

RECOMMANDATIONS PROFESSIONNELLES

ÉLÉMENTS BOIS NON STRUCTURAUX RAPPORTÉS EN FAÇADE

NOVEMBRE 2020

● NEUF ● RÉNOVATION



AVANT-PROPOS

Programme PACTE

Le Programme d'Action pour la qualité de la Construction et la Transition Énergétique a pour objectif d'accompagner la montée en compétences des professionnels du bâtiment dans le champ de l'efficacité énergétique dans le but d'améliorer la qualité dans la construction et les travaux de rénovation.

Financé par les Pouvoirs publics, le programme PACTE s'attache depuis 2015 à favoriser le développement de la connaissance, la mise à disposition de référentiels techniques et d'outils pratiques modernes adaptés aux pratiques des professionnels et, à soutenir les territoires dans toutes leurs initiatives dans ce champ.

Les actions menées s'inscrivent dans la continuité des travaux de modernisation des Règles de l'art initiés dans le cadre du programme RAGE.

Les Recommandations Professionnelles RAGE

Les Recommandations Professionnelles RAGE sont des documents techniques de référence, préfigurant un avant-projet NF DTU, sur une solution technique clé améliorant les performances énergétiques des bâtiments. Leur vocation est d'alimenter soit la révision d'un NF DTU aujourd'hui en vigueur, soit la rédaction d'un nouveau NF DTU.

Ces nouveaux textes de référence sont reconnus par les assureurs dès leur approbation.

Retrouvez gratuitement la collection sur www.programmepacte.fr

UNE COLLECTION
UNIQUE



SOMMAIRE

01 • Introduction	4
02 • Objet des Recommandations Professionnelles	5
03 • Références normatives et réglementaires	8
04 • Terminologie, définitions	11
05 • Prescription sur le choix des matériaux	13
06 • Conception	26
07 • Mise en œuvre	64
08 • Entretien	69
ANNEXE A • Rappel de l'identification des sollicitations et des éléments généraux pour le dimensionnement ..	70
ANNEXE B • Action du vent sur ouvrage plein	78
ANNEXE C • Dimensionnement des lames : Méthode de calculs et hypothèses pour cas pré-calculés ...	80
ANNEXE D • Justification en zones sismiques de la fixation des lames bois	84
• Table des matières	91
• Table des tableaux	93
• Table des figures	94



VERSION	DATE DE LA PUBLICATION	MODIFICATIONS
INITIALE	Novembre 2020	

01 INTRODUCTION



Le « Programme d'Action pour la qualité de la Construction et la Transition Energétique » est destiné à accompagner les professionnels du bâtiment et s'inscrit dans la continuité du programme RAGE.

Les éléments bois non structuraux intégrés à la façade permettent d'optimiser les apports solaires. Mais ils peuvent également jouer d'autres rôles esthétiques, de sécurité et de séparation entre 2 espaces. Ces éléments sont de plus en plus utilisés dans le neuf mais aussi dans la rénovation afin de redonner un dynamisme visuel aux façades.

Or, des précautions particulières doivent être prises pour la conception et la mise en œuvre de ce type de structure afin d'assurer la conformité aux exigences que ce soit sur le plan thermique ou au regard d'autres aspects tels que la stabilité structurale, la résistance sismique, etc.

02

OBJET DES RECOMMANDATIONS PROFESSIONNELLES



Ces recommandations professionnelles ont pour but de donner les moyens aux professionnels du bâtiment de concevoir et mettre en œuvre des éléments bois rapportés en façades ne relevant pas du NF DTU 41.2 « revêtements extérieurs en bois », d'un Avis Technique ou d'un ATEx.

La conception de ces ouvrages rapportés, qu'ils soient fixés sur du bois ou sur des éléments maçonnés, directement ou par l'intermédiaire de supports métalliques, s'appuie sur des règles de l'art.

Ce document, à dominante bois, peut se compléter avec les guides techniques « RAGE » existants sur les brise-soleils métalliques.

2.1 Contenu des recommandations professionnelles

Ces recommandations professionnelles donnent des préconisations pour la conception et la mise en œuvre des éléments bois non structuraux rapportés sur les façades, sur ossatures secondaires en bois ou en métal, sur des bâtiments neufs ou existants, en France métropolitaine.

Dans le cadre des bâtiments existants, un diagnostic amont du support devra être réalisé par le concepteur de la partie d'ouvrage « éléments rapporté » à venir se positionner sur l'existant.

Ce diagnostic repose en règles générales sur les thématiques techniques suivantes :

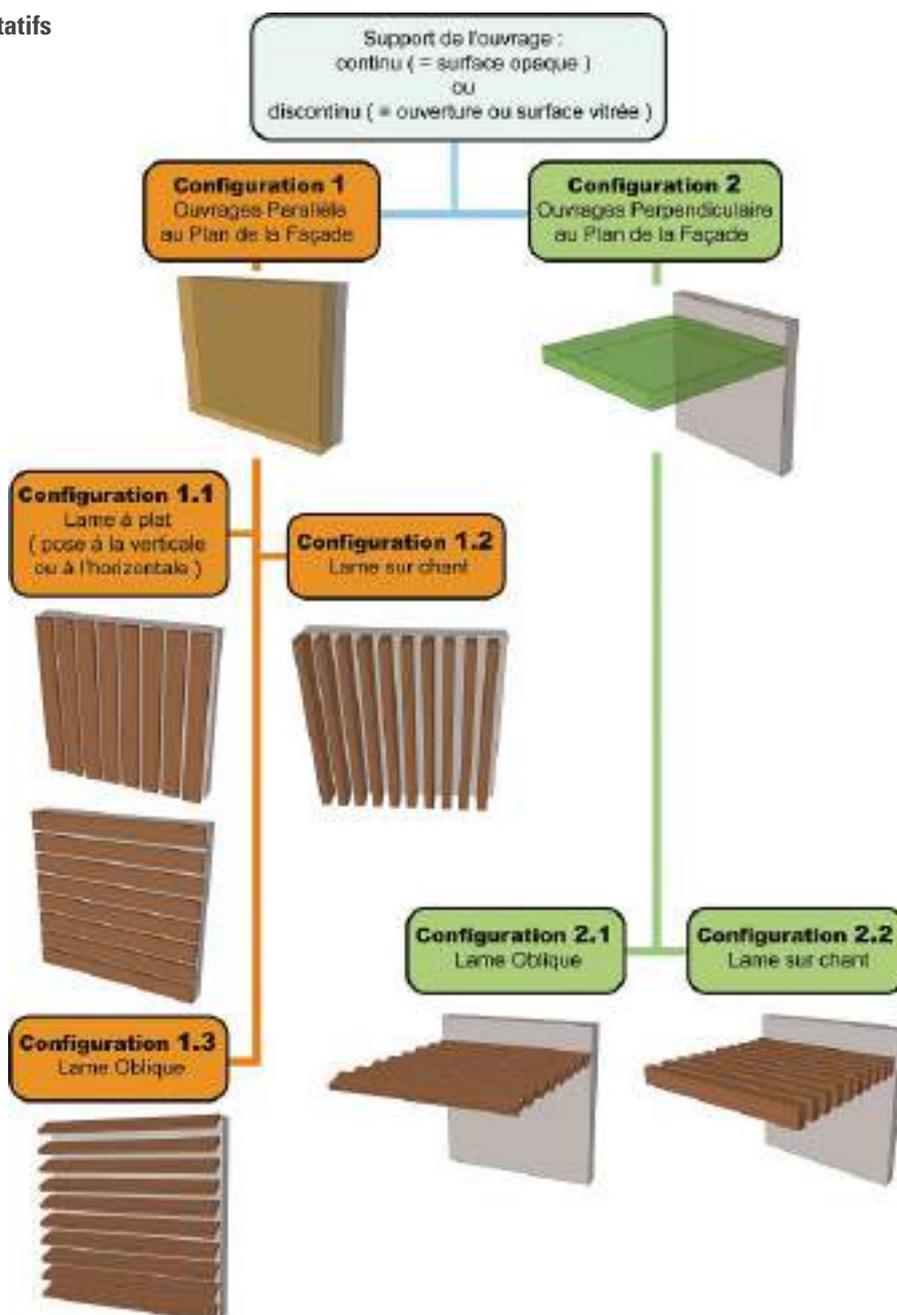
- identification du ou des supports (accès direct ou non), nature des matériaux, repérage de la structure ;
- état sanitaire du support et maîtrise de la durabilité ;
- résistance mécanique locale du support vis-à-vis des fixations, pouvant notamment faire l'objet du cahier du CSTB 1661-V2 ;
- résistance mécanique globale du support vis à vis de la paroi rapportée ;
- maîtrise de la salubrité de la paroi liée aux transferts de vapeur ;
- relevés et compatibilité géométrique du support existant (tolérances dimensionnelles, adaptation, compléments,...) ;
- compatibilité avec le traitement prévu des points singuliers (baies, ouvertures, organes de ventilation, descentes pluviales, acrotères, jonctions avec couverture, ...)

- perturbations éventuelles des performances d'enveloppe de l'existant (sécurité incendie, étanchéité à l'eau, étanchéité à l'air, ponts thermiques, salubrité et transfert de vapeur, acoustique...) et conformités réglementaires associées ;
- moyens d'accès au chantier et contraintes d'exploitations.

Ce diagnostic peut entraîner des travaux complémentaires sur le support existant.

2.2 Panel des configurations possibles

Figure 1 : Ouvrages représentatifs



NOTE

L'ouvrage considéré représente l'association de la lame avec éventuellement son ossature secondaire, ainsi que l'ancrage sur le support.

2.3 Domaine d'application des recommandations professionnelles

Les recommandations professionnelles définissent la conception et la mise en œuvre d'éléments non structuraux en bois ou à base de bois, rapportés en façades de bâtiments. Ils sont constitués de lames en bois ou à base de bois et d'une ossature secondaire en bois ou en métal.

Les principales fonctions couvertes peuvent être :

- limitation d'apports solaires ;
- décoration ;
- garde-corps toutes hauteurs (pour certains ouvrages parallèles au plan de la façade).

Ces ouvrages sont destinés à être mis en œuvre sur tous types de supports de techniques courantes.

Tous les ouvrages dont l'écartement entre lames est supérieur à la limite du « bardage à claire voie » défini dans l'annexe A du NF DTU 41.2 P1-1 sont du ressort du présent document.

Les dispositions prévues ci-après s'appliquent aux façades édifiées en toute zone de vent et aux bâtiments dont la hauteur du plancher bas du dernier niveau est inférieure ou égale à 28 m.

Sont exclus du périmètre des recommandations professionnelles :

- les éléments bois ou à base de bois contribuant à l'étanchéité de la façade ;
- les ouvrages positionnés dans les DROM ou PTOM.



3.1 Référentiels produits

NF B50-105-3	Durabilité du bois et des matériaux dérivés du bois - Bois et matériaux à base de bois traités avec un produit de préservation préventif - Partie 3 : spécifications de préservation des bois et matériaux à base de bois et attestation de traitement - Adaptation à la France Métropolitaine et aux DOM
NF B52-001	Règles d'utilisation du bois dans la construction - Classement visuel pour l'emploi en structures des bois sciés résineux et feuillus
NF EN 152	Produits de préservation du bois - Détermination de l'efficacité préventive d'un traitement de protection du bois mis en œuvre contre le bleuissement fongique - Méthode de laboratoire
NF EN 338	Bois de structure - Classes de résistance
NF EN 350	Durabilité du bois et des matériaux dérivés du bois - Méthodes d'essai et de classification de la durabilité vis-à-vis des agents biologiques du bois et des matériaux dérivés du bois
NF EN 573	Aluminium et alliages d'aluminium - Composition chimique et forme des produits corroyés
NF EN 599	Durabilité du bois et des matériaux dérivés du bois - Efficacité des produits préventifs de préservation du bois établie par des essais biologiques - Partie 1 : spécification par classe d'emploi
NF EN 927	Peintures et vernis - Produits de peinture et systèmes de peinture pour le bois en extérieur
NF EN 10025	Produits laminés à chaud en aciers de construction
NF EN 10088	Aciers inoxydables
NF EN 10230-1	Pointes en fil d'acier - Partie 1 : pointes pour usage général
NF EN 13183	Teneur en humidité d'une pièce de bois scié
NF EN 14080	Structures en bois - Bois lamellé collé et bois massif reconstitué Exigences
NF EN 14081	Structures en bois - Bois de structure à section rectangulaire classé pour sa résistance
NF EN 14592	Structures en bois - Éléments de fixation de type tige - Exigences
NF EN 15048	Boulonnerie de construction métallique non précontrainte
NF EN 15497	Bois massif de structure à entures multiples Exigences de performances et exigences minimales de fabrication

NF EN ISO 1461	Revêtements par galvanisation à chaud sur produits finis en fonte et en acier - Spécifications et méthodes d'essai
NF EN ISO 2063	Projection thermique - Zinc, aluminium et alliages de ces métaux
NF EN ISO 12944	Peintures et vernis - Anticorrosion des structures en acier par systèmes de peinture
X 41-547	Produits de préservation du bois - Détermination de l'efficacité fongicide des produits de protection temporaire des sciages frais - Méthode de laboratoire.
FD P20-651	Durabilité des éléments et ouvrages en bois

3.2 Référentiels conception

EAD 330232-00-0601	Chevilles métalliques pour béton
EAD 330076-00-0604	Ancrage par scellement pour une utilisation en maçonnerie
NF E85-015	Éléments d'installations industrielles - Moyens d'accès permanents - Escaliers, échelles à marches et garde-corps
NF P01-012	Dimensions des garde-corps - Règles de sécurité relatives aux dimensions des garde-corps et rampes d'escalier
NF P01-013	Essais des garde-corps - Méthodes et critères
NF P08-301	Ouvrages verticaux des constructions - Essais de résistance aux chocs - Corps de chocs - Principe et modalités générales des essais de choc.
NF P08-302	Murs extérieurs des bâtiments - Résistance aux chocs - Méthodes d'essais et critères.
NF EN 1990	Eurocodes structuraux - Bases de calcul des structures (Indice de classement : P06-100-1)
NF EN 1990/A1	Eurocode - Bases de calcul des structures - Amendement A1 (Indice de classement : P06-100-1/A1)
NF EN 1990/A1/NA	Eurocode - Bases de calcul des structures - Annexe nationale à la NF EN 1990/A1 (Indice de classement : P06-100-1/A1/NA)
NF EN 1990/NA	Eurocodes structuraux - Bases de calcul des structures - Annexe nationale à la NF EN 1990 (Indice de classement : P06-100-1/NA)
NF EN 1991-1-1	Eurocode 1 - Actions sur les structures - Partie 1-1 : Actions générales - Poids volumiques, poids propres, charges d'exploitation des bâtiments (Indice de classement : P06-111-1)
NF EN 1991-1-2	Eurocode 1 - Actions sur les structures - Partie 1-2 : Actions générales - Actions sur les structures exposées au feu (Indice de classement : P06-112-1)
NF EN 1991-1-2/NA	Eurocode 1 - Actions sur les structures - Partie 1-2 : Actions générales - Actions sur les structures exposées au feu - Annexe nationale à la NF EN 1991-1-2 (Indice de classement : P06-112-2/NA)
NF EN 1991-1-3	Eurocode 1 - Actions sur les structures - Partie 1-3 : Actions générales - Charges de neige + Amendement A1 (octobre 2015) (Indice de classement : P06-113-1)
NF EN 1991-1-3/NA	Eurocode 1 - Actions sur les structures - Partie 1-3 : Actions générales - Charges de neige - Annexe nationale à la NF EN 1991-1-3 + Amendement A1 (juillet 2011) (Indice de classement : P06-113-1/NA)
NF EN 1991-1-4	Eurocode 1 - Actions sur les structures - Partie 1-4 : Actions générales - Actions du vent + Amendement A1 (octobre 2010) (Indice de classement : P06-114-1)
NF EN 1991-1-4/NA	Eurocode 1 - Actions sur les structures - Partie 1-4 : Actions générales - Actions du vent - Annexe nationale à la NF EN 1991-1-4 + Amendement A1 (juillet 2011) + Amendement A2 (septembre 2012) (Indice de classement : P06-114-1/NA)

