un jeu est prévu pour l'assemblage (dilatation par exemple).

Les épaisseurs sont égales aux épaisseurs nominales $\pm 5\%$. Les dimensions autres que l'épaisseur ont une tolérance de ± 1 mm pour les éléments-supports métalliques.

1.3 Élément-support

L'élément-support est choisi compte tenu des conditions réelles d'utilisation et doit être identifié et caractérisé mécaniquement (essais en traction selon NF EN 10002-1) dans le rapport d'essai.

La nature et les caractéristiques mécaniques (rupture en traction et limite élastique) ainsi que les caractéristiques géométriques de l'élément-support sont relevées. Un schéma est joint au rapport d'essai.

1.4 Fixation

Le type de fixation 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.

1.5 Assemblage

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 du trou de préperçage,
- nombre d'éprouvettes.

L'essai est réalisé pour 12 fixations du même type.

2. Mode opératoire

Réaliser le montage d'essai conformément à la figure 1 et au tableau 1 .

Mettre en place cet ensemble dans les mors de la machine d'essai en s'assurant du bon centrage du chargement.

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.

Noter les déformations éventuelles en cours d'essai.

Continuer jusqu'à la ruine de l'assemblage (désolidarisation arrachement de la fixation, ...).
Noter le maximum d'effort P (en daN) enregistré par la machine.

3. Expression des résultats

Le rapport d'essai doit comporter :

- a. l'ensemble des données demandées à l'article 1
- b. les charges maximales P (en daN) ayant entraîné la ruine des assemblages et les déformations correspondantes,
- c. le mode de ruine de chacun des montages d'essai,
- d. les courbes « charges/déformations » (en daN/mm). La déformation correspond au déplacement entre les deux plateaux de la machine,
- e. la valeur de la résistance caractéristique à l'arrachement P_k d'une fixation, calculée selon les modalités suivantes :

A partir des douze valeurs des charges maximales mesurées P, on détermine la charge moyenne P_m et un écart-type estimé s :

$$P_m = \sum P / 12$$

et

$$s = \sqrt{\frac{\sum (P - P_m)^2}{11}}$$

La résistance caractéristique à l'arrachement d'une fixation dans l'élément support testé est déterminée par :

$$P_k = P_m - 2s$$

Partie B Résistance en cisaillement

Remarque préliminaire

Le présent essai caractérise la résistance de l'assemblage complet constitué de l'élément-support rapporté et de la fixation considérée.

Pour des raisons de commodité, les éléments-support et les éléments rapportés peuvent être constitués de plats réalisés dans les mêmes nuances de métal et en mêmes épaisseurs.

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 portant un dispositif d'attache,
- une partie supérieure portant le second dispositif d'attache.

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

1.2 Description du dispositif d'essai

(cf. dessin 1) Dans sa forme la plus simple, le dispositif ne comporte que les mors inférieurs et supérieurs de la machine d'essai.

1.3 Eprouvette

L'éprouvette la plus simple est constituée de deux plats assemblés par la (ou les) fixation(s).

La largeur des plats est de 40 mm et leur longueur est d'au moins 200 mm.

L'éprouvette peut également être réalisée dans des segments de profilés des sections prévues si en extrémité, ils peuvent être façonnés pour être pris dans les mors de la machine en respectant l'alignement prescrit ci-dessous.

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

Pour d'autres types de support, l'élément-support est choisi compte tenu des conditions réelles d'utilisation et doit être identifié et caractérisé (essais en traction) dans le rapport d'essai.

1.4 Fixation

Le type de fixation 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.

1.5 Assemblage

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 du trou de perçage et/ou de préperçage éventuel,
- la distance aux bords des éléments-supports (δl et δt),
- la distance entre fixations s'il s'agit d'un montage à fixations multiples,
- la présence de rondelles (d'appui et/ou de blocage),

Nota : Concernant les préperçages des éléments assemblés par rivets et à défaut de prescriptions particulières (1), on adoptera celles ci-après :

Diamètre nominal du rivet (d)		4,8	
Diamètre du préperçage (D)	nominal	4,9	
	tolérances	+ 0,1 0	

Tableau 2

2. Nombre d'éprouvettes

L'essai est réalisé sur 12 assemblages du même type.

3. Mode opératoire

Réaliser le montage d'essai conformément à la figure 1 et au tableau 1 .

Mettre en place cet ensemble dans les mors de la machine d'essai en s'assurant du bon centrage du chargement.

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.

Noter les déformations éventuelles en cours d'essai.

Continuer jusqu'à la ruine de l'assemblage (désolidarisation, arrachement de la fixation, ...).

Noter le maximum d'effort P (en daN) enregistré par la machine.

4. Expression des résultats

Le rapport d'essai doit comporter :

- l'ensemble des données demandées à l'article 1,
- les charges maximales P (en daN) ayant entraîné la ruine des assemblages et les déformations correspondantes,
- le mode de ruine de chacun des montages d'essai,
- les courbes « charges/déformations » (en daN/mm). La déformation correspond au déplacement entre les deux plateaux de la machine,
- la valeur de la résistance caractéristique au cisaillement P_k d'un assemblage, calculée selon les modalités suivantes :

A partir des douze valeurs des charges maximales mesurées P, on détermine la charge moyenne P_m et un écart-type estimé s :

$$P_m = \Sigma P / 12$$

et

$$s = \sqrt{\frac{\sum (P - P_m)^2}{11}}$$

La résistance caractéristique au cisaillement d'un assemblage d'une fixation est déterminée par :

$$P_k = P_m - 2s$$

Notas :

- Sauf indication contraire, les valeurs de δ / et δt seront prises égales aux valeurs de principe minimales (cf. § 2.2.4.2.1).
- Dans le cas de mâchoires équipées de mors auto-centreurs, on utilisera des cales pour obtenir l'alignement du plan d'assemblage sur l'axe des mâchoires.

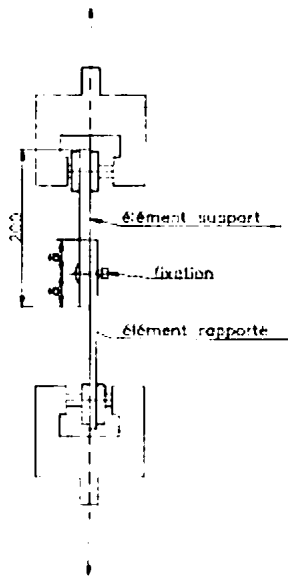


Figure 1.1 - Epruvette réalisée avec des plats



Figure 1.2 - Epruvette réalisée dans des profilés

Figure 1 Dispositif d'essai - éprouvettes

Annexe 3 Définition des atmosphères extérieures - Protection contre la corrosion

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 (E11 à E19)

2.1 Atmosphère rurale non polluée : E11

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

2.2 Atmosphère normale urbaine ou industrielle : E12

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

2.3 Atmosphère sévère urbaine ou industrielle : E13

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

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

2.4 Atmosphères marines

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

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

2.4.3 Bord de mer : E16

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

2.5 Atmosphère mixte

2.5.1 Atmosphère mixte normale : E17

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

2.5.2 Atmosphère mixte sévère : E18

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

2.5.3 Atmosphère agressive : E19

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

- corrosivité très importante,
- l'abrasion,
- les températures élevées,
- les hygrométries élevées,
- les dépôts de poussière importants,
- les embruns en front de mer,
- etc.

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

Milieus correspondants à celui d'une lame d'air (ou volume d'air) ventilée, selon définition de la norme 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.

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 (porteurs verticaux ou lisses horizontales) pourront être considérés exposés en atmosphère extérieure directe (A.2) ou en atmosphère extérieure protégée et ventilée (A.3). Cette dernière atmosphère sera toujours celle considérée pour les pattes de fixation des profilés porteurs au gros oeuvre (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.

Compatibilités électrochimiques

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

Atmosphères extérieures directes (*)								
E ₁₁	E ₁₂	E ₁₃	E ₁₄	E ₁₅	E ₁₆	E ₁₇	E ₁₈	E ₁₉
Rurale	Urbaine ou industrielle		Marine			Mixte		Agress
	Normale	Sévère	10 < d < 20 km	3 < d < 10 km	d < 3 km	Normale	Sévère	
(?)	(?)	395 g/m ²	(?)	(?)	395 g/m ²	395 g/m ²	395 g/m ²	E.S.
Atmosphères extérieures protégées et ventilées (*)								
E ₂₁	E ₂₂	E ₂₃	E ₂₄	E ₂₅	E ₂₆	E ₂₇	E ₂₈	E ₂₉
Idem	Idem	Idem	Idem	Idem	Idem	Idem	Idem	Idem
E ₁₁	E ₁₂	E ₁₃	E ₁₄	E ₁₅	E ₁₆	E ₁₇	E ₁₈	E ₁₉

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)

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

2. Masses locales minimales de revêtement :

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

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

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

Atmosphères extérieures directes (1)								
E ₁₁	E ₁₂	E ₁₃	E ₁₄	E ₁₅	E ₁₆	E ₁₇	E ₁₈	E ₁₉
Rurale	Urbaine ou industrielle		Marine			Mixte		Agress
	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 ₂₁	E ₂₂	E ₂₃	E ₂₄	E ₂₅	E ₂₆	E ₂₇	E ₂₈	E ₂₉
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/m² double face ≈ 20 µm/face
Z 350 = 350 g/m² double face ≈ 25 µm/face
Z 450 = 450 g/m² double face ≈ 32 µm/face

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

Tableau 2 Acier - Galvanisation à chaud en continu
(Revêtement de zinc)**Tableau 3 – Acier - Revêtements métalliques par immersion à chaud en continu (Galvanisation ou revêtements spécifiques)**

Atmosphères extérieures directes (1)								
E ₁₁	E ₁₂	E ₁₃	E ₁₄	E ₁₅	E ₁₆	E ₁₇	E ₁₈	E ₁₉
Rurale	Urbaine ou industrielle		Marine			Mixte		Agres
	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 ₂₁	E ₂₂	E ₂₃	E ₂₄	E ₂₅	E ₂₆	E ₂₇	E ₂₈	E ₂₉
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 NF P 24-351.

Z 275 = 275 g/m² double face ≈ 21 µm/face.
Z 300 = 300 g/m² double face ≈ 23 µm/face.
Z 350 = 350 g/m² double face ≈ 27 µm/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)

Tableau 4 – Aluminium - Anodisation (*)

Atmosphères extérieures directes (1)								
E ₁₁	E ₁₂	E ₁₃	E ₁₄	E ₁₅	E ₁₆	E ₁₇	E ₁₈	E ₁₉
Rurale	Urbaine ou industrielle		Marine			Mixte		Agricole
	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 ₂₁	E ₂₂	E ₂₃	E ₂₄	E ₂₅	E ₂₆	E ₂₇	E ₂₈	E ₂₉
Pas de nécessité de protection particulière								E.S.
(*) Conservation d'aspect uniquement.								
Note : 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.								

Tableau 4 Aluminium - Anodisation (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 5 - Acier inoxydable (*)

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

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

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 ZB 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).

Tableau 5 Acier inoxydable

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-cuiv
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

Tableau 6

ANNEXE 4 Eléments de calcul thermique

Le calcul du coefficient de transmission global s'effectue selon le DTU « Règles Th-K 77 » (mises à jour d'octobre 1985 - Cahier du CSTB n° 2032 et de juillet 1988 - Cahier du CSTB n° 2255) à partir des valeurs K du coefficient moyen en partie courante, données par la formule :

$$K = \frac{1}{1/K_0 + R + 0,13} + \chi^n$$

où :

- K_0 est le coefficient moyen en partie courante de la structure porteuse avant bardage, exprimé en $W/(m^2.K)$.
- R est la résistance thermique de l'isolant, exprimée en $(m^2.K)/W$. Si l'isolant concerné fait l'objet de la certification ACERMI, la
- valeur R sera prise égale à la valeur certifiée. En l'absence de certification, la valeur R de la résistance thermique de l'isolant utilisé sera calculée conformément au DTU « Règles Th » .
- 0,13 est la valeur de la résistance thermique de la lame d'air ventilée et de la peau de surface, exprimée en $(m^2.K)/W$.
- χ est le flux thermique passant par l'ossature (pattes de fixations et profilés support), exprimé en W/K .
- n est le nombre de pattes au m^2 .

Dans le cas où sous l'aile d'appui des pattes sont disposées des cales isolantes constituant rupture de pont thermique, on substitue à la valeur χ ci-dessus, la valeur :

$$\chi = \frac{1}{\frac{1}{\chi} + \frac{e}{\lambda.s}}$$

où pour la cale considérée :

- χ : conductivité thermique utile exprimée en $W.m^2.K$,
- e : épaisseur exprimée en m,
- s : surface exprimée en m^2 (surface en contact avec l'aile d'appui).