NF EN 1993-1-1	Eurocode 3 - Calcul des structures en acier - Partie 1-1 : Règles générales et règles pour les bâtiments + Amendement A1 (juillet 2014) (Indice de classement : P22-311-1)
NF EN 1993-1-1/NA	Eurocode 3 - Calcul des structures en acier - Partie 1-1 : Règles générales et règles pour les bâtiments - Annexe nationale à la NF EN 1993-1-1 (Indice de classement : P22-311-1/NA)
NF EN 1995-1-1	Eurocode 5 - Conception et calcul des structures en bois - Partie 1-1 : Généralités - Règles communes et règles pour les bâtiments + Amendement A1 (octobre 2008) + Amendement A2 (juillet 2014) (Indice de classement : P21-711-1)
NF EN 1995-1-1/NA	Eurocode 5 - Conception et calcul des structures en bois - Partie 1-1 : Généralités - Règles communes et règles pour les bâtiments - Annexe nationale à la NF EN 1995-1-1 (Indice de classement : P21-711-1/NA)
NF EN 1995-1-2	Eurocode 5 - Conception et calcul des structures en bois - Partie 1-2 : Généralités - Calcul des structures au feu (Indice de classement : P21-712-1)
NF EN 1995-1-2/NA	Eurocode 5 - Conception et calcul des structures en bois - Partie 1-2 : Généralités - Calcul des structures au feu - Annexe nationale à la NF EN 1995-1-2 (Indice de classement : P21-712-1/NA)
NF EN 1998-1	Eurocode 8 - Calcul des structures pour leur résistance aux séismes - Partie 1 : Règles générales, actions sismiques et règles pour les bâtiments + Amendement A1 (mai 2013) (Indice de classement : P06-030-1)
NF EN 1998-1/NA	Eurocode 8 - Calcul des structures pour leur résistance aux séismes - Partie 1 : Règles générales, actions sismiques et règles pour les bâtiments - Annexe nationale à la NF EN 1998-1 (Indice de classement : P06-030-1/NA)
NF EN 1999-1-1	Eurocode 9 - Calcul des structures en aluminium - Partie 1-1 : Règles générales + Amendement A1 (juillet 2010) + Amendement A2 (janvier 2014) (Indice de classement : P22-151)
NF EN 1999-1-1/NA	Eurocode 9 - Calcul des structures en aluminium - Partie 1-1 : règles générales - Annexe Nationale (Indice de classement : P22-151/NA)

3.3 Référentiels mise en œuvre

NF DTU 20.1	Travaux de bâtiment - Ouvrages en maçonnerie de petits éléments
NF DTU 21	Travaux de bâtiment - Exécution des ouvrages en béton
NF DTU 31.1	Travaux de bâtiment - Charpente en bois
NF DTU 31.2	Travaux de bâtiment - Construction de maisons et bâtiments à ossature en bois
NF DTU 31.4	Travaux de bâtiment - Façades à ossature bois
NF DTU 39 P3	Travaux de bâtiment - Travaux de vitrerie-miroiterie - Partie 3 : Mémento calculs des contraintes thermiques
NF DTU 41.2	Travaux de bâtiment - Revêtements extérieurs en bois
NF DTU 59.1	Travaux de bâtiment - Revêtements de peinture en feuil mince, semi-épais, ou épais
NF EN 1090	Exécution des structures en acier et des structures en aluminium
NF EN 13670	Exécution des structures en béton
Cahier du CSTB 1661-V2	Détermination sur chantier de la résistance à l'état limite ultime d'une fixation mécanique sur supports de bardage rapporté
Cahier du CSTB 3316-V2	Ossature bois et isolation thermique des bardages rapportés faisant l'objet d'un Avis Technique ou d'un constat de traditionnalité



4.1 Ouvrage

Est ici nommé « ouvrage », l'association de la lame avec l'ossature secondaire.

4.2 Ossature secondaire

L'ossature secondaire désigne, lorsqu'elle existe, l'élément rapporté entre le support de l'ouvrage et la lame sur lequel celui-ci est fixé.

Elle est soit en bois ou à base de bois, soit en métal.

4.3 Lames

Profils linéaires, en bois ou à base de bois, de sections et élancements plus ou moins importants, mis en œuvre parallèlement ou perpendiculairement au plan de la façade, en position horizontale ou verticale dans la plupart des cas. Ces lames sont positionnées avec des écartements variables et peuvent contribuer à la limitation d'apports solaires sur parois pleines ou parties vitrées. Elles peuvent également constituer un ouvrage décoratif ou avoir une fonction de garde-corps sur des coursives ou des cages d'escaliers par exemple.

4.4 Support de l'ouvrage

Le support de l'ouvrage, correspond à la structure porteuse du bâtiment de techniques courantes de type :

- une façade en béton (NF DTU 21) ;
 - une façade en maçonnerie (NF DTU 20.1) ;
 - une ossature métallique (poteau, poutre, lisse, etc.) (NF DTU 32.1) ;
 - un mur ou une façade en ossature bois (NF DTU 31.2 ou NF DTU 31.4) ;
- ou à des ossatures secondaires dimensionnées en conséquence telles que :
- chevronnage bois d'ITE type cahier du CSTB n°3316-V2 ;
 - ossature d'ITE selon NF DTU 41.2.

4.5 Fixation

La fixation désigne l'organe de liaison de la lame sur l'ossature secondaire.

4.6 Ancrage de l'ouvrage

La liaison entre le support et l'ossature secondaire de l'ouvrage est ici nommée « ancrage » de manière générique.

Cet ancrage est dépendant du type du support, de la destination de l'ouvrage et du modèle de chargement et peut-être par exemple :

- support béton : platines pré-scellées, rails, ancrages manchonnés, chevilles ;
- support maçonné : chevilles ;
- support métallique : boulons ;
- support bois : vis et tirefonds.

NOTE

En aucun cas l'ancrage de l'ouvrage ne peut s'effectuer directement sur un complexe de revêtement extérieur ventilé.



5.1 Parties d'ouvrage bois

5.1.1 Choix des essences et durabilité biologique pour lame et ossature secondaire

■ Durabilité fongique

La compatibilité avec les classes d'emplois des principales essences rencontrées dans les ouvrages en bois (lame et ossature secondaire) est précisée dans les tableaux 3 et 4.

Les essences mentionnées dans les tableaux 3 et 4 ne constituent pas une liste exhaustive. D'autres essences peuvent avoir une durabilité naturelle adaptée à un emploi en lames et ossatures secondaires. Afin de contrôler cette aptitude, il y a lieu de consulter la NF EN 350 et de retenir les bois de classe de durabilité naturelle compatible avec la classe d'emploi requise. Si une essence tropicale n'est pas mentionnée dans cette norme, il convient de consulter le CIRAD qui tient à jour des fiches techniques sur les essences tropicales.

Par ailleurs, d'autres essences peuvent être utilisées avec un traitement de préservation adapté, dès lors que ces essences possèdent les caractéristiques d'imprégnabilité requises. Les traitements doivent être conformes à la NF B50-105-3.

Les essences non traitées ne peuvent être utilisées qu'exclusivement totalement purgées d'aubier et de bois de transition.

■ Résistance aux insectes à larves xylophages

Les lames et ossatures secondaires doivent être résistantes aux insectes à larves xylophages.

Les éléments d'épaisseurs inférieures ou égales à 27 mm sont réputés protégés du fait de leurs faibles épaisseurs ne permettant pas un développement optimal des larves.

Les éléments d'épaisseurs supérieures à 27 mm doivent faire l'objet d'un traitement de préservation adapté, si leur durabilité naturelle est insuffisante. Ce traitement de préservation est réalisé selon NF EN 599 et NF B50 105-3.

Les solutions en termes d'essences, permettant d'atteindre une résistance vis-à-vis des insectes à larves xylophages sont mentionnées dans NF EN 350 et FD P20-651.

■ Résistance aux termites

Si la résistance aux termites est requise, elle sera basée soit sur la résistance naturelle du duramen selon la NF EN 350, soit sur la résistance conférée par

un traitement de préservation adapté selon les exigences de NF EN 599 et NF B 50-105-3. Le FD P20-651 rassemble l'essentiel des solutions usitées.

5.1.2 Prescriptions spécifiques pour les lames

■ Choix d'aspect

< GÉNÉRALITÉS

Le bois est un matériau hétérogène par nature qui comprend un certain nombre de singularités d'origine ou apparaissant au cours du vieillissement. La présence de ces singularités sur une pièce de bois ne signifie pas qu'elle est ou qu'elle devient inapte à l'usage prévu que ce soit au niveau mécanique ou esthétique.

Lorsque les lames ou éléments visibles proviennent de plusieurs lots, il convient de les panacher afin d'obtenir une homogénéité visuelle du revêtement extérieur de l'ouvrage.

< EXIGENCES MINIMALES

Tableau 1 : Exigences minimales pour le choix d'aspect des lames en bois

Caractéristiques	Lames en bois issus de forêts tempérées	Lames en bois tropicaux
Nœuds sains et adhérents dimensions ^a sur face visible	≤ 50 % de la largeur de la lame	≤ 1/4 de la largeur de la lame
Nœuds sains et adhérents fréquence ^b sur face visible	6 / ml	1 / ml
Nœuds morts ou partiellement adhérents	Exclus	Exclus
Nœuds d'arêtes sur face visible	Admis s'ils sont de très faibles dimensions et s'ils peuvent esthétiquement être « effacés » à la pose (cassure des arêtes vives dangereuses).	Admis s'ils sont de très faibles dimensions et s'ils peuvent esthétiquement être « effacés » à la pose (cassure des arêtes vives dangereuses)
Aubier	Totalement exclus pour lames non traitées par autoclave	Totalement exclus
Flaches	Exclues	Exclues
Gerces sur face visible et rives	Admises ponctuellement	Admises ponctuellement
Fentes de rives	Exclues	Exclues
Fentes peu profondes sur face visible (parties courantes)	Admises ponctuellement si : Profondeur ≤ 1/3 de l'épaisseur de la lame ; largeur ≤ 0,5 mm ; longueur ≤ 10 % de la longueur de la lame.	Admises ponctuellement si : profondeur ≤ 1/3 de l'épaisseur de la lame ; largeur ≤ 0,5 mm ; longueur ≤ 10 cm.
Fentes profondes ou traversantes	Exclues	Exclues
Fentes non traversantes en bouts de lames	Admises ponctuellement si longueur < 3 cm	Admises ponctuellement si longueur < 2 cm
Défauts de fils (contre fil, pente de fil, fil tors...)	Admis si cela ne génère pas de soulèvement de fibres en service	Admis si cela ne génère pas de soulèvement de fibres en service
Moelle et cœur mou	Exclus	Exclus
Coup de vent et fracture	Exclus	Exclus
Pourriture / échauffure	Exclues	Exclues
Galeriers d'insectes actives	Exclues	Exclues
Galeriers d'insectes non actives de type « piqûre noire » sur face visible et rives	Tolérées ponctuellement de façon diffuse	Tolérées ponctuellement de façon diffuse
Galeriers d'insectes non actives de type « mulotage » sur face visible et rives	Sans objet	Tolérées ponctuellement de façon diffuse, si une seule/lame et si sans incidence mécanique (possibilité bouchonnage)
Entre-écorces	Exclues	Exclues

^a Pour les nœuds de formes ovales, le diamètre à prendre en compte correspond à la moyenne entre la petite et la grande dimension.

^b Les nœuds sains inférieurs ou égaux à 10 mm ne sont pas pris en compte.

< CLASSES LIBRES

Les Documents Particuliers du Marché peuvent définir pour un ouvrage des exigences contractuelles spécifiques.

- Caractéristiques mécaniques des lames

< PRINCIPES GÉNÉRAUX

Les lames sont en bois massif.

Par ailleurs, pour les éléments à lames verticales sur chant, on pourra utiliser les bois résineux recomposés conformes aux spécifications suivantes :

- bois Lamellé Collé (BLC) conforme à la NF EN 14080 ;
- bois Massif Abouté (BMA) conforme à la NF EN 15497 ;
- bois Massif Reconstitué (BMR) conforme à la NF EN 14080.

< APPROCHE CONVENTIONNELLE

Les lames sont conformes à NF EN 14081-1.

Le classement mécanique des lames correspond au moins à une équivalence de la classe C 18 (résineux) ou D 18 (feuillus) selon la norme NF EN 338 (classe ST3 selon la norme NF B 52-001-1 pour les résineux français).

< APPROCHE SIMPLIFIÉE « PAR DÉFAUT » (SÉCURITAIRE)

Lorsque les sections de lames sont inférieures à 2200 mm² ou que le fabricant ne souhaite pas utiliser l'approche conventionnelle, il est possible de réaliser une affectation sécuritaire correspondant à la dernière colonne des tableaux 3 et 4. Pour ce faire les deux conditions suivantes doivent être satisfaites :

- 1. Vérification de la conformité au classement d'aspect minimal mentionné dans le Tableau 1

Et

- 2. Vérification des exigences complémentaires ci-dessous (Tableau 2).