Remarque :

1. Le matériau isolant constitutif de la cale devra par ailleurs être justifié sur son aptitude à reprendre les charges instantanées (effets du vent en pression) et/ou permanentes (poids propre), ces dernières étant à vérifier vis-à-vis du fluage.
2. La valeur exacte du facteur (peut-être calculée au cas par cas, cependant des valeurs forfaitaires ont été établies sur la base des paramètres constitutifs des bardages les plus courants précisés ci-après.

1. Description des constituants : hypothèses de base des calculs

La structure porteuse, gros oeuvre existant, est une paroi en béton de 15 cm d'épaisseur.

L'isolation complémentaire est une laine de verre de 6 ou 10 cm d'épaisseur, de conductivité thermique égale à 0,04 $W/(m.K)$.

La lame d'air ventilée, toujours aménagée entre l'isolant et la peau, varie de 2 à 5 cm d'épaisseur. Compte-tenu de la ventilation nécessaire, la résistance thermique de la lame d'air est égale à 0,12 $(m^2.K)/W$.

L'élément de peau est constitué soit :

- d'une tôle de 1 mm d'épaisseur en aluminium, de conductivité thermique égale à 230 $W/(m.K)$;
- de plaques de 9 mm d'épaisseur de mortier de fibre (Fibre Ciment - Composite Ciment Verre CCV - Mortier à liant organique) de conductivité thermique égale à 1,15 $W/(m.K)$;
- de plaques de 6 mm d'épaisseur de fibre de résine, de conductivité thermique égale à 0,3 $W/(m.K)$.

L'ossature est constituée de pattes de fixation et de profilés supports.

Les pattes de fixation, en appui sur la structure porteuse, sont soit :

- en aluminium ou en acier inox de 3 mm d'épaisseur,

- de section courante égale à 60 x 60 mm,
- de hauteur égale à 60 mm,
- de profondeur variable suivant l'épaisseur de l'isolant.

Elles sont de deux types :

- en forme d'équerre (forme L),
- en forme d'étrier (forme U).

L'entraxe de fixation varie de 0,8 à 1,6 m.

Les profilés supports, fixés sur les pattes de fixation, maintiennent les éléments de peau, sont soit :

- en aluminium ou en acier inox de 2 mm d'épaisseur,
- de section courante égale à 60 mm,
- de hauteur égale à 50 mm.

Ils sont classés en 2 types :

- type AS (âme simple)



- type AD (âme double)

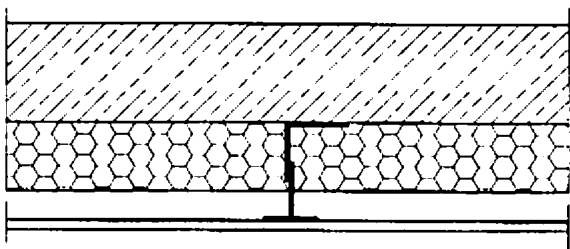


L'entraxe de fixation est 0,6 ou 0,9 m.

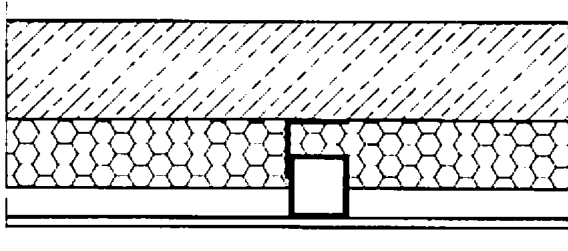
Les pattes de fixation et les profilés supports sont toujours de même nature dans une même ossature.

Les pattes de fixation de forme L sont associées avec les 2 types de profilés supports et celles de forme U sont associées uniquement avec des profilés supports AD, on différencie 3 groupes :

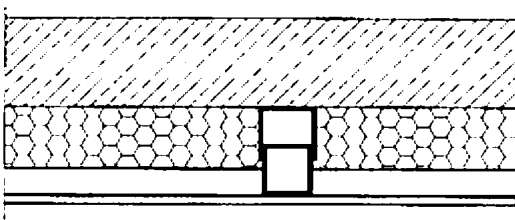
- 1^{er} groupe, pattes de fixations en L et profilés supports de type AS.



- 2^e groupe, pattes de fixations en L et profilés supports de type AD.



- 3^e groupe, pattes de fixations en U et profilés supports de type AD.



2. Détermination du coefficient χ

Après études des configurations avec toutes les variables décrites, ci-avant, il en résulte que :

- l'épaisseur de la lame d'air,
- l'épaisseur de l'isolant,
- l'entraxe de fixation des pattes et des profilés,

ont une influence négligeable sur la valeur du coefficient χ .

Les seuls paramètres influant sur la valeur de χ sont :

- la nature des pattes de fixation et profilés support,
- la nature de la peau de surface,
- les différentes configurations de l'ossature.

Les valeurs du coefficient χ , en W/K, sont données dans le tableau ci-après.

Groupe	Nature de la patte et du profilé	Nature de la peau	
		Aluminium	Fibre de résine Mortier de fibre
1 ^{er} groupe Profilés de type AS	Acier	0,035	
	Aluminium	0,055	0,050
2 ^e et 3 ^e groupes Profilés de type AD	Acier	0,055	
	Aluminium	0,085	0,080

Ces valeurs seront minorées de 0,01 W/K lorsque l'on insère entre la patte de fixation et la structure porteuse, une cale de 2 mm d'épaisseur, de conductivité thermique égale à 0,3 W/(m.K).

ANNEXE 5 Eléments à prendre en compte dans le dimensionnement d'une ossature de bardage rapporté

La présente annexe n'a pas pour objet de donner les moyens d'effectuer des calculs fins en vue d'optimiser la conception d'une ossature métallique : ces moyens (méthode de calcul, analyse) sont développés dans des ouvrages techniques dont disposent les spécialistes (résistance des matériaux, charpentes métalliques, ...).

L'objet est de montrer à travers quelques cas de configurations simples et courantes, l'influence de la répartition des charges sur un profilé, en particulier vis-à-vis des déformations entre appuis (flèche) et d'indiquer les valeurs maximales :

- de la flèche,
- de contrainte en flexion (moment fléchissant),
- de la réaction de l'appui le plus sollicité.

en vue de rendre compréhensible au lecteur la démarche de vérification dans l'application proposée en exemple.

Cas A

Ossature simple constituée d'un réseau de profilés porteurs verticaux sur lesquels viennent se fixer directement les éléments de paroi

1. Données à prendre en compte

- Calepinage des éléments de paroi.
- Masse surfacique du bardage (parement + ossature).
- Effets du vent.
- Efforts repris par les fixations dans le gros-oeuvre support sous les charges de poids propre et/ou de vent.
- Flèche admissible des profilés porteurs (la flèche admissible des éléments de paroi précisée dans l'Avis Technique est supposée avoir été vérifiée lors du calepinage).
- Inertie des profilés porteurs.
Elle peut être imposée ou à déterminer.
- Résistance admissible des pattes de fixations des profilés porteurs au support pour les diverses sollicitations attendues en oeuvre.
- Résistance des assemblages des pattes sur les profilés.
- Résistance des ancrages dans le gros-oeuvre (chevilles).
Elle dépend du type de fixation et de la nature du support considéré.

2. Validation

- Effets du vent.
Ils doivent être calculés d'après le DTU Règles NV.
- Calepinage des éléments de paroi.
Sur ce type d'ossature, il s'agit le plus souvent de grandes plaques en disposition verticale ou horizontale ou de lames ou planches posées à l'horizontale.
- Ce calepinage prend en compte la résistance admissible des éléments de peau par rapport aux flèches admissibles et à la résistance des fixations, ces deux critères vont imposer un écartement maximum entre les profilés porteurs.
- La masse surfacique du bardage est à considérer vis-à-vis des charges de poids propre reprises par les pattes de point fixe (attache-poids). Elle peut conditionner la longueur des profilés et/ou leur écartement ou conduire à l'augmentation du nombre d'attaches (doublement ponctuel) ou du nombre des chevilles par attache (platine élargie).
- Flèche des profilés.
Elle est fonction de l'inertie du profilé et de la distance entre pattes de fixation le long de ce dernier et de la charge de vent reprise par ce profilé, laquelle dépend pour une pression (ou dépression) donnée de l'écartement entre les profilés. Elle est à vérifier par calcul.
- Inertie des profilés.
Elle peut être imposée par la section d'un profilé unique, à choisir dans une gamme ou être à déterminer en vue d'une fabrication à façon.

A l'inertie donnée d'un profilé, correspondra un entraxe maximum des pattes le long de ce profilé, de façon à respecter l'exigence de flèche maximale.

- Contrainte dans les profilés à vérifier par calcul pour les diverses sollicitations.
- Résistance admissible des pattes de fixation.

Celle-ci déterminée conformément aux modalités de l'annexe 1 sera comparée :

- aux efforts repris par l'attache de point fixe vis-à-vis du poids propre (masse du parement et de l'ossature) et des effets du vent,
- aux efforts résultant des effets du vent en pression et dépression pour les attaches des points « glissants » .

Les efforts dus aux effets du vent (sur le site considéré) et repris par un profilé porteur ont pour valeur :

$$F_1 = P \times L \times e \times k_r$$

Avec :

- F1 en newtons
- P en pression (dépression) en Pa
- L longueur du profilé en mètre
- e écartement entre profilés en mètre
- kr coefficient dépendant du nombre de profilés intéressés par les fixations d'un élément de peau (coefficient de « continuité »).
- L'effort repris par une patte de fixation donnée, le long du profilé est égal à : $F_2 = q \times l \cdot k_r$

Avec :

- F₂ : Force en newtons
- q = F1 / L : Force unitaire reprise par le profilé en newton/mètre
- l : Entraxe des pattes le long du profilé en mètre
- kr : Coefficient de réaction d'appui dépendant du nombre de pattes le long du profilé, de la position de la patte et de la répartition des efforts.

Cas B

Ossature croisée constituée d'un réseau de profilés porteurs verticaux sur lesquels viennent se fixer des lisses horizontales supportant les éléments de paroi.

1. Données à prendre compte

Aux données du cas A précédent, s'ajoutent :

- les flèches admissibles des profilés de lisses,
- l'inertie des profilés de lisses,
- la résistance des assemblages lisses/profilés.

2. Validation

On ne reprend que les points spécifiques (nouveaux ou traités différemment) au cas B.

- Calepinage des éléments de paroi.
Sur ce type d'ossature, l'association éléments de peau et lisses horizontales support est généralement définie dans l'Avis Technique (ou Constat de Traditionalité).
- Flèche et inertie des profilés de lisse horizontale.
Ces données sont le plus souvent indiquées dans l'Avis Technique.
- Résistance des assemblages lisse/profilé porteur. Celle-ci, déterminée conformément aux modalités de l'annexe 2.2, sera comparée :
 - aux efforts de vent en dépression en tenant compte de l'éventuel effet de levier résultant de la géométrie de la lisse,
 - aux efforts dus aux charges de poids propre.

Remarque : Dans ce cas, on devra considérer que les profilés supportant les lisses sont chargés ponctuellement au droit de la fixation des lisses et non pas de façon linéaire.

1. Flèche et moments fléchissants maximaux, réaction aux appuis

1.1 Profilés porteurs verticaux

1.1.1 Rappel de l'exigence

Vérification de la flèche sous les effets du vent $f < l / 200$ étant la portée entre deux pattes de fixations au gros oeuvre support.

1.1.2 Hypothèses de chargement

Les calculs seront effectués en tenant compte des points d'application des charges transmises par les éléments de paroi aux profilés verticaux et matérialisés soit directement par les fixations de ces éléments, soit par l'intermédiaire du réseau de lisses horizontales.

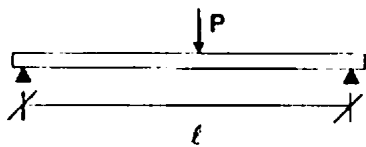
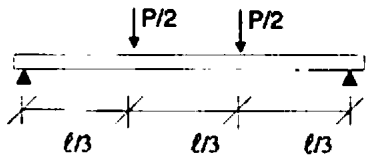
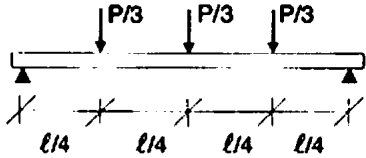
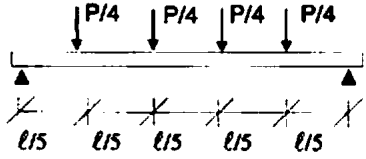
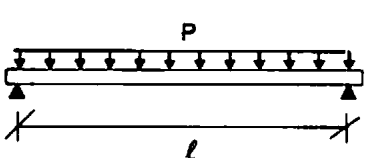
Remarque : Seules les grandes plaques et/ou lames en disposition horizontale fixées directement par vis ou rivets sur les profilés verticaux sont assimilables à un chargement uniformément réparti sous les effets du vent et seulement en pression.