Tableau 2 : Exigences complémentaires

	Lames en bois résineux et châtaignier issus des forêts tempérées	Lames en bois feuillus issus des forêts tempérées	Lames en bois tropical
Nœuds sains et adhérents dimensions sur face visible ^a	≤ 50 % de la largeur de la lame	≤ 33 % de la largeur de la lame	≤ 25 % de la largeur de la lame
Nœuds de rives	sains et adhérents non débouchant sur les deux faces de diamètre ≤ 50 % de l'épaisseur de la lame ^b		
Largeur des cernes d'accroissement (mm)	≤ 4 ^{c,d}	≤ 10	Pas de limitation car non visible sur la plupart des bois tropicaux
Pente de fil	locale : 1:4	locale : 1:3	locale : 1:4
	générale : 1:6	générale : 1:5	générale : 1:10
^a Ces critères peuvent être plus restrictifs que ceux du classement d'aspect du Tableau 5 ^b Excepté pour le pin maritime, ≤ 33%. ^c 6 mm pour le Douglas ^d 10 mm pour le châtaignier			

■ Caractéristiques géométriques des lames

< GÉNÉRALITÉS

Ces caractéristiques s'appliquent, pour au moins 95% du lot, au moment de la réception des lames par l'acheteur (transfert de propriété), aux dimensions à humidité cible correspondant à la catégorie de teneur en humidité à considérer (voir ci-après).

< TOLÉRANCES DIMENSIONNELLES DES LAMES (TDL)

On distingue deux classes de tolérances dimensionnelles par rapport à la valeur nominale :

- classe TDL1 :
 - épaisseur : $\pm 0,5$ mm ;
 - largeur : ± 1 mm.
- classe TDL2 :
 - épaisseur : ± 1 mm ;
 - largeur : ± 2 mm.

■ NOTE

Sans exigences spécifiques dans les DPM, la classe minimale à prendre en considération est TDL 2.

< DÉFORMATIONS MAXIMALES DES LAMES (DML)

On distingue deux classes de déformations :

- classe DML1 :
 - tuilage (dans la largeur de la lame) : 1 % maxi de la largeur de la lame ;
 - déformation longitudinale de rive : 2 mm/m ;
 - gauchissement : 2 mm/m.
- classe DML2 :
 - tuilage (dans la largeur de la lame) : 2 % maxi de la largeur de la lame ;
 - déformation longitudinale de rive : 4 mm/m ;
 - gauchissement : 3 mm/m.

■ NOTE

Sans exigences spécifiques dans les DPM, la classe minimale à prendre en considération est DML 2.

< STABILITÉ ET ÉLANCEMENT DES LAMES

L'élancement se définit par le rapport « λ » qui correspond au rapport de la largeur (l) sur l'épaisseur (e) de la lame. Il a pour vocation à contribuer à la maîtrise de la stabilité des lames vis-à-vis des risques de tuilage.

Les élancements maximaux par essences de bois, pour des lames fixées à plat (Figure 2) et bridées par 2 points de fixation, sont définis dans les tableaux 3 et 4.

Concernant les lames fixées sur chant, seuls les débits quartier et faux-quartier sont admis pour les essences Moyennement Stable (MS) et Peu Stable (PS).

Dans le cas des lames fixées sur leur chant (Figure 3), positionnées perpendiculairement au plan de la façade, il convient de minorer de 2 points les élancements « l » définis pour les cas des lames fixées à plats.

Figure 2 : Coupe verticale –
Lame fixée à plat

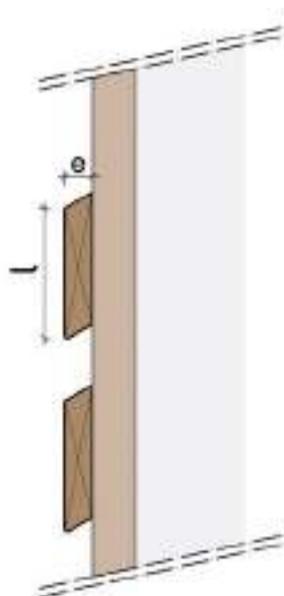
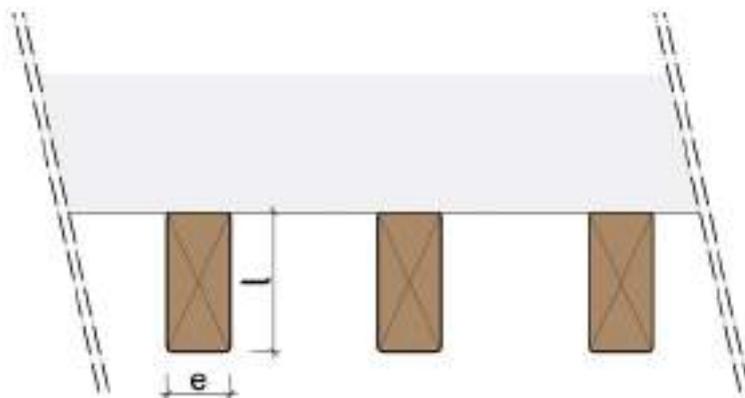


Figure 3 : Coupe
horizontale – Lame
fixée sur le chant



NOTE 1

Pour contribuer à éviter la déformation de ces éléments lorsqu'ils sont en bois massif, il est recommandé des modes de débits de type quartier ou faux quartier.

NOTE 2

Des bois panneautés ou en lamellé-collé peuvent contribuer également à stabiliser les profils.

< ÉPAISSEUR MINIMALE

Afin d'assurer un comportement satisfaisant de la lame dans sa vie en œuvre une épaisseur minimale dépendant de l'essence est requise (voir Tableaux 3 et 4). Cette épaisseur ne doit pas être inférieure à 21 mm, quelle que soit l'essence.

< LARGEUR MINIMALE

La largeur des éléments bois ne doit pas être inférieure à 40 mm, quelle que soit l'essence.

< CONTRAINTES DE FORME

Les arêtes des lames doivent être cassées. Dans le cas d'une arête arrondie le rayon de courbure sera supérieur ou égal à 2 mm.

< TENEUR EN HUMIDITÉ DES LAMES

Au moment de la mise en œuvre, l'humidité maximale d'un lot de lames doit être de 17 % (feuillus) ou de 19 % (résineux).

NOTE

L'humidité des lames est contrôlée conformément à la NF EN 13183-2 à l'aide d'un humidimètre à pointe étalonné.

En complément de cette règle générale, il y a lieu d'adapter systématiquement cette humidité en fonction des caractéristiques climatiques de la région concernée.

Il convient idéalement de mettre en œuvre des bois dont l'humidité est la plus proche possible de l'humidité d'équilibre du site.

■ Synthèse

Tableau 3 : Caractéristiques principales des essences résineuses et feuillues tempérées couramment utilisées

Essences dépourvues d'aubier pour utilisation sans traitement et essences pourvues d'aubier pour utilisation traitement	Aptitude aux classes d'emploi			Résistance aux termites métropolitains ^a	Résistance aux insectes à larves xylophages	Stabilité ^b	Élancement maximal /e pour les lames fixées à plat	Élancement maximal /e pour les lames fixées sur le chant	Épaisseur nominale minimale (en mm)	Équivalence de performance mécanique minimale selon approche simplifiée
	3.1	3.2	4							
ESSENCES RÉSINEUSES										
Douglas (<i>Pseudotsuga menziesii</i>)	Oui	Oui	Non	S	Oui	MS	6	4	21	C18
Douglas (<i>Pseudotsuga menziesii</i>) traité pour une utilisation en classe 3.2	Oui	Oui	Non	D	Oui	MS	6	4	21	C18
Mélèze (<i>Larix decidua</i>)	Oui	Oui	Non	S	Oui	MS	6	4	21	C18
Pin maritime (<i>Pinus pinaster</i>) traité pour une utilisation en classe 4	Oui	Oui	Oui	D	Oui	MS	6	4	21	C18
Pin sylvestre (<i>Pinus sylvestris</i>) traité pour une utilisation en classe 4	Oui	Oui	Oui	D	Oui	MS	6	4	21	C18
ESSENCES FEUILLUES TEMPÉRÉES										
Châtaignier (<i>Castanea sativa</i>)	Oui	Oui	Oui	M	Oui	MS	5	3	22	D18
Chêne rouvre ou pédonculé (<i>Quercus petraea ou robur</i>)	Oui	Oui	Oui	M	Oui	MS	5	3	22	D18
Robinier (<i>Robinia pseudoacacia</i>)	Oui	Oui	Oui	D	Oui	PS	4	2	22	D40

^a On distingue 3 niveaux de résistance aux termites : D : Durable ; M : Moyennement durable ; S : Sensible.

^b On distingue 3 classifications de stabilité : PS : Peu Stable ; MS : Moyennement Stable ; S : Stable.

Tableau 4 : Caractéristiques principales des essences feuillues tropicales couramment utilisées

Essences dépourvues d'aubier pour utilisation sans traitement et essences pourvues d'aubier pour utilisation traitement	Aptitude aux classes d'emploi			Résistance aux termites métropolitains ^a	Résistance aux insectes à larves xylophages	Stabilité ^b	Élancement maximal l/e pour les lames fixées à plat	Élancement maximal l/e pour les lames fixées sur le chant	Épaisseur nominale minimale (en mm)	Équivalence de performance mécanique minimale selon approche simplifiée
	3.1	3.2	4							
ESSENCES TROPICALES										
Cumaru (<i>Dypterix spp.</i>)	Oui	Oui	Oui	D	Oui	MS	6	4	21	D50
Doussié (<i>Afzelia spp.</i>)	Oui	Oui	Oui	D	Oui	S	7	5	21	D40
Ipe (<i>Tabebuia spp.</i>)	Oui	Oui	Oui	D	Oui	S	7	5	21	D50
Iroko (<i>Milicia spp.</i>)	Oui	Oui	Oui	D	Oui	MS	5	3	21	D30
Tali (<i>Erythrophleum spp.</i>)	Oui	Oui	Oui	D	Oui	MS	4	2	27	D40
Teck (<i>Tectona grandis</i>)	Oui	Oui	Oui ^c	M	Oui	S	7	5	21	D30

^a On distingue 3 niveaux de résistance aux termites : D : Durable ; M : Moyennement durable ; S : Sensible.
^b On distingue 3 classification de stabilité: PS : Peu Stable ; MS : Moyennement Stable ; S : Stable.
^c Pour le Teck, et en particulier le Teck issu de plantations, la vitesse de croissance et la provenance auront une influence significative sur la durabilité naturelle.

■ Autres caractéristiques

Certaines essences sont sujettes à coulures de tannin ou résine pouvant générer des pathologies d'ordre notamment esthétique sur des parties d'ouvrages à proximité. C'est le cas entre autres des essences suivantes : Chêne, Châtaignier, Pin Maritime, etc. Pour ce type d'essence, le fabricant ou fournisseur doit informer ses clients du risque existant.

5.1.3 Prescriptions spécifiques pour les ossatures secondaires

■ Caractéristiques mécaniques des ossatures secondaires

< PRINCIPES GÉNÉRAUX

Les ossatures secondaires conformes à la NF EN 14081-1 peuvent être utilisées.

< APPROCHE CONVENTIONNELLE

Pour les ossatures secondaires résineuses et feuillues, le classement mécanique correspond au moins à la classe C18 selon la norme NF EN 338 (classe ST3 selon la norme NF B 52-001-1 pour les résineux français) ou consiste à vérifier qu'il n'y ait pas de nœuds dont le diamètre est supérieur à 1/3 des deux dimensions de la section du tasseau et masse volumique moyenne supérieure à 380 kg/m³.

■ Caractéristiques géométriques des ossatures secondaires

Pour la partie vue, les dimensions des ossatures secondaires devront être adaptées aux dimensions des lames.

L'épaisseur minimale est au moins égale à la longueur d'ancrage minimale requise pour les fixations.

< TOLÉRANCES DIMENSIONNELLES DES OSSATURES SECONDAIRES

- classe TDOS :
 - épaisseur : ± 1 mm ;
 - largeur : ± 2 mm.

< DÉFORMATIONS MAXIMALES DES OSSATURES SECONDAIRES

- classe DMOS :
 - tuilage (dans la largeur de la lame) : 2 % maxi de la largeur de la lame ;
 - déformation longitudinale de rive : 4 mm/m ;
 - gauchissement : 3 mm/m.

< TENEUR EN HUMIDITÉ DES OSSATURES SECONDAIRES

L'humidité des ossatures secondaires, au moment de la mise en œuvre doit être inférieure à 18 %.

5.2 Ossature secondaire métallique

Les ossatures secondaires, peuvent être réalisées à partir d'acier de construction métallique, d'acier inoxydable, ou d'alliage d'aluminium.

5.2.1 Acier de construction métallique

Les aciers de construction métallique non alliés peuvent être utilisés à condition de faire l'objet d'une protection adéquate contre la corrosion (voir ci-dessous). Les nuances S235 ou S275 suivant l'EN 10025 parties 2 à 4, d'un usage courant, sont recommandées dans le cadre du présent guide.

Des nuances présentant une résistance mécanique supérieure peuvent être utilisées, en intégrant au processus de fabrication les éventuelles contraintes supplémentaires liées à leur utilisation (en particulier les conditions de soudabilité).

L'usage d'acier de construction métallique à résistance améliorée à la corrosion atmosphérique (acier autopatinable) suivant l'EN 10025 partie 5 n'est pas couvert par les présentes recommandations professionnelles, tout comme celui d'acier à haute limite d'élasticité trempé et revenu suivant l'EN 10025 partie 6 qui n'est pas recommandé.

La protection de l'acier de construction métallique est destinée à lui conférer une résistance adéquate vis-à-vis de la corrosion atmosphérique.

La protection des éléments en acier vis-à-vis de la corrosion peut être obtenue par :

- galvanisation à chaud par immersion suivant l'ISO 1461. Les conditions de corrosivité et la durabilité visée doivent être considérées dans le choix de l'épaisseur de zinc déposé ;
- projection thermique de zinc, aluminium ou alliage Zn-Al15 suivant l'ISO 2063 (métallisation).

Les conditions de corrosivité et la durabilité visée doivent être considérées dans le choix du métal déposé et de son épaisseur. Pour les environnements les plus agressifs (C4 et au-delà), la métallisation par projection de zinc n'est pas recommandée.

Le traitement anticorrosion peut également être obtenu peinture suivant l'ISO 12944. Les conditions de corrosivité et la durabilité visée doivent être considérées dans le choix des systèmes de peinture, du nombre de couche et de l'épaisseur sèche nominale, suivant l'ISO 12944-5.

5.2.2 Acier inoxydable

Les aciers inoxydables peuvent être utilisés sans aucune protection complémentaire vis-à-vis de la corrosion. Les nuances utilisables correspondent aux nuances austénitiques et austeno-ferritiques (duplex) listées dans l'EN 1993-1-4. Les aciers inoxydables ferritiques et martensitiques ne sont pas utilisables.

La nuance 1.4301 suivant l'EN 10088 (X5CrNi18-10 – équivalente à AISI 304) et autres nuances présentant une résistance équivalente à la corrosion atmosphérique peuvent être utilisés en zone rurale et urbaine présentant des conditions de corrosion faible à moyenne (jusqu'à C3 incluse).