1.1.3 Cas des profilés fixés en deux points

Profilés de faible longueur utilisés en allège de fenêtre ou profilés de hauteur d'étage fixés en nez de plancher.

On utilisera les formules des poutres isostatiques pour les profilés dont la section ne laisse pas de doute quant à son comportement sous charge vis-à-vis des phénomènes de déformation localisée (déversement, voilement, ...).

Les formules ci-après montrent l'influence des points d'application répartissant une même charge P le long du profilé vis-à-vis de la flèche, du moment fléchissant et de la réaction aux appuis.

	Flèche	Moment maximum	Réaction aux appuis
	$f \approx \frac{P\ell^3}{48 EI}$	$\frac{P\ell}{4}$	$\frac{P}{2}$
	$f \approx \frac{P\ell^3}{56 EI}$	$\frac{P\ell}{6}$	$\frac{P}{2}$
	$f \approx \frac{P\ell^3}{60 EI}$	$\frac{P\ell}{6}$	$\frac{P}{2}$
	$f \approx \frac{P\ell^3}{63 EI}$	$\frac{P\ell}{6,7}$	$\frac{P}{2}$
	$f \approx \frac{P\ell^3}{77 EI}$ ou $f = \frac{5}{8} \cdot \frac{P\ell^3}{48 EI}$	$\frac{P\ell}{8}$	$\frac{P}{2}$
<p>Avec P = effort appliqué sur la travée ℓ = distance entre appuis (fixations) E = module d'élasticité du métal I = Inertie de la section de profilé</p>			

Remarque : A travers les divers cas de chargement ci-dessus (tous symétriques), on observe que :

1. Les points d'attaches (ou appuis) reprennent chacun, toujours la moitié de la charge totale P.
2. Le moment fléchissant maximum du profilé est diminué de moitié lorsque la charge est uniformément répartie.
3. La valeur de flèche sous charge uniformément répartie n'atteint que les 5/8 de la flèche résultant d'une même charge concentrée en milieu de portée.

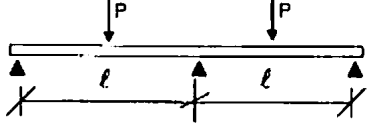
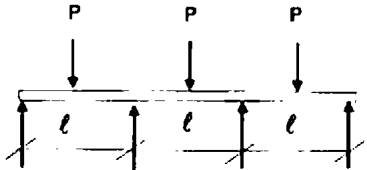
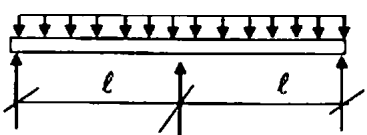
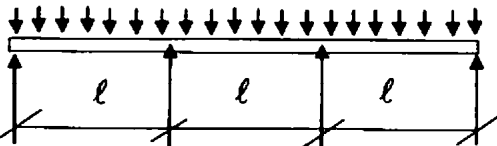
1.1.4 Cas des profilés fixés en plusieurs points

Avec les mêmes réserves que dans le cas précédent, on utilisera les formules relatives aux poutres continues.

Lorsque les appuis sont choisis équidistants, les travées les plus déformables sont celles situées en extrémité des montants.

On peut cependant choisir d'avoir des déformations égales sur chaque travée, et donc de déterminer par le calcul les entraxes correspondants.

Pour les différents cas de charge ci-après, on donne les valeurs maximales de flèche, de moment fléchissant et de réaction aux appuis.

	Flèche	Moment maximum	Réaction aux appuis
<p>Charge centrée</p> 	$\frac{P\ell^3}{110EI}$	$\frac{P\ell}{6,4}$	1,37 P
	$\frac{P\ell^3}{87EI}$	$\frac{P\ell}{5,7}$	1,15 P
<p>Charge répartie : $P = p\ell$</p> 	$\frac{P\ell^3}{185EI}$	$\frac{P\ell}{14,2}$	1,25 P
<p>$P = p\ell$</p> 	$\frac{P\ell^3}{148EI}$	$\frac{P\ell}{12,5}$	1,10 P

Avec P = effort appliqué par travée (en charge répartie $P = p\ell$, p étant la charge par unité de longueur)

ℓ = distance entre fixations

E = module d'élasticité

I = Inertie de la section de profilé

Remarque : On observe que pour une même charge, la flèche localisée sous charge ponctuelle centrée est environ 1,7 fois plus importante que sous charge uniformément répartie.

De même pour le moment fléchissant maximum qui est environ 2,2 fois plus élevé.

Les écarts sur les réactions d'appuis sont plus faibles. La réaction d'appui minimale est celle des pattes d'extrémité et vaut 0,375 P / pour 3 appuis et 0,4 P / pour 4 appuis et plus.

Toutes choses égales par ailleurs, on observe que les valeurs maximales de flèche sont à peu près divisées par un facteur 2 en passant de 2 à n fixations par profilé ($n \geq 3$).

1.2 Lisses horizontales

1.2.1 Rappel de l'exigence de flèche (f)

- $f \leq 1/300$ de la portée dans le plan vertical (charge de poids propre)
- $f \leq 1/100$ de la portée dans le plan horizontal (effets du vent)

1.2.2 Hypothèses de chargement

Les calculs seront effectués en tenant compte des points d'application des charges transmises par les éléments de paroi et les formules données pour les profilés porteurs verticaux peuvent être utilisés avec les mêmes réserves.

Cependant à de rares exceptions près, les profilés de lisses sont spécifiques aux éléments de paroi et dessinés en fonction du mode d'assujettissement de ces éléments aux lisses (rainures, clips, crochets, ...). Il en résulte que pour ces systèmes non isostatiques tant pour les charges de poids propre que pour celles résultant de l'action du vent, un essai sur grande maquette sera le plus souvent nécessaire pour établir les performances du bardage. La confection des maquettes et la réalisation des essais permettront de vérifier les exigences de flèche plus sûrement que par le calcul.

2. Exemples de vérification de dimensionnement

- Données de l'opération à réaliser
 - Bâtiment à revêtir :
Immeuble à base rectangulaire, de forme parallélépipédique, de hauteur 28 mètres, situé en région II, site normal.
 - Système de bardage proposé :
Grandes plaques de stratifié (HPL) rivetées sur ossature aluminium, librement dilatable (cas A)
 - Format des plaques : $H \times L = 1,8 \text{ m} \times 1,2 \text{ m}$
 - Masse surfacique : 9 kg/m^2
 Les plaques ne devant pas « ponter » 2 profilés successifs et la longueur de ces derniers étant limitée à 6 mètres, la longueur des montants d'ossature sera un multiple de la hauteur des panneaux soit $1,8 \times 3 = 5,4 \text{ m}$.
- Validation

2.1 Effets du vent

On utilise les Règles NV 65, ou dans ce cas simple, le Cahier du CSTB n° 2719 « Le Mur Manteau - Synthèse des Règles et codes », soit pour un bâtiment de hauteur < 30 m : dépression sous vent normal

Partie courante = 470 Pa

Zones de rive = 940 Pa

Remarque : La pression en partie courante peut aussi, dans certaines configurations, être un facteur dimensionnant.

L'Avis Technique indique que des plaques de ce format, fixées tous les 0,5 m le long des profilés eux-mêmes posés en entraxe de 0,6 m, peuvent supporter ces dépressions, y compris en rives du bâtiment.

2.1.1 Efforts sur les profilés

La charge appliquée à un profilé porteur par longueur d'un mètre a pour valeur :

$$p = 940 \times 0,6 \times \text{Pa.m} = 564 \text{ N/m}$$

Pour le profilé intermédiaire situé en milieu de panneau, cette charge est à majorer par le coefficient 1,25 (les panneaux « reposent » sur 3 appuis) soit :

$$564 \text{ N/m} \times 1,25 = 705 \text{ N/m.}$$

2.1.1.1 Vérification de la flèche

Les caractéristiques d'inertie des profilés sont indiquées dans l'Avis Technique :

$$I = 20 \text{ cm}^4 \text{ et } I/V = 4 \text{ cm}^3$$

La flèche admissible prise par le profilé entre deux pattes de fixation est :

$$f_{\text{max}} = l / 200$$

L'entraxe de fixation des plaques de parement sur les profilés est de 50 cm. Sous dépression du vent, on ne peut pas considérer que c'est une charge uniformément répartie.

En se plaçant du côté de la sécurité, on admettra par excès qu'il s'agit d'une charge ponctuelle, dans ce cas, la formule donnant la flèche est :

$$f_{\text{max}} = kP l^3 / EI$$

Avec :

- k : Coefficient dépendant du nombre de pattes
- P : Charge appliquée entre 2 pattes ($P = p l$)
- l : Distance entre les pattes (portée en mm)
- E : Module d'élasticité, pour l'alu $E = 71000 \text{ N/mm}^2$
- I : Inertie du profilé : 20 cm^4 (20.104 mm^2)

De l'exigence $f_{\text{max}} = l / 200$ et $P = pl$,

la formule s'écrit $f_{\text{max}} = l/200 = (kpl.l^3) / EI$

d'où l'on tire $l = (EI / k \cdot 200 \cdot p)^{1/3}$,

en prenant $k = 10^{-2}$ pour simplifier

Tous calculs faits : $l = (71000 \times 20 \cdot 10^4) / (10^{-2} \cdot 200 \cdot 0,705) = 2159 \text{ mm}$

Cette valeur est inférieure à la demi-longueur du profilé, on prendra donc la valeur du tiers, soit pour répartir également les pattes.

2.1.1.2 Vérification des contraintes dans le profilé

σ_{\max} = contrainte admissible pour l'alu : 100 N/mm^2 . La contrainte $\sigma_v = M_f / (I/V)$.

M_f : Moment fléchissant maximum.

I/V : Module d'inertie de la section du profilé selon l'axe sollicité.

Pour un profilé avec 4 attaches (appuis) :

$$M_f = \frac{P\ell}{5,7} = \frac{P\ell^2}{5,7} \quad \text{d'où} \quad \sigma_v = \frac{p\ell^2}{5,7I/V}$$

$$\sigma_v = \frac{0,705 \times (1,733)^2 \cdot 10^6}{5,7 \cdot 4 \cdot 10^3} = 93 \text{ N/mm}^2$$

$\sigma_v < \sigma_{\max}$

2.1.2 Effort transmis aux pattes de fixation

Cette reprise d'effort a pour valeur $F = kr p l$, kr étant un coefficient dépendant du nombre de patte et de leur situation le long du profilé.

2.1.2.1 Patte de point fixe (en tête du profilé)

Pour le profilé maintenu par 4 attaches :

$kr = 0,4$ et $l = 1,73$, $F^f = 0,4 \times 705 \times 1,73 = 488 \text{ N}$.

2.1.2.2 Patte de point coulissant (intermédiaire et pied de profilé)

Pour les pattes les plus sollicitées :

$kr = 1,15$ et $F_c = 1,15 \times 705 \times 1,73 = 1402 \text{ N}$.

Ces valeurs sont à comparer d'une part à la résistance caractéristique (P_k) des assemblages, déterminée selon les modalités de l'annexe 2.2, affectée du coefficient de sécurité correspondant au type de fixation pour obtenir la valeur de résistance admissible (R_a), et d'autre part aux performances des pattes établies selon les modalités de l'annexe 1 - première partie.

2.1.3 Résistance de l'assemblage

Soit $P_k = 3300 \text{ N}$, la résistance caractéristique de l'assemblage patte/profilé réalisé par un seul rivet. L'application d'un coefficient de sécurité de 3 conduit à une résistance admissible R_a de 1100 N d'où il résulte que $R_a < F_c$, il faut donc soit augmenter R_a ou diminuer F_c .

Pour augmenter R_a , il faut réaliser l'assemblage (patte-équerre sur profilé en T) avec 2 rivets au moins.