Pour les environnements plus agressifs, il est préférable d'opter pour des nuances présentant une résistance à la corrosion supérieure, telles que 1.4401 suivant l'EN 10088 (X5CrNiMo17-12-2 – équivalente à AISI 316) et autres nuances présentant une résistance équivalente à la corrosion atmosphérique.

L'emploi de nuances d'aciers inoxydables austeno-ferritiques (duplex) listées dans l'EN 1993-1-4 peut également être envisagé dans le cadre d'un environnement particulièrement agressif.

L'emploi d'éléments en acier inoxydable en contact avec des éléments en acier de construction métallique ou en aluminium doit faire l'objet de précautions particulières visant à éliminer les risques de corrosion galvanique. Sauf spécifications contraires, il convient d'isoler les deux métaux, par exemple par l'interposition d'un élément isolant (nylon, PTFE, etc.) ou d'un revêtement spécifiquement choisi.

5.2.3 Alliage d'aluminium

Les alliages d'aluminium peuvent être utilisés sans une protection complémentaire vis-à-vis de la corrosion. Les alliages et états métallurgiques utilisables sont ceux qui sont listés dans l'EN 1999-1-1.

Les alliages EN AW-6082 et EN AW-6005A suivant l'EN 573, d'un usage courant, sont recommandés dans le cadre du présent guide. Ils présentent généralement un bon compromis entre caractéristiques mécaniques, durabilité et coût. Leur soudabilité est bonne, mais la zone soudée voit ses caractéristiques mécaniques sensiblement réduites.

L'emploi d'éléments en aluminium en contact avec des éléments en acier de construction métallique (au carbone) ou en acier inoxydable doit faire l'objet de précautions particulières visant à éliminer les risques de corrosion galvanique. Sauf spécifications contraires, il convient d'isoler les deux métaux, par exemple par l'interposition d'un élément isolant (nylon, PTFE, etc.) ou d'un revêtement spécifiquement choisi.

5.3 Organes de fixation

5.3.1 Protection contre la corrosion

Les différents organes métalliques de fixation doivent être sélectionnés en fonction des conditions d'utilisation prévues : sollicitations, exposition aux intempéries, mise en œuvre, etc. Afin d'obtenir la durabilité recherchée, l'usage de fixations revêtues ou en acier inoxydable est requis, sauf justifications particulières.

Les spécifications minimales pour la protection contre la corrosion des organes d'assemblages sont définies dans le tableau suivant, issu de l'Euro-code 5 (NF EN 1995-1-1) :

Tableau 5 : Spécifications minimales pour la protection contre la corrosion des organes de fixation

		Organe de fixation	Ambiance humide courante	Ambiance humide agressive ^a	Climat maritime ^c
1.1	Fixation des lames	Vis ou boulon pour lame (fixation traversante par la face visible)	Acier inoxydable A2	Acier inoxydable A2 ou A4 ^b	Acier inoxydable A4 ^c
1.2		Vis auto perceuse	Acier inoxydable A2	Acier inoxydable A2 ou A4 ^b	Acier inoxydable A4 ^c
2		Vis ou tirefond pour lame (fixation traversante par la sous-face)	Acier inoxydable A2 Électro-zinguage renforcé	Acier inoxydable A2 ou A4 ^b	Acier inoxydable A4 ^c
3	Fixation des ossatures secondaires	Ferrures (équerres, boîtier ...) de fixation des lames ou des ossatures secondaires	Galvanisation à chaud Acier inoxydable A2 Acier avec électrozinguage renforcé	Galvanisation à chaud (renforcée) ^b Acier Inoxydable A2 ou A4 ^b	Acier inoxydable A4 ^c
4		Pointes, broches, boulons ou autres « tiges » de fixation des ossatures secondaires	Galvanisation à chaud Acier inoxydable A2 Acier avec électrozinguage renforcé	Galvanisation à chaud (renforcée) ^b Acier Inoxydable A2 ou A4 ^b	Acier inoxydable A4 ^c
5		Cheville de fixations sur béton (ossatures secondaires, équerres...)	Acier électrozingué	Acier inoxydable A2 ou A4 ^b	Acier inoxydable A4 ^c

^a Environnements agressifs : industriel, périphérie de piscine... exigences à spécifier au cas par cas suivant les DPM.
^b Selon l'utilisation, les conditions d'ambiance et les prescriptions des fabricants.
^c Zone de climat maritime laquelle comprend le littoral sur une profondeur de 3 km à l'intérieur des terres.
 Signification des termes :
 Galvanisation à chaud : revêtement du type Z350 (blanc mat)
 Galvanisation à chaud renforcée : revêtement du type Z600 (blanc mat)
 Electrozinguage : Fe/Zn 25c
 Electrozinguage renforcé : Fe/Zn 40c
 Acier inoxydable A2 ou A4 : respectivement du type acier inoxydable X10CrNi18-8 ou X5CrNiMo18-10-2

■ Protection des ferrures

Lorsque les ferrures en acier sont protégées par galvanisation à chaud (voir ligne 3 tableau 1). La protection est apportée :

- soit par emploi des tôles galvanisées par immersion à chaud répondant aux spécifications de la norme NF EN 10346 et d'épaisseur maximale 2,5 mm pour limiter la corrosion superficielle des tranches recoupées laissées sans protection rajoutée ;
- soit par immersion dans le zinc fondu (galvanisation par trempage à chaud) après façonnage conformément à la norme NF EN ISO 1461.

On se reportera à la norme NF P 24-351 pour définir le niveau de protection (Z275 ou plus) selon la sévérité des expositions, en considérant que de par leur position à l'extérieur de l'ouvrage, les ferrures sont situées en atmosphères extérieures directes (notées E11 à E19 dans la norme NF P 24-351 précitée).

■ Protection des organes de type tige

Les protections des organes de type tige sont les suivantes :

- les pointes annelées ou torsadées en acier inoxydable X10CrNi18-8 ou de résistance à la corrosion supérieure répondant à la norme NF EN 10263-5 ;
- les pointes annelées ou torsadées en acier protégé par une galvanisation à chaud répondant à la classe B de la norme NF A 91-131.

- Protection des chevilles métalliques d’ancrage

Les chevilles métalliques pour béton ou chevilles pour maçonnerie doivent faire l’objet d’un Avis Technique Européen (ATE) ou d’une Evaluation Technique Européenne (ETE) en cours de validité. La protection associée doit être décrite dans ces évaluations.

- Compatibilités métal / bois

Pour la compatibilité entre les éléments constitutifs de la fixation et l’élément bois à assembler, on se référera au Tableau 6.

Tableau 6 : Compatibilité des essences de bois et des métaux

Matériaux	Zinc	Cuivre	Alu	Plomb	Acier Inox	Acier Galvanisé	Acier	Acier peint
Sapin Pin	oui	oui	oui	oui	oui	oui	oui	oui
Mélèze Chêne Châtaignier Douglas	non	oui	non	non	Selon qualité inox	oui ^a	oui	oui

^a Pour la classe de service 1 et 2 et selon la qualité de l’acier galvanisé pour la classe de service 3.

5.3.2 Exigences spécifiques sur les organes de fixations du bois

- Organes de « type tige »

Les organes de fixation de type tige doivent avoir un corps ou une forme ne permettant pas un arrachement ou un fendage du bois.

< POINTES

Les pointes doivent répondre à l’une des 2 options suivantes :

- 1. Les pointes torsadées et annelées sont conformes à NF EN 14592 (2012) et à ce titre les informations sur les valeurs de résistance d’arrachement caractéristique et de traversée de la tête doivent être déclarées par le fabricant pour les densités compatibles avec les produits à assembler conformes à ces recommandations professionnelles.

Le diamètre de la tête des pointes doit être au moins 1,8 fois le diamètre nominal de la pointe.

- 2. Les pointes torsadées et annelées sont conformes à la norme NF EN 10230-1. Le diamètre de la tête des pointes doit être au moins 1,8 fois le diamètre nominal de la pointe.

Les pointes à corps lisse au sens de NF EN 10230-1 ou de NF EN 14592 ne sont pas admises.

< VIS BOIS SUR BOIS

Les vis doivent répondre à l’une des 2 options suivantes :

- 1. Les vis à bois sont conformes à NF EN 14592 (2012) et à ce titre les informations sur les valeurs de résistance d’arrachement caractéristique et de traversée de la tête doivent être déclarées par le fabricant pour les densités compatibles avec les produits à assembler conformes à ces recommandations professionnelles.

Le diamètre de la tête des vis doit être au moins 1,8 fois le diamètre nominal de la vis.

- 2. Les vis à bois doivent être à tête fraisée, conformes aux normes de la série des normes NF E 25-600 et leur diamètre minimal est de 3,4 mm.

Le diamètre de la tête des vis doit être au moins 1,8 fois le diamètre nominal de la vis.

Il convient de déclarer la résistance caractéristique d'assemblage (P_k) du côté de la pointe des fixations mécaniques pour les clous et vis conformément à la norme NF P30-310 pour la résistance à la traction et selon NF P30-316 pour la résistance au cisaillement. La masse volumique associée à l'essai et la profondeur d'ancrage correspondante doivent être déclarées.

Il convient enfin que les valeurs (P_k) utilisées dans les recommandations professionnelles correspondent aux qualités et conditions réelles des matériaux à assembler.

Le risque de déboutonnage est pris en compte en multipliant forfaitairement par un coefficient de « 0,60 » la valeur de (P_k) à l'arrachement obtenue par l'essai de la norme NF P30-310 correspondant à un ancrage de 50 mm et pour des bois de densités moyennes allant de 380 à 420 kg/m³ ; ou alors, le cas échéant et en présence de données d'essais compatibles avec les conditions réelles d'ancrage lors de la pose (densité des bois, profondeur d'ancrage principalement), la valeur de (P_k) à l'arrachement est directement exploitable en respectant néanmoins les critères géométriques pour le couple (d ; d_h) tel que préconisé dans les tableaux 2 et 4 du CCT du NF DTU 41.2.

La performance pour le cisaillement est prise en compte en multipliant forfaitairement par un coefficient de « 0,80 » la valeur de (P_k) au cisaillement obtenue par l'essai standard NF P30-316 correspondant à un ancrage de 50 mm et pour des bois de densités moyennes allant de 380 à 420 kg/m³ ; ou alors, le cas échéant et en présence de données d'essais compatibles avec les conditions réelles d'ancrage lors de la pose (densité des bois, profondeur d'ancrage principalement), la valeur de (P_k) au cisaillement est directement exploitable en respectant néanmoins les critères géométriques pour le couple (d ; d_h) tel que préconisé dans les tableaux 2 et 4 du CCT du NF DTU 41.2.

La vérification des fixations par la méthode des (P_k) nécessite de définir l'effort admissible (P_{adm}) à mettre en comparaison des pressions de vent telles que définies dans les tableaux du CCT ou tout autre effort particulier notamment en cisaillement.

(P_{adm}) est obtenu en divisant la valeur pertinente de (P_k) par « 1,8 ».

< BROCHES

Les broches doivent répondre aux exigences de la norme NF EN 14592.

< BOULONS ET ÉCROUS

Pour les assemblages bois / métal, les boulons doivent être conformes à la norme NF EN 14592.

5.3.3 Exigences spécifiques sur les organes de fixations du métal

- Organes de « type tige »

< BOULONS ET ÉCROUS

Pour les assemblages métal / métal, les boulons doivent être conformes à la norme NF EN 15048.

5.3.4 Exigences spécifiques communes sur les organes de fixations

■ Ferrures

Les ferrures (équerre par exemple) font l'objet d'une fiche technique établie par le fabricant. Cette fiche indique les caractéristiques de l'alliage utilisé et les caractéristiques géométriques des ferrures. De plus, cette fiche indique les performances des ferrures vis-à-vis des efforts de vent et les charges admissibles de poids propre des éléments non structuraux rapportés en fonction de la longueur de l'équerre.

Dans le cas de ferrure mécano-soudée, celles-ci sont en acier, elles sont normalement en acier à bas carbone de désignation S220GD selon la norme NF EN 10346.

Le cas échéant, les exigences des normes NF EN 1993 et NF EN 1090 concernant les parties d'ouvrage métalliques doivent être appliquées.

■ Organes de « type tige »

Les organes de fixation de type tige doivent avoir un corps ou une forme ne permettant pas un arrachement ou un fendage du bois.

< VIS AUTO PERCEUSE

Les vis auto perceuses doivent répondre aux exigences des normes NF EN 1090 (parties 2 à 5) et NF EN 1993-1-3.

■ Chevilles

Comme indiqué dans le §5.3.1, les chevilles métalliques pour béton ou chevilles pour maçonnerie doivent faire l'objet d'un Avis Technique Européen (ATE) ou d'une Evaluation Technique Européenne (ETE) en cours de validité.



6.1 Principes généraux

Il convient avant toute chose de rappeler la responsabilité du maître d'ouvrage dans le bon déroulement de tout projet, en cela il lui incombe en effet la définition précise de ses objectifs et l'assurance de leur faisabilité.

Les objectifs du maître d'ouvrage sont traduits en exigences par le maître d'œuvre dans les pièces du marché. Celles-ci décrivent en particulier les relations entre les différents lots, notamment le niveau et la nature des informations à transmettre entre les lots, et les tolérances à respecter. Ces renseignements permettent de préciser toutes les hypothèses nécessaires à la conception.

Ainsi, de façon à éviter toute ambiguïté, le marché doit en particulier préciser :

- la définition des actions fondamentales de base, en particulier celles des charges exceptionnelles éventuelles ;
- la définition des actions accidentelles éventuelles ;
- s'il y a lieu, le gradient thermique à prendre en compte ;
- l'ensemble des données nécessaires pour l'application des normes et textes réglementaires (thermique, feu, séisme, neige et vent, ...) ;
- les cas éventuels d'interdépendance de charges ;
- les prescriptions particulières compte tenu du type de construction et des conditions d'exploitation ou d'agressivité du milieu ambiant (conditions marines, salinité, exposition aux intempéries, à la pollution, aux températures basses, enrobages accrus, revêtement protecteur, ...) ;
- le cas échéant, les états limites de déformation à respecter et les exigences particulières en matière de flèches absolues.

6.2 Supports admissibles

Les supports admissibles sont notamment :

- les ouvrages de maçonnerie définis dans le NF DTU 20-1 ;
- les ouvrages de béton définis dans le NF DTU 21 ;
- les ouvrages de charpente métalliques définis dans le NF DTU 32-1 ;
- les ouvrages de charpente en bois définis dans les NF DTU 31-1 et NF DTU 31-2.

Sauf indications contraires dans les documents particuliers du marché (DPM), les tolérances brutes des supports sont celles définies dans les NF DTUs correspondants cités ci-dessus.