Pour diminuer la valeur de F_c , il convient de réduire la portée (l) et donc d'ajouter une patte supplémentaire. La nouvelle valeur de l devient alors :

$5400 / (n-1) = 5400/4 = 1350 \text{ mm}$ ou $1,35 \text{ m}$

et $F_c = kr p l$ avec $kr = 1,15$

d'où $F_c = 1,15 \times 705 \times 1,35 = 1094 \text{ N}$ et $F_c < R_a$

2.1.4 Résistance des pattes-équerres

Il a été établi que la patte la plus sollicitée était une patte de point coulissant avec $F_c = 1402 \text{ N}$.

La valeur de résistance caractéristique R_C établie expérimentalement (cf. annexe 1 - deuxième partie) devra être au moins égale à 2804 N pour que la valeur de résistance admissible $R_a > 1402 \text{ N}$ compte tenu du coefficient de sécurité de 2.

Pour la patte de point fixe, la reprise d'effort en traction (effet du vent en dépression) est plus faible car :

$K_r = 0,4$ d'où $F_p = 0,4 \times 705 \times 1,73 = 488 \text{ N}$.

2.2 Charge de poids propre

Dans le concept ossature librement dilatable, seule la patte de point fixe reprend ces charges :

$$Q_p = (L \times e \times m_s) + (m_p \times L)$$

Avec :

- L : Longueur du profilé = 5,4 m
- e : Entraxe des profilés = 0,6 m
- mS : Masse surfacique du parement = 90 N/m²
- mP : Masse du profilé = 11 N/m² (ramenée au m² de parement)

Soit dans cet exemple :

$$Q_P = (5,4 \times 0,6 \times 90) + (11 \times 5,4) = 350 \text{ N}$$

2.2.1 Résistance de l'assemblage

Pour réaliser l'encastrement nécessaire entre patte de point fixe et profilé, il est nécessaire de fixer en au moins deux points (vis ou rivet).

Dans le cas de patte-équerre de longueur d'aile ≈ 100 mm, deux points de fixation distants entre eux de 30 mm subissent un moment (bras de levier) d'environ 3 (cf. 2.2.4.1 du document). L'effort de cisaillement appliqué aux rivets sera donc de $F_C = 350 \times 3 = 1050$ N.

Si la valeur caractéristique (PK) de ruine d'un tel assemblage (cf. annexe 2.2) n'est pas au moins 3 fois supérieure à F_C , il sera nécessaire d'ajouter des fixations.

2.2.2 Résistance des pattes-équerrées

L'annexe 1 « Détermination des caractéristiques mécaniques des attaches destinées à la fixation des profilés sur la structure porteuse » précise que le coefficient de sécurité à prendre dans ce cas de figure (1 seule patte chargée) est de 2,5. La patte devra donc être qualifiée pour une résistance critique $R_C = 875$ N.

Remarque : Compte-tenu du type de bardage avec un joint de fractionnement horizontal tous les 5,40 mètres, la déformation sous charge en nez de patte peut être acceptée > 1 mm.

2.3 Effort sur les ancrages

2.3.1 Patte de point fixe

Comme établi ci-avant (cf. § 2.2), cette patte reprend l'ensemble des charges verticales (cisaillement) soit $F_P = 350$ N, après pondération par le coefficient 2,5 (cf. annexe 2 - deuxième partie), $F_P = 350 \times 2,5 = 875$ N.

Cette patte reprend les efforts de vent (traction cf. § 2.1.4) pour $F_V = 488 \times 2 = 976$ N, 2 étant le coefficient « forfaitaire » d'excentrement des pattes-équerrées, vis-à-vis de la position de la cheville d'ancrage sur leur aile d'appui au support.

Les efforts à reprendre par la cheville de fixation en point fixe seront donc :

Traction : 976 N (100 daN)

Cisaillement : 875 N (90 daN)

Effort combiné : 1311 N (130 daN) (traction oblique)

2.3.2 Patte de point coulissant

Pour ces pattes, il n'y a que les efforts de vent à considérer, soit $F_V = 1402$ N (cf. § 2.1.2.2). Il y a lieu aussi de pondérer cette valeur par un coefficient 2 pour l'excentrement de la cheville d'ancrage, soit $F_V = 1402 \times 2 = 2804$ N.

Les efforts à reprendre par la cheville de fixation en points coulissants seront donc :

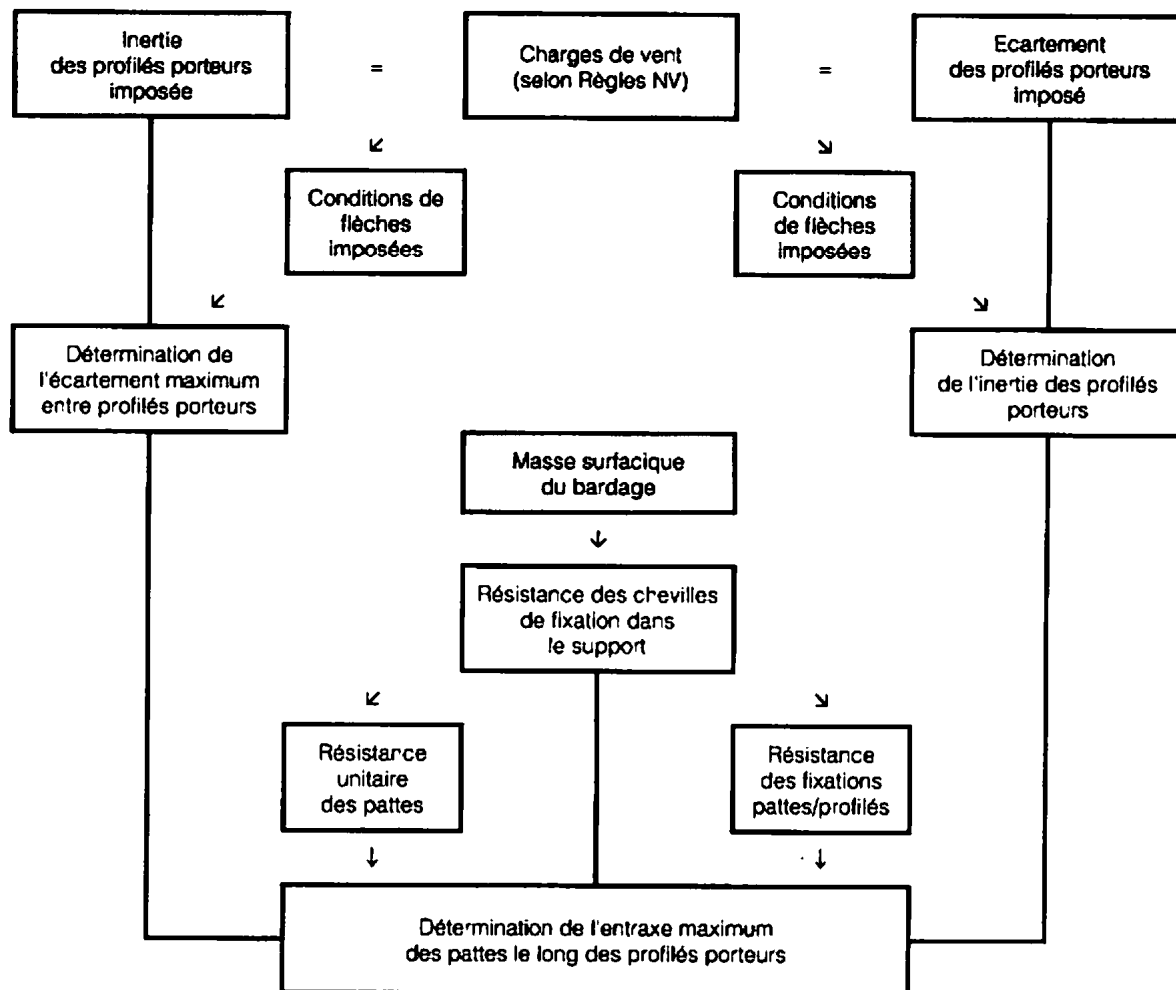
Traction : 2804 N (280 daN)