6.3 Dimensionnement

6.3.1 Sollicitations

L'élément rapporté ne participe pas aux fonctions de transmission des charges, de contreventement et de résistance aux chocs de sécurité (excepté lorsqu'il revendique la fonction de garde-corps sous la forme d'un claustra continu toute hauteur de dalle à dalle). Elles incombent à l'ouvrage qui le supporte.

■ Actions des charges permanentes (G)

Pour les calculs de résistance mécanique, les charges à prendre en compte correspondent au poids propre de l'élément définis selon ses dimensions nominales et sa masse volumique.

Le poids propre doit être calculé suivant la norme NF EN 1991-1-1.

Les masses volumiques peuvent être issues des normes NF EN 338 pour les bois massifs et NF EN 14080 pour les bois lamellé-collé.

■ Actions du vent (W)

Les valeurs de pressions et dépressions induites par le vent sur les façades d'un bâtiment sont calculées par application de la norme NF EN 1991-1-4 définissant les effets du vent sur les constructions.

Les zones de vent et la catégorie de terrain (rugosité) sont définies dans l'Eurocode 1 et son annexe nationale (NF EN 1991-1-4).

< VENT APPLIQUÉ SUR LES LAMES

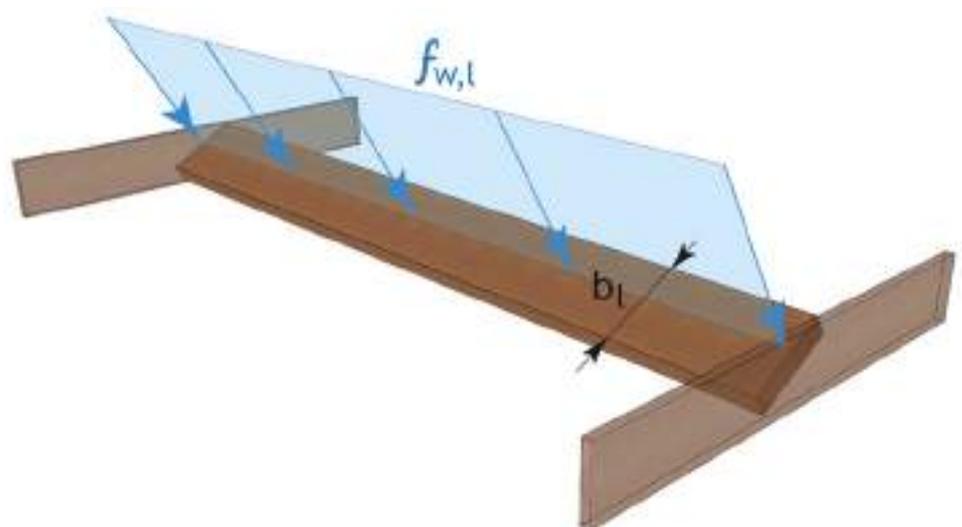
Pour la vérification des lames et des liaisons entre les lames et l'ossature, l'effort de vent par unité de longueur peut être estimé selon NF EN 1991-1-4 et son annexe nationale française sur la base du §7.6 - Eléments structuraux de sections rectangulaires, présenté en Annexe A.4.

■ NOTE

Les effets du vent ainsi calculés sont considérés sécuritaires puisqu'ils ne prennent pas en compte l'effet de dépression due aux ouvrages pleins à proximité des lames.

L'effort de vent est appliqué sur la largeur de la lame, créant une flexion dans la direction de la plus faible inertie, quel que soit l'angle d'orientation de la section.

Figure 4 : Représentation de l'effort de vent appliqué sur une lame



$f_{w,l}$ Effort de vent appliqué sur la lame par unité de longueur
 b_l Largeur de la lame

Dans le cas des configurations où les lames sont posées sur chant (Type Configurations 1.2 et 2.2 de la Figure 1) l'effort de vent défini par le §7.6 de l'EN 1991-1-4 est appliqué sur l'épaisseur de la lame, créant une déformée dans le sens de la plus grande inertie.

Il appartient au concepteur de considérer un effort de vent sur la largeur de lame (sens de la petite inertie), défini en fonction de l'espacement des lames entre elles, celles-ci créant un effet masque sur les lames avoisinantes.

< VENT APPLIQUÉ SUR LES OSSATURES SECONDAIRES

Les documents particuliers du marché (DPM) peuvent préciser les conditions d'application du vent sur les ossatures secondaires des brise-soleil (en particulier les coefficients de pression à considérer). A défaut, il est possible de déterminer ces actions en considérant une paroi pleine, dont les effets du vent sont définis en ANNEXE B.

■ Action de la neige (S)

La charge de neige de référence sur le sol est obtenue à partir de la carte de l'annexe nationale de la NF EN 1991-1-3. Cette charge caractéristique de neige s_k doit être corrigée pour tenir compte de l'altitude au-delà de 200 m au-dessus du niveau de la mer. Ces valeurs sont rappelées dans l'ANNEXE A.

Configurations 1 : Cas des ouvrages parallèles au plan de la façade (voir Figure 1)

Sauf prescriptions particulières dans les DPM, les sollicitations mécaniques dues aux charges de neige ne sont pas en prendre en compte dans la présente configuration.

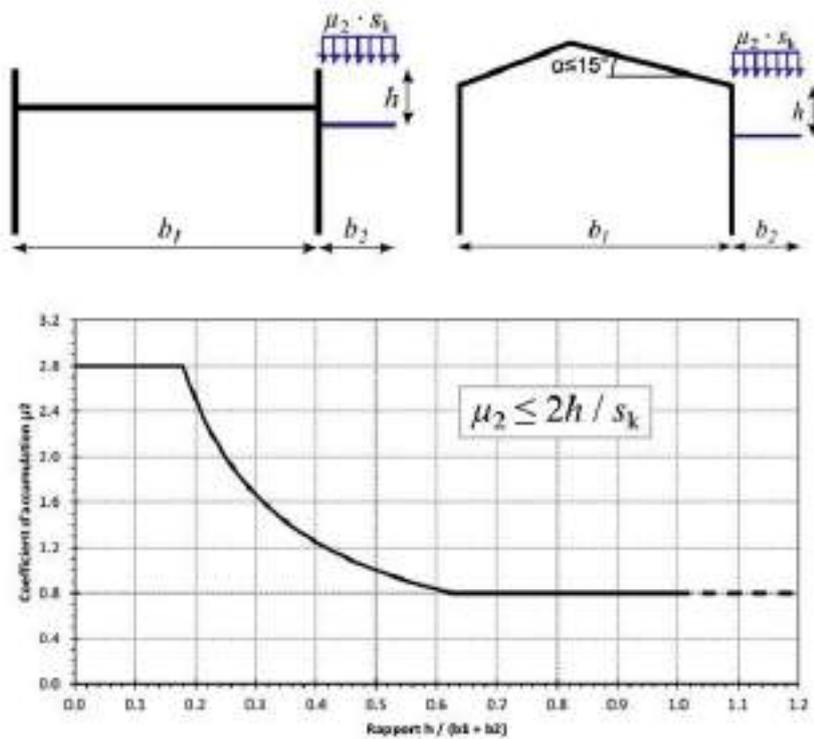
Configurations 2 : Cas des ouvrages perpendiculaires au plan de la façade (voir Figure 1)

Dans le cas d'ouvrages perpendiculaires au plan de la façade avec lames sur chant (configuration 2.2 de la Figure 1), si le vide entre lames est supérieur ou égal à l'épaisseur des lames, le cas de charge dû à la neige peut être négligé (hors climat de montagne en dessous de 900 m d'altitude). Dans le cas du climat de montagne (au-delà de 900 m d'altitude), la neige est à prendre en considération suivant les DPM.

Dans les autres cas, les éléments de brise-soleil horizontaux peuvent être considérés comme un auvent plein vis-à-vis des charges de neige. Il s'agit d'une hypothèse conservatrice destinée à prévoir la possibilité d'une accumulation de la neige entre les éléments d'un brise-soleil ajouré. La charge de neige sur le brise-soleil se calcule ensuite par l'intermédiaire du coefficient d'accumulation μ_2 défini en ANNEXE A-A.2/.

Excepté pour les brise-soleil directement en-dessous d'un versant dont l'angle est supérieur ou égal à 15° (27 %), il est possible d'utiliser l'abaque ci-dessous pour obtenir une valeur sécuritaire de μ_2 .

Figure 5 : Abaque de détermination de la valeur 2



■ Effet du séisme (E)

La résistance des brise-soleil et autres éléments en bois rapportés aux façades aux effets du séisme doivent être analysés pour les bâtiments concernés par la réglementation parasismique (cf. Arrêté du 22 octobre 2010 modifié), à savoir :

- Les bâtiments de catégories d'importance III et IV situés en zone de sismicité 2 ;
- Les bâtiments de catégories d'importance II, III et IV situés en zones de sismicité 3, 4 et 5.

Les définitions des catégories d'importance et des zones de sismicité sont données dans la réglementation parasismique. Pour tous les bâtiments non mentionnés dans la liste précédente, aucune vérification aux effets du séisme n'est exigible.

Figure 6 : Règles de construction parasismique applicables aux bâtiments neufs selon leur zone de sismicité et leur catégorie d'importance

	I	II	III	IV
Zone 1	aucune exigence			
Zone 2	aucune exigence		Eurocode 8 ³ $a_p=0,7 \text{ m/s}^2$	
Zone 3	PS-MI ¹	Eurocode 8 ² $a_p=1,1 \text{ m/s}^2$	Eurocode 8 ³ $a_p=1,1 \text{ m/s}^2$	
Zone 4	PS-MI ²	Eurocode 8 ² $a_p=1,6 \text{ m/s}^2$	Eurocode 8 ³ $a_p=1,6 \text{ m/s}^2$	
Zone 5	CP-MI ²	Eurocode 8 ² $a_p=3 \text{ m/s}^2$	Eurocode 8 ³ $a_p=3 \text{ m/s}^2$	

¹ Application possible (en dispense de l'Eurocode 8) des PS-MI sous réserve du respect des conditions de la norme PS-MI
² Application possible du guide CP-MI sous réserve du respect des conditions du guide
³ Application obligatoire des règles Eurocode 8

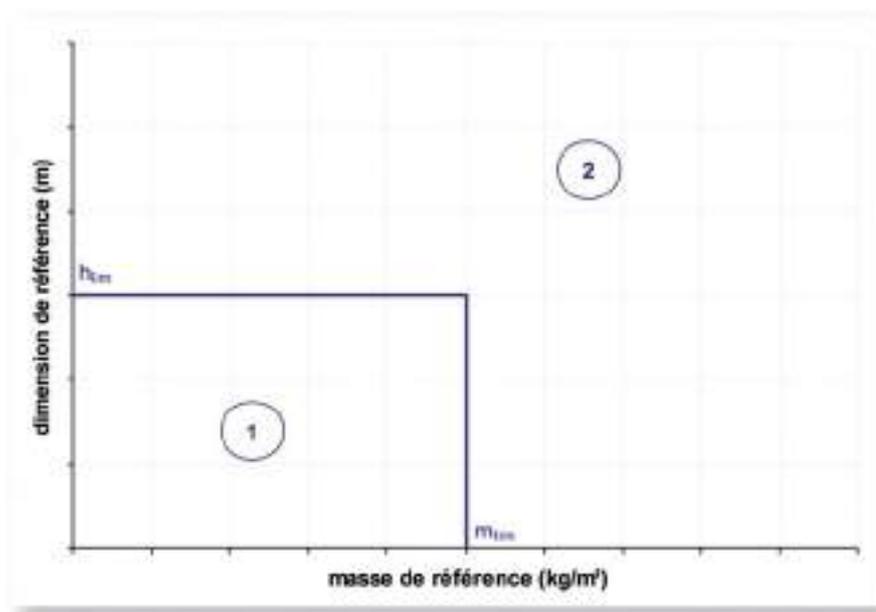
La définition du périmètre des ENS nécessitant une analyse de comportement sismique est basée sur l'analyse du risque pour la sécurité des personnes et la limitation des dommages.

Dans la plupart des cas, deux critères sont pris en compte :

- la dimension de référence (sauf mention contraire, il s'agit de la distance verticale entre le point haut de l'ENS hors dispositions de fixation et l'aire de chute potentielle située directement sous l'ENS) ;
- la masse surfacique de l'élément.

Un diagramme masse/hauteur permet de définir précisément les éléments pour lesquels une analyse sismique est nécessaire. Pour une dimension de référence inférieure à h_{lim} et une masse inférieure à m_{lim} , le risque est considéré comme faible et il n'est pas exigé de prendre en compte l'action sismique dans la conception et le dimensionnement de l'élément (zone 1). Dans le cas contraire (zone 2), si la dimension de référence est supérieure à h_{lim} ou si la masse surfacique de l'élément est supérieure à m_{lim} , les éléments doivent faire l'objet d'une prise en compte du risque sismique.

Figure 7 : Domaine d'application pour la prise en compte de l'action sismique (extrait du guide ENS DHUP)



Les brise-soleil et autres éléments en bois rapportés rentrent dans le domaine d'application du guide de dimensionnement parasismique des éléments non structuraux du cadre du bâti. A ce titre, il est possible de négliger l'action sismique pour :

- les brise-soleil horizontaux dont le porte-à-faux est inférieur à $h_{lim} = 1,5$ m et la masse inférieure à $m_{lim} = 25$ kg/m² ;
- les brise-soleil verticaux et autres éléments bois rapportés dont la hauteur de référence (définie comme la hauteur entre le point haut de l'élément et l'aire de chute potentielle) est inférieure à $h_{lim} = 3,5$ m et la masse inférieure à $m_{lim} = 25$ kg/m².

Il est également possible de se passer de vérification parasismique pour un élément non structural situé à l'aplomb :

- d'une aire de chute à occupation nulle ou quasi nulle (par exemple : zone non accessible sauf pour l'entretien) ;
- ou d'une aire protégée par un réceptacle ou un auvent de protection (il convient de s'assurer que le réceptacle possède une résistance suffisante pour supporter la chute de l'élément non structural).

Lorsqu'une vérification parasismique est exigée, la méthode d'analyse est présentée dans la suite du paragraphe et l'ANNEXE D.

NOTE

*La méthode d'analyse présentée est applicable pour le cas courant d'un élément rapporté (ensemble des lames et ossatures secondaires) présentant une masse négligeable par rapport à celle du bâtiment support et **qui n'influe pas sur le comportement global de ce dernier sous action sismique.***

< DÉPLACEMENT INTER-ÉTAGES

La conception des éléments rapportés en façades permet le libre mouvement des lames entre elles (les panneaux ne sont pas visés par le présent document). Les lames bois étant libres de glisser entre elles, celles-ci ne sont pas concernées par un risque d'endommagement notable dû aux déformations de sa structure porteuse et sont extrêmement ductiles. Le déplacement latéral mobilisable n'est pas limité par les éléments rapportés mais seulement par la structure porteuse.

REMARQUE

Pour les déplacements inter-étages, les hypothèses prévoient un fractionnement du revêtement et de l'ossature secondaire à chaque niveau au-delà de 6 m.

Pour rappel, la structure porteuse doit, conformément à l'Eurocode 8 ART 4.4.3.2, respecter un déplacement entre étage minimale spécifique au cas c) «bâtiments ayant des éléments non structuraux fixés de manière à ne pas interférer avec les déformations de la structure» soit :

$$d_r \leq \frac{0,010 \cdot h}{\nu}$$

Avec :

h est la hauteur entre étages en mm

d_r est le déplacement inter-étages en mm

ν est le coefficient de réduction pour prendre en compte une plus petite période de retour de l'action sismique associée à l'exigence de limitation des dommages.

$\nu = 0,5$ pour les ouvrages en catégorie d'importance I ou II

$\nu = 0,4$ pour les ouvrages en catégorie d'importance III ou IV

< DIRECTIONS DU SÉISME

Les deux directions horizontales du séisme sont toujours à prendre en compte. Elles ne devraient généralement pas conduire à des situations dimensionnantes.

En France métropolitaine, la direction verticale n'est normalement pas à considérer d'après les critères définis par la clause 4.3.3.5.2 (1) de la NF EN 1998-1 ($a_{vg} \leq 2,5 \text{ m/s}^2$; a_{vg} est l'accélération sismique dans la direction verticale).

< MASSES À PRENDRE EN COMPTE

Pour le calcul des actions sismiques agissant sur les éléments bois rapportés en façade seules les masses permanentes sont prises en compte.

< ACTIONS SISMIQUES HORIZONTALES

Ce paragraphe propose une méthode simplifiée pour le calcul des actions sismiques agissant sur les éléments bois rapportés en façade. Cette méthode correspond à celle du guide ENS mais les symboles peuvent différer. La force sismique agissant dans une direction horizontale peut être estimée en sécurité par la relation suivante :

$$F_a = \frac{(5,5\alpha \times S \times W_a)}{q_a} \text{ au plus défavorable}$$

$$\text{avec } \alpha = \frac{a_{g,A}}{g} \text{ où } a_{g,A} = a_{gr} \cdot \gamma_I$$

W_a Masse de l'élément rapporté à prendre en compte

a_{gr} Accélération sismique au niveau d'un sol rocheux

γ_I Coefficient d'importance du bâtiment

S Coefficient de sol

q_a Coefficient de comportement (= 2 pour les éléments de façade voir Tableau 4.4 § 4.3.5.4 du guide de dimensionnement parasismique des éléments non structuraux du cadre du bâti)

g Accélération de la pesanteur 9,81 m/s²

Leurs valeurs de a_{gr} , γ_I et S sont indiquées dans l'arrêté du 22 octobre 2010 modifié et reportées en Annexe B.

La force F_a doit être appliquée au centre de gravité de l'ouvrage, dans les deux directions horizontales successivement (suivant les règles de cumul données ci-après).

< CUMUL DES DIRECTIONS HORIZONTALES

Dans le cas où seules les directions horizontales sont à prendre en compte, les effets de l'action sismique s'obtiennent de la manière suivante :

$$E = E_{Fhx} + 0,30 \times E_{Fhy}$$

$$E = 0,30 \times E_{Fhx} + E_{Fhy}$$

où

E_{Fhx} et E_{Fhy} représentent les effets respectifs de la force F_h appliquée dans la direction x et dans la direction y.

< ASSEMBLAGES

Le séisme provoque dans les organes de fixation des efforts de traction / compression, et des efforts tranchants horizontaux.

Les éléments d'ancrages doivent être qualifiés pour une utilisation en zone sismique.

Les assemblages des lames bois sur ossature secondaire en bois pour les lames de la configuration 1.1 «ouvrage parallèle au plan de face / lames à plat» dont la portée est inférieure à 900mm sont justifiés via l'Annexe B du présent document.

■ Combinaisons d'actions

Les différentes actions sont à combiner suivant les principes de la NF EN 1990. Il est admis, comme pour les bâtiments en général, de considérer au plus deux charges variables (une principale et une d'accompagnement).

Les combinaisons ELU (état limite ultime) et ACC (accidentelles) permettent de vérifier la résistance de la structure. Les combinaisons ELS (état limite de service) permettent de vérifier l'aptitude de la structure à sa destination (essentiellement le respect des déformations limites).

Les combinaisons génériques sont reportées en Annexe A.5.

Sauf prescriptions particulières, au vu de la géométrie des ouvrages, les actions de vent et de neige ne sont pas cumulables lors de la détermination des combinaisons d'actions.

6.3.2 Ossatures secondaires

La résistance des ossatures secondaires doit être vérifiée sous chaque combinaison ELU et ACC à l'aide des principes et règles d'applications des textes cités ci-dessous. Si ces textes ne proposent pas de règles d'application adaptées au cas étudié, la vérification pourra être conduite avec une méthode respectant les principes des normes Eurocodes et offrant un niveau de sécurité comparable.

■ Ossature secondaire en bois

Les ossatures secondaires en bois doivent faire l'objet de vérification par référence à l'Eurocode 5, notamment les normes suivantes :

- NF EN 1995-1-1 conception et calculs des structures en bois (et son annexe nationale NF EN 1995-1-1/NA)

Sauf spécifications contraires, la déformation des ossatures secondaires en bois sous chaque combinaison ELS est limitée selon :

- $w_{inst} < L/300$
- $w_{net,fin} < L/200$

où

L est la portée de l'élément. Pour les éléments en porte-à-faux, L est égale au double de la longueur du porte-à-faux

w_{inst} est la flèche instantanée

$w_{net,fin}$ est la flèche résiduelle finale

(Rappel des composantes de la flèche en ANNEXE A)

■ Ossature secondaire en métal

Les ossatures secondaires en acier doivent faire l'objet de vérification par référence à l'Eurocode 3, notamment les normes suivantes :

- NF EN 1993-1-1 pour les éléments en acier de construction (et son annexe nationale NF EN 1993-1-1/NA) ;
- NF EN 1993-1-4 pour les éléments en acier inoxydable (et son annexe nationale NF EN 1993-1-4/NA) ;
- NF EN 1993-1-8 pour les assemblages des éléments en acier de construction (et son annexe nationale NF EN 1993-1-8/NA).

Les ossatures secondaires en aluminium doivent faire l'objet de vérification par référence à l'Eurocode 9, notamment la norme NF EN 1999-1-1 (et son annexe nationale NF EN 1999-1-1/NA).

Des méthodes complémentaires sont décrites dans les recommandations de la commission de normalisation de la construction métallique et mixte (CNC2M) ou dans les publications du CTICM.

Sauf spécifications contraires, la déformation des ossatures secondaires métalliques sous chaque combinaison ELS est limitée à $L/200$, où L est la portée de l'élément. Pour les éléments en porte-à-faux, L est égale au double de la longueur du porte-à-faux.

6.3.3 Lames en bois

■ Hypothèses propres au matériau bois

Les lames en bois doivent faire l'objet de vérification par référence à l'Eurocode 5, notamment les normes suivantes :

- NF EN 1995-1-1 conception et calculs des structures en bois (et son annexe nationale NF EN 1995-1-1/NA)

< DÉFORMATIONS

Majoritairement, le critère dimensionnant la section des lames en bois reste celui de la déformation. Sauf spécifications contraires, et afin d'assurer un comportement cohérent et une déformée esthétique sous action permanente, les limites de déformation suivantes sont à respecter :

Configurations 1 (hors 1.3 lames obliques) : Cas des ouvrages parallèles au plan de façade (voir Figure 1)

- $w_{inst} < L/200$
- $w_{net,fin} < L/125$

Configuration 2 (compris 1.3 Lames obliques) : Cas des ouvrages perpendiculaires au plan de façade (voir Figure 1):

- $w_{inst} < L/450$
- $w_{net,fin} < L/400$

où

L est la portée de l'élément

w_{inst} est la flèche instantanée

$w_{net,fin}$ est la flèche résultante finale

(Rappel des composantes de la flèche en ANNEXE A)

6.3.4 Lames en bois – Exemples de cas pré-calculés

■ Informations sur les cas pré-calculés

La méthode et les hypothèses de calculs prises en compte pour la réalisation des exemples de cas pré-calculés sont décrites dans l'ANNEXE C.

Notation

l Largeur de lame

e épaisseur de la lame

λ Elancement de la section de la lame = l/e (voir § 5.1.2)

■ Lecture des tableaux des configurations 1.1 et 1.3

Ces tableaux donnent l'épaisseur minimale de la lame à mettre en œuvre en mm en fonction de la portée de la lame, de la pression de vent appliquée (définie par la zone de vent et la rugosité du terrain) et des caractéristiques mécaniques du matériau.

La largeur de lame doit être déduite telle que :

- la largeur ne doit pas être inférieure à l'épaisseur de la lame et être supérieure à 40 mm ;
- l'élancement l/e ne doit pas dépasser l'élancement maximal défini selon le choix de l'essence de bois mis en œuvre (voir § 5.1.2).

Les sections sont calculées par défaut sur 3 appuis, en cas de mise en œuvre sur deux appuis il convient d'augmenter l'épaisseur en la multipliant par le « **coefficient majorateur 2 appuis** » affiché sous la figure 8.

Exemple

Lame en douglas C24 mis en œuvre sur 2 appuis avec 2 points de fixation, portée de 900mm, Zone de vent 2, rugosité IIIa hauteur de référence 10m.

Figure 8 : Exemple de lecture des tableaux des configurations de cas pré-calculés

Portée 900 mm		C24/D30			
3 Appuis		Hauteur de référence (Z _e) = 10m			
		rugosité			
Zone	0	II	IIIa	IIIb	IV
1	26	24	22	21	21
2	27	26	23	22	21
3	28	27	25	23	22
4	SO	28	26	24	23

Coef majorateur 2 appuis 1,46

NOTE

L'épaisseur minimale est calculée avec une largeur de lame $l = (1/0,7) \times e$, de manière à prendre le coefficient de vent $c_{f(0)} = 2,4$ au plus défavorable (voir Annexe A.4).

■ Lecture des tableaux des configurations 1.2

Ces tableaux donnent la largeur minimale de la lame à mettre en œuvre en mm en fonction de la portée de la lame, de son épaisseur et de ses caractéristiques mécaniques.

Ces tableaux sont établis pour une condition de vent donnée. Deux cas de figure sont envisagés :

Figure 9 : Définition des cas de vent adaptés

		rugosité			
Zone	0	II	IIIa	IIIb	IV
1					
2					
3					
4	SO				

■ Choix tableau zone 2 - rugosité IIIa

□ Choix tableau Zone 3 - rugosité 0

- Zone 2 / Rugosité IIIa Hauteur 28 m
- Zone 3 / Rugosité 0 Hauteur 28 m

Il convient de choisir le cas de vent adapté au plus défavorable selon la figure ci-dessus, selon les hypothèses de vent considérées.

L'élancement de la section l/e est limité à 4 cependant il conviendra de limiter la largeur des lames selon l'élancement maxi l/e défini par le choix de l'essence de bois mis en œuvre (voir § 5.1.2).

Les sections sont calculées par défaut sur 3 appuis, en cas de mise en œuvre sur deux appuis il convient de multiplier la largeur de lame par le coefficient « **coefficient majorateur 2 appuis** » correspondant.

Exemple

Lame en châtaigner de classe C18 mise en œuvre sur 2 appuis avec 1 point de fixation, portée de 3,20 m, Vent Zone 3 / Rugosité IIIb ($Q_p(z) = 0,871 \text{ kN/m}^2$).

Tableau 7 : Exemple de lecture pour la définition de la largeur minimale des lames

Largeur minimale des lames en mm								
portée mm	e mm	C18 ou équivalent	D24 ou équivalent	C24/D30 ou équivalent	D40 ou équivalent	GL24h	GL28h	Coeff ^a maj. 2 appuis
3200	45	NC	NC	NC	NC	NC	NC	non
	60	88	86	84	80	82	80	non
	80	90	88	86	82	84	82	1,6
	100	100	100	100	100	100	100	1,5
	120	120	120	120	120	120	120	1,3

- 1. Choix du tableau Zone II / Rugosité IIIa (Voir ci-dessus) ;
- 2. Détermination de l'élancement maxi du Châtaigner $l/e \leq 3$ (voir § 5.1.2) ;
- 3. Choix d'une épaisseur $e = 80 \text{ mm}$;
- 4. Déduction de largeur de lame : $90 \times \text{Coef.2 appuis} (1,6) = 144 \text{ mm}$;
- 5. Vérification de l'élancement $\Rightarrow l/e = 144 / 80 = 1,8 > \text{à } 3$ (l'élancement est valide) ;
- 6. Dimensions des lames : épaisseur 80 mm et largeur l compris entre 144 et 240mm ($3 \times e$).

La valeur « NC » donnée dans le tableau ci-après signifie « Non Conforme ».

■ Lecture des tableaux de la configuration 2.1

Le cas des lames sur ouvrages perpendiculaires non soumis à une charge de neige (défini selon vide entre lames voir §6.3.1 Action de la neige) est traité dans la configuration 1.3 « ouvrage parallèle au plan de façade / lames 30° ».

Dans les autres cas, il convient de mettre en œuvre la section la plus défavorable entre le tableau de la configuration 1.3 « ouvrage parallèle au plan de façade lames 30° » prenant en compte les charges de vent et les tableaux de la configuration 2.1, prenant en compte les charges de neige.

Les tableaux définissent une épaisseur minimale en mm en fonction de la portée, de la charge de neige (définie par la zone de neige et l'altitude) et de l'élancement de la section (ratio l/e avec l la largeur et e épaisseur de la lame).

Les sections sont calculées par défaut sur 3 appuis, en cas de mise en œuvre sur deux appuis il convient d'augmenter l'épaisseur en la multipliant par le « coefficient majorateur 2 appuis » affiché sous le tableau correspondant.

■ Lecture des tableaux de la configuration 2.2

Ces tableaux donnent la largeur minimale de la lame à mettre en œuvre, en fonction de la portée, de son épaisseur et des caractéristiques mécanique du bois mis en œuvre.

Deux cas de vent sont envisagés :

- zone 2 / Rugosité IIIa hauteur 28 m ;
- zone 3 / Rugosité 0 Hauteur 28 m.

Il convient de considérer le cas de vent au plus défavorable (cf figure 9).