Cisaillement : négligeable

Pour les supports en béton de caractéristiques connues, les valeurs ci-dessus sont à comparer aux valeurs d'effort (ou charge) à l'état limite de service précisées dans les Avis Techniques ou cahier des charges de la cheville considérée.

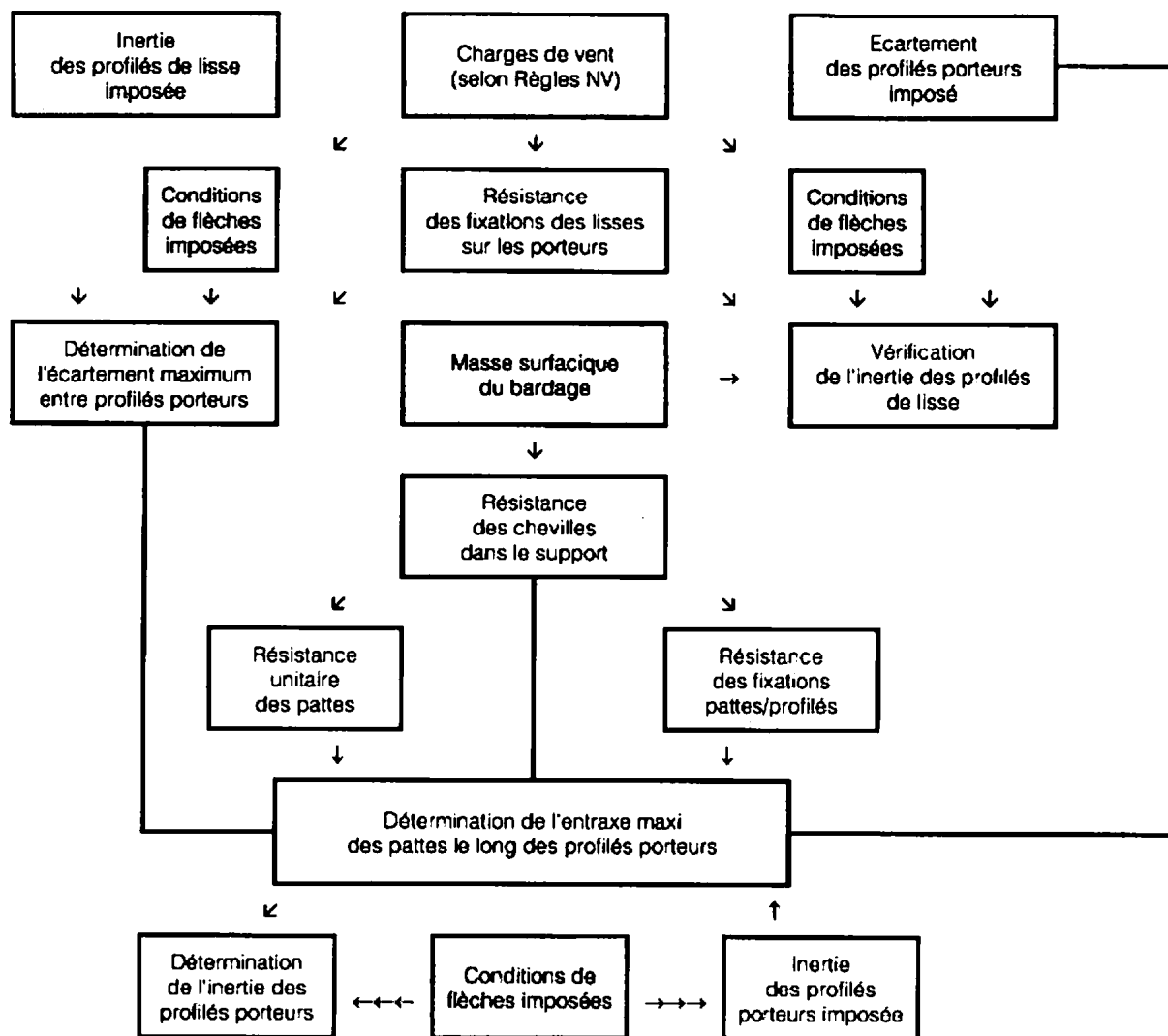
Pour les supports de caractéristiques non connues, on suivra la méthodologie du *Cahier du CSTB* n° 1661. A bien noter que cette méthode permet d'établir la résistance du support et non pas la résistance admissible de l'ancrage : en aucun cas, celle-ci ne doit être prise supérieure à celle précisée dans les Agréments, Avis Techniques ou Cahiers des charges de validation les concernant.

DIMENSIONNEMENT DE L'OSSATURE (simple réseau)



DIMENSIONNEMENT DE L'OSSATURE (simple réseau)

DIMENSIONNEMENT DE L'OSSATURE CROISEE (double réseau)



DIMENSIONNEMENT DE L'OSSATURE CROISEE (double réseau)