L'élancement λ ($= l/e$) est limité à 4, cette limite correspond à l'élancement maximal observé pour un type d'attache avec 1 organe de fixation. Cependant il conviendra de limiter la largeur des lames selon l'élancement maxi l/e défini par le choix de l'essence de bois mis en œuvre (voir § 5.1.2).

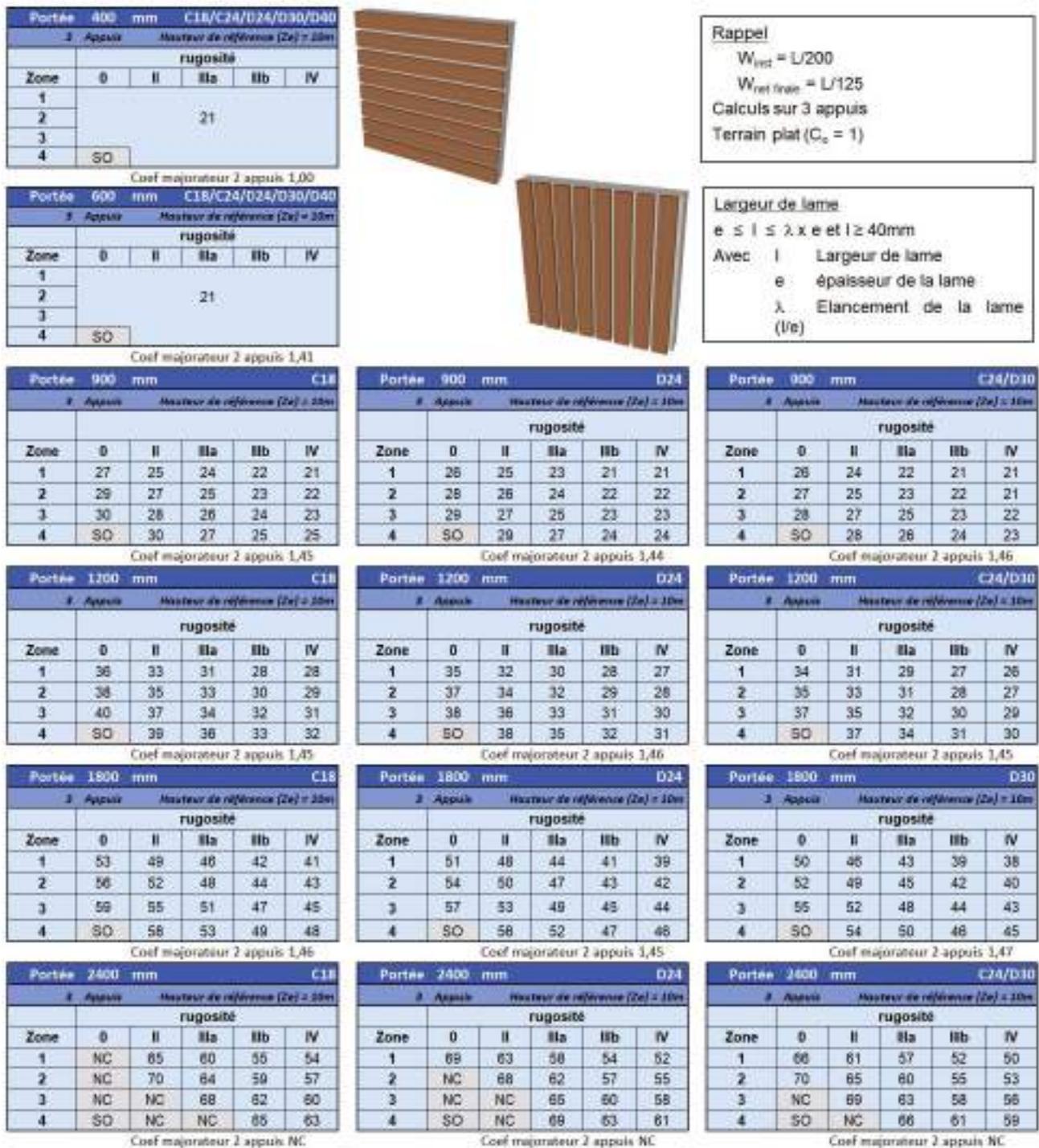
Les sections sont calculées par défaut sur 3 appuis, en cas de mise en œuvre sur deux appuis multiplier la largeur de lame par le coefficient de majoration correspondant.

Les sections sont calculées par défaut sur 2 appuis, en cas de mise en œuvre sur 3 appuis il convient d'augmenter l'épaisseur en la multipliant par le « **coefficient minorateur 3** » appuis affiché sous le tableau correspondant.

Aucune charge de neige n'est prise en compte, le vide entre lames est considéré supérieur à l'épaisseur et l'altitude est inférieure à 900m.

■ Configuration 1.1 – Hauteur de référence (Z_e)=10m

Figure 10 : Configuration 1.1 - Hauteur de référence (Ze) = 10 m / Epaisseur minimale des lames (mm) en fonction de la portée et de la pression de vent



NC : Non Conforme / SO : Sans objet

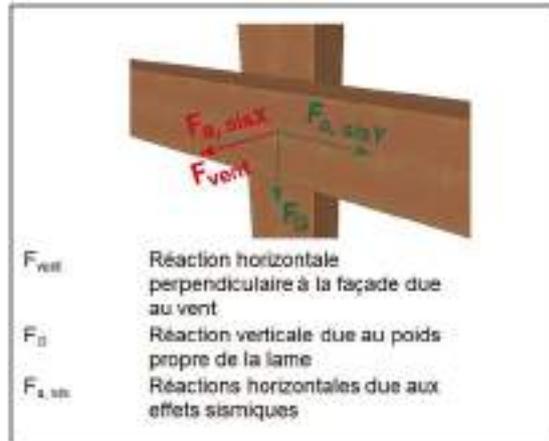
Coef majorateur 2 appuis : Multiplier l'épaisseur par le coefficient indiqué

Figure 11 : Configuration 1.1 - Hauteur de référence (Ze) = 10 m / Réactions non pondérées à l'appui central (3 appuis)

Hypothèses
Dimensions
 $l/e = 4$ Avec
 l Largeur de la lame
 e épaisseur de la lame

Caractéristiques mécaniques bois
 Classe D40 / $f_{moy} = 660 \text{ daN/m}^2$

Données sismiques
 Zone de sismicité 4
 Classe de sol E
 Coefficient de comportement $q_s = 2$



Dimensions en mm / Efforts en daN

Portée 900		e = 30					l = 120	
		3 Appuis					Hauteur de référence (Ze) = 10m	
Zone	F_{vent}					$F_{D,GS}$	G	
	0	II	IIa	IIb	IV			
1	23	19	15	11	10	3	3	
2	28	22	18	13	12			
3	33	28	21	16	14			
4	SO	31	24	18	17			

Portée 1200 mm		e = 40					l = 160	
		3 Appuis					Hauteur de référence (Ze) = 10m	
Zone	F_{vent}					$F_{D,GS}$	G	
	0	II	IIa	IIb	IV			
1	41	33	26	20	18	8	7	
2	49	40	31	24	22			
3	58	47	37	28	26			
4	SO	54	42	33	30			

Portée 1800		e = 60					l = 240	
		3 Appuis					Hauteur de référence (Ze) = 10m	
Zone	F_{vent}					$F_{D,GS}$	G	
	0	II	IIa	IIb	IV			
1	93	75	59	45	41	25	22	
2	111	93	70	54	49			
3	130	105	82	63	58			
4	SO	122	66	73	67			

Portée 2400 mm		e = 70					l = 280	
		3 Appuis					Hauteur de référence (Ze) = 10m	
Zone	F_{vent}					$F_{D,GS}$	G	
	0	II	IIa	IIb	IV			
1	145	117	92	70	64	44	39	
2	172	139	109	84	77			
3	202	163	125	98	90			
4	SO	190	148	114	104			

SO : Sans objet

■ Configuration 1.1 - Hauteur de référence (Ze) = 28 m

Figure 12 : Configuration 1.1 - Hauteur de référence (Ze) = 28 m / Epaisseur minimale (mm) en fonction de la portée et de la pression de vent

Portée 400 mm		C18/C24/D24/D30/D40				
# Appuis		Hauteur de référence (Ze) = 28m				
		rugosité				
Zone	0	II	IIa	IIb	IV	
1						
2			21			
3						
4	SO					

Coef majorateur 2 appuis 1,00



Rappel
 $W_{red} = L/200$
 $W_{red, final} = L/125$
 Calculs sur 3 appuis
 Terrain plat ($C_o = 1$)

Portée 500 mm		C18				
# Appuis		Hauteur de référence (Ze) = 28m				
		rugosité				
Zone	0	II	IIa	IIb	IV	
1						
2						
3	22		21			
4	SO*	22				

Coef majorateur 3 appuis 1,43

Portée 600 mm		C24/D24/D30/D40				
# Appuis		Hauteur de référence (Ze) = 28m				
		rugosité				
Zone	0	II	IIa	IIb	IV	
1						
2						
3			21			
4	SO*					

Coef majorateur 3 appuis 1,43

Largeur de lame
 $e \leq l \leq \lambda, x e$ et $l \geq 40mm$
 Avec e Largeur de lame
 x épaisseur de la lame
 λ Elancement de la lame
 (l/e)

Portée 500 mm		C18				
# Appuis		Hauteur de référence (Ze) = 28m				
		rugosité				
Zone	0	II	IIa	IIb	IV	
1	29	28	26	25	23	
2	31	29	28	26	24	
3	32	31	29	27	26	
4	SO*	32	30	29	27	

Coef majorateur 2 appuis 1,44

Portée 900 mm		D24				
# Appuis		Hauteur de référence (Ze) = 28m				
		rugosité				
Zone	0	II	IIa	IIb	IV	
1	28	27	25	24	22	
2	30	28	27	25	24	
3	31	30	28	26	25	
4	SO*	31	29	28	26	

Coef majorateur 2 appuis 1,46

Portée 900 mm		C24/D30				
# Appuis		Hauteur de référence (Ze) = 28m				
		rugosité				
Zone	0	II	IIa	IIb	IV	
1	27	26	24	23	22	
2	29	27	26	24	23	
3	30	29	27	26	24	
4	SO*	30	29	27	25	

Coef majorateur 2 appuis 1,45

Portée 1200 mm		C18				
# Appuis		Hauteur de référence (Ze) = 28m				
		rugosité				
Zone	0	II	IIa	IIb	IV	
1	38	36	34	32	30	
2	40	38	36	34	32	
3	42	40	38	36	34	
4	SO*	42	40	38	35	

Coef majorateur 3 appuis 1,45

Portée 1200 mm		D24				
# Appuis		Hauteur de référence (Ze) = 28m				
		rugosité				
Zone	0	II	IIa	IIb	IV	
1	37	35	33	31	29	
2	39	37	35	33	31	
3	41	39	37	35	32	
4	SO*	41	39	36	34	

Coef majorateur 2 appuis 1,44

Portée 1200 mm		C24/D30				
# Appuis		Hauteur de référence (Ze) = 28m				
		rugosité				
Zone	0	II	IIa	IIb	IV	
1	36	34	32	30	28	
2	38	36	34	32	30	
3	40	38	36	34	32	
4	SO*	40	38	35	33	

Coef majorateur 2 appuis 1,44

Portée 1800 mm		C18				
# Appuis		Hauteur de référence (Ze) = 28m				
		rugosité				
Zone	0	II	IIa	IIb	IV	
1	56	54	51	48	45	
2	60	57	54	50	47	
3	63	60	57	53	50	
4	SO*	63	59	55	52	

Coef majorateur 3 appuis 1,48

Portée 1800 mm		D24				
# Appuis		Hauteur de référence (Ze) = 28m				
		rugosité				
Zone	0	II	IIa	IIb	IV	
1	54	52	49	46	43	
2	58	55	52	49	46	
3	61	58	55	51	48	
4	SO*	61	57	54	50	

Coef majorateur 2 appuis 1,47

Portée 1800 mm		D30				
# Appuis		Hauteur de référence (Ze) = 28m				
		rugosité				
Zone	0	II	IIa	IIb	IV	
1	53	50	48	45	42	
2	56	53	50	47	44	
3	59	56	53	50	47	
4	SO*	59	56	52	49	

Coef majorateur 2 appuis 1,47

Portée 2400 mm		C18				
# Appuis		Hauteur de référence (Ze) = 28m				
		rugosité				
Zone	0	II	IIa	IIb	IV	
1	NC**	NC**	68	63	59	
2	NC**	NC**	NC**	68	62	
3	NC**	NC**	NC**	0	66	
4	SO*	NC**	NC**	NC**	NC**	

Coef majorateur 2 appuis 1,50

Portée 2400 mm		D24				
# Appuis		Hauteur de référence (Ze) = 28m				
		rugosité				
Zone	0	II	IIa	IIb	IV	
1	NC**	70	65	61	57	
2	NC**	NC**	70	64	60	
3	NC**	NC**	NC**	69	63	
4	SO*	NC**	NC**	NC**	68	

Coef majorateur 2 appuis 1,50

Portée 2400 mm		C24/D30				
# Appuis		Hauteur de référence (Ze) = 28m				
		rugosité				
Zone	0	II	IIa	IIb	IV	
1	NC**	68	63	59	55	
2	NC**	NC**	68	63	58	
3	NC**	NC**	NC**	66	62	
4	SO*	NC**	NC**	70	65	

Coef majorateur 2 appuis 1,50

NC : Non Conforme / SO : Sans objet
 Coef majorateur 2 appuis : Multiplier l'épaisseur par le coefficient indiqué

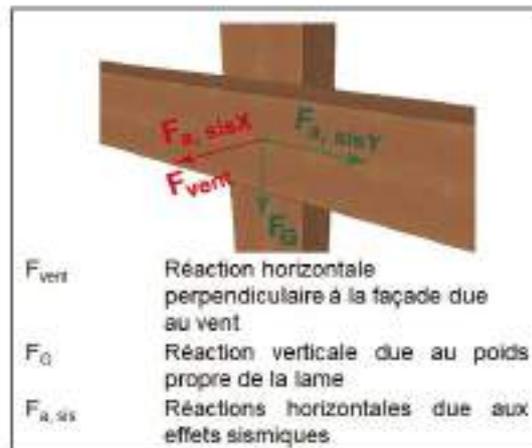
■ Configuration 1.1 - Hauteur de référence (Ze) = 28 m

Figure 13 : Configuration 1.1 - Hauteur de référence (Ze) = 28 m / Réactions non pondérées à l'appui central (3 appuis)

Hypothèses
Dimensions
 $l/e = 4$ Avec
 l Largeur de la lame
 e épaisseur de la lame

Caractéristique mécaniques bois
 Classe D40 / $\rho_{dry} = 660 \text{ daN/m}^3$

Données sismiques
 Zone de sismicité 4
 Classe de sol E
 Coefficient de comportement $q_s = 2$



Dimensions en mm / Efforts en daN

Portée 900		e = 30		l = 120			
3 Appuis		Hauteur de référence (Ze) = 28m					
Zone	F_{vent}					$F_{A,sis}$	G
	0	II	IIIa	IIIb	IV		
1	38	31	24	18	17	3	3
2	45	37	29	22	20		
3	53	43	34	26	24		
4	SO	50	39	30	27		

Portée 1200 mm		e = 40		l = 160			
3 Appuis		Hauteur de référence (Ze) = 28m					
Zone	F_{vent}					$F_{A,sis}$	G
	0	II	IIIa	IIIb	IV		
1	67	54	43	33	30	8	7
2	80	65	51	39	36		
3	94	76	59	48	42		
4	SO	88	69	53	49		

Portée 1800		e = 50		l = 240			
3 Appuis		Hauteur de référence (Ze) = 28m					
Zone	F_{vent}					$F_{A,sis}$	G
	0	II	IIIa	IIIb	IV		
1	152	123	96	74	68	25	22
2	181	148	114	88	80		
3	212	171	134	103	94		
4	SO	199	156	120	109		

Portée 2400 mm		e = 70		l = 280			
3 Appuis		Hauteur de référence (Ze) = 28m					
Zone	F_{vent}					$F_{A,sis}$	G
	0	II	IIIa	IIIb	IV		
1	236	191	149	115	105	44	39
2	281	227	178	137	125		
3	329	266	208	160	147		
4	SO	309	242	186	170		

SO : Sans objet

■ Configuration 1.2 - Hauteur de référence (Ze) = 28 m - Vent Zone 2 / Rugosité IIIa

Figure 14 : Configuration 1.2 - Hauteur de référence (Ze) = 28 m - Vent Zone 2 / Rugosité IIIa / Largeur minimale de la lame en fonction de son épaisseur

Rappel
Terrain plat ($c_o = 1$)
Vent zone 2 / Rugosité IIIa
Hauteur de référence 28m
 $W_{ref} = L/200$ et 10mm
 $W_{net\ finale} = L/125$
Calculs sur 3 appuis
Terrain plat ($C_o = 1$)



$Q_p(Z) = 0.897 \text{ kN/m}^2$



F_{vent} Réaction horizontale perpendiculaire à la façade due au vent
 F_G Réaction verticale due au poids propre de la lame
 $F_{a, sis}$ Réactions horizontales due aux effets sismiques

Largeur de lame
 $e \leq l \leq \lambda \times e$ et $l \geq 40\text{mm}$
Avec l Largeur de lame
e épaisseur de la lame
 λ Elancement de la lame (l/e)

Largeur minimale des lames en mm									Réactions ^c		
portée mm	e mm	C18	D24	C24/D30	D40	GL24h	GL28h	Coeff ^a maj. 2 appuis	Fed (daN)		
		ou équivalent	ou équivalent	ou équivalent	ou équivalent				Vent	F ₉₅	CP
≤ 1200	45	45	45	45	45	45	45	1,3 ^b	4	9	8
	≥ 60	e	e	e	e	e	e	1	10	16	14
≤ 1800	45	51	49	49	47	47	47	1,6	8	14	12
	60	60	60	60	60	60	60	1,4	11	24	21
≥ 80	e	e	e	e	e	e	e	1	21	43	38
	2800	45	NC	NC	NC	70	NC	70	non	20	21
2800	60	78	76	74	70	74	72	non	25	38	33
	80	80	80	80	80	80	80	1,6	33	67	59
	100	100	100	100	100	100	100	1,3	42	104	92
	120	120	120	120	120	120	120	1,1	50	150	133
	3200	45	NC	NC	NC	NC	NC	NC	non	-	-
3200	60	88	86	84	80	82	80	non	33	43	38
	80	90	88	86	82	84	82	1,6	43	76	68
	100	100	100	100	100	100	100	1,5	54	119	106
	120	120	120	120	120	120	120	1,3	65	172	152
3600	45	NC	NC	NC	NC	NC	NC	non	-	-	-
	60	NC	NC	92	88	92	90	non	41	48	43
	80	100	98	96	90	94	92	non	54	86	76
	100	102	100	100	100	100	100	1,7	68	134	119
	120	120	120	120	120	120	120	1,5	82	193	171

NC : Non Conforme

a : à appliquer sur la largeur de lame

b : si ontraxe ≥ 900mm

c : Réactions non pondérées à l'appuis central (3 appuis) considérées pour un Bois D40 l/e = 4 zone de sismicité 4 classe de sol E

Légende couleur - critère dimensionnant :

100	Limite $l > e$
NC	Vent sur faible inertie Limite $l/e > 4$
123	Valeur min Calculée

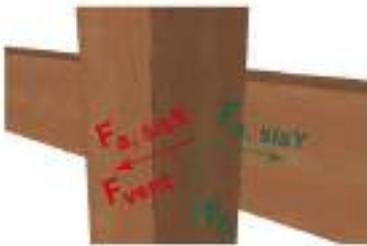
■ Configuration 1.2 - Hauteur de référence (Ze) = 28 m - Vent Zone 3 / Rugosité 0

Figure 15 : Configuration 1.2 - Hauteur de référence (Ze) = 28 m - Vent Zone 3 / Rugosité 0 / Largeur minimale de la lame en fonction de son épaisseur

Rappel
Terrain plat ($c_0 = 1$)
Vent zone 2 / Rugosité IIIa
Hauteur de référence 28m
 $W_{nat} = L/200$ et 10mm
 $W_{nat final} = L/125$
Calculs sur 3 appuis
Terrain plat ($C_0 = 1$)



$Q_p(Z) = 1.460 \text{ kN/m}^2$



F_{vent} Réaction horizontale perpendiculaire à la façade due au vent
 F_G Réaction verticale due au poids propre de la lame
 $F_{s, ds}$ Réactions horizontales due aux effets sismiques

Largeur de lame
 $e \leq l \leq \lambda \times e$ et $l \geq 40\text{mm}$
Avec l Largeur de lame
 e épaisseur de la lame
 λ Elancement de la lame (l/e)

Largeur minimale des lames en mm									Réactions ^c		
Portée mm	e mm	C18	D24	C24/D30	D40	GL24h	GL28h	Coeff maj. 2 appuis	Fed (daN)		
		ou équivalent	ou équivalent	ou équivalent	ou équivalent				Vent	F _{sus}	CP
≤ 1200	45	45	45	45	45	45	45	1,3 ^a	7	9	8
	≥ 60	e	e	e	e	e	e	1	16	16	14
1800	45	59	57	57	53	55	53	non	13	14	12
	60	60	60	60	60	60	60	1,4	18	24	21
	80	80	80	80	80	80	80	1,1	23	43	38
	≥ 100	e	e	e	e	e	e	1	34	67	59
2800	45	NC	NC	NC	NC	NC	NC	non	-	-	-
	60	90	88	86	82	84	82	non	41	38	33
	80	94	90	88	84	86	84	non	54	67	59
	100	100	100	100	100	100	100	1,3	68	104	92
	120	120	120	120	120	120	120	1,1	81	150	133
3200	45	NC	NC	NC	NC	NC	NC	non	-	-	-
	60	NC	NC	NC	92	NC	92	non	54	43	38
	80	106	102	98	94	98	96	non	70	76	68
	100	106	102	100	100	100	100	1,4	88	119	106
	120	120	120	120	120	120	120	1,3	106	172	152
3600	45	NC	NC	NC	NC	NC	NC	non	-	-	-
	60	NC	NC	NC	NC	NC	NC	non	-	-	-
	80	116	112	110	104	108	106	non	88	86	76
	100	118	116	112	106	110	108	non	111	134	119
	120	120	120	120	120	120	120	1,4	134	193	171

NC : Non Conforme
a : à appliquer sur la largeur de lame
b : si entraxe ≥ 900mm
c : Réactions non pondérées à l'appuis central (3 appuis) considérées pour un Bois D40 $l/e = 4$ zone de sismicité 4 classe de sol E

Légende couleur - critère dimensionnant :

- 100 Limite $l > e$
- NC Vent sur faible inertie Limite $l/e > 4$
- 123 Valeur mini Calculée

■ Configuration 1.3 - Hauteur de référence (Ze) = 10 m

Figure 16 : Configuration 1.3 - Hauteur de référence (Ze) = 10 m / Epaisseur minimale des lames (mm) en fonction de la portée et de la pression de vent

Portée 400 mm		C18/C24/D24/D30/D40				
2 Appuis		Hauteur de référence (Ze) = 10m				
		rugosité				
Zone	0	II	IIa	IIb	IV	
1						
2			21			
3						
4	SO					

Coef majorateur 2 appuis : 1.39 Rugosité 0 II et IIIa / 1 Rugosité III et IV



Rappel
 $W_{ref} = L/450$
 $W_{ref finale} = L/400$
 Calculs sur 3 appuis
 Terrain plat ($C_s = 1$)

Portée 600 mm		C18/D24				
2 Appuis		Hauteur de référence (Ze) = 10m				
		rugosité				
Zone	0	II	IIa	IIb	IV	
1	24	22				
2	25	24	22		21	
3	26	25	23			
4	SO	26	24	22	22	

Coef majorateur 2 appuis 1.48

Portée 600 mm		C24/D30				
2 Appuis		Hauteur de référence (Ze) = 10m				
		rugosité				
Zone	0	II	IIa	IIb	IV	
1	23	22				
2	24	23			21	
3	25	24	22			
4	SO	25	23			

Coef majorateur 2 appuis 1.48

Largeur de lame
 $e \leq l \leq \lambda \cdot e$ et $l \geq 40\text{mm}$
 Avec l Largeur de lame
 e épaisseur de la lame
 λ Elancement de la lame (l/e)

Portée 900 mm		C18/D24				
3 Appuis		Hauteur de référence (Ze) = 10m				
		rugosité				
Zone	0	II	IIa	IIb	IV	
1	36	34	31	29	29	
2	37	35	33	31	30	
3	39	37	34	32	31	
4	SO	39	36	33	32	

Coef majorateur 2 appuis 1.59

Portée 900 mm		C24				
3 Appuis		Hauteur de référence (Ze) = 10m				
		rugosité				
Zone	0	II	IIa	IIb	IV	
1	33	32	29	27	27	
2	35	33	31	28	28	
3	37	35	32	30	29	
4	SO	36	34	31	31	

Coef majorateur 2 appuis 1.59

Portée 900 mm		D30				
3 Appuis		Hauteur de référence (Ze) = 10m				
		rugosité				
Zone	0	II	IIa	IIb	IV	
1	34	32	31	29	28	
2	36	34	32	30	29	
3	38	36	33	31	30	
4	SO	37	35	32	32	

Coef majorateur 2 appuis 1.59

Portée 1200 mm		C18/D24				
3 Appuis		Hauteur de référence (Ze) = 10m				
		rugosité				
Zone	0	II	IIa	IIb	IV	
1	46	45	42	39	38	
2	50	47	44	41	41	
3	53	49	46	43	42	
4	SO	52	48	45	44	

Coef majorateur 2 appuis non

Portée 1200 mm		C24				
3 Appuis		Hauteur de référence (Ze) = 10m				
		rugosité				
Zone	0	II	IIa	IIb	IV	
1	45	42	40	37	36	
2	47	44	42	38	38	
3	49	46	43	40	39	
4	SO	48	45	42	41	

Coef majorateur 2 appuis non

Portée 1200 mm		D30				
3 Appuis		Hauteur de référence (Ze) = 10m				
		rugosité				
Zone	0	II	IIa	IIb	IV	
1	46	44	41	38	38	
2	48	46	43	41	40	
3	51	48	45	42	41	
4	SO	50	47	44	43	

Coef majorateur 2 appuis non

Portée 1800 mm		C18/D24				
3 Appuis		Hauteur de référence (Ze) = 10m				
		rugosité				
Zone	0	II	IIa	IIb	IV	
1	NC	NC	68	63	62	
2	NC	NC	70	65	64	
3	NC	NC	NC	69	66	
4	SO	NC	NC	NC	70	

Coef majorateur 2 appuis non

Portée 1800 mm		C24				
3 Appuis		Hauteur de référence (Ze) = 10m				
		rugosité				
Zone	0	II	IIa	IIb	IV	
1	70	65	61	58	57	
2	NC	69	64	60	59	
3	NC	NC	68	62	61	
4	SO	NC	70	65	63	

Coef majorateur 2 appuis non

Portée 1800 mm		D30				
3 Appuis		Hauteur de référence (Ze) = 10m				
		rugosité				
Zone	0	II	IIa	IIb	IV	
1	NC	70	65	62	61	
2	NC	NC	69	64	63	
3	NC	NC	NC	66	65	
4	SO	NC	NC	70	68	

Coef majorateur 2 appuis non

NC : Non Conforme / SO : Sans objet

Coef majorateur 2 appuis : Dans le cas d'une lame mise en oeuvre sur 2 appuis, multiplier l'épaisseur par le coefficient indiqué

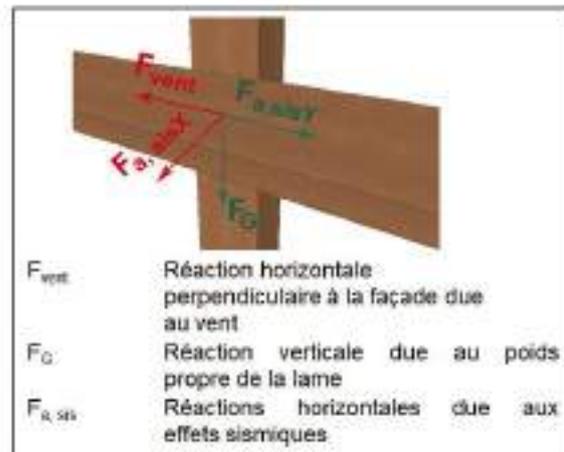
■ Configuration 1.3 - Hauteur = 10 m

Figure 17 : Configuration 1.3 - Hauteur = 10 m
/ Réactions non pondérées à l'appui central
(3 appuis)

Hypothèses
Dimensions
 $l/e = 4$ Avec
 l Largeur de la lame
 e épaisseur de la lame

Caractéristique mécaniques bois
 Classe D40 / $\rho_{dry} = 660 \text{ daN/m}^3$

Données sismiques
 Zone de sismicité 4
 Classe de sol E
 Coefficient de comportement $q_s = 2$



Dimensions en mm / Efforts en daN

Portée		900		$e = 39$		$l = 159$	
3 Appuis		Hauteur de référence (Z _e) = 13m					
Zone	F_{vent}					$F_{R, sis}$	G
	0	II	IIIa	IIIb	IV		
1	30	24	19	15	13	5	5
2	36	29	23	17	16		
3	42	34	27	21	19		
4	SO	40	31	24	22		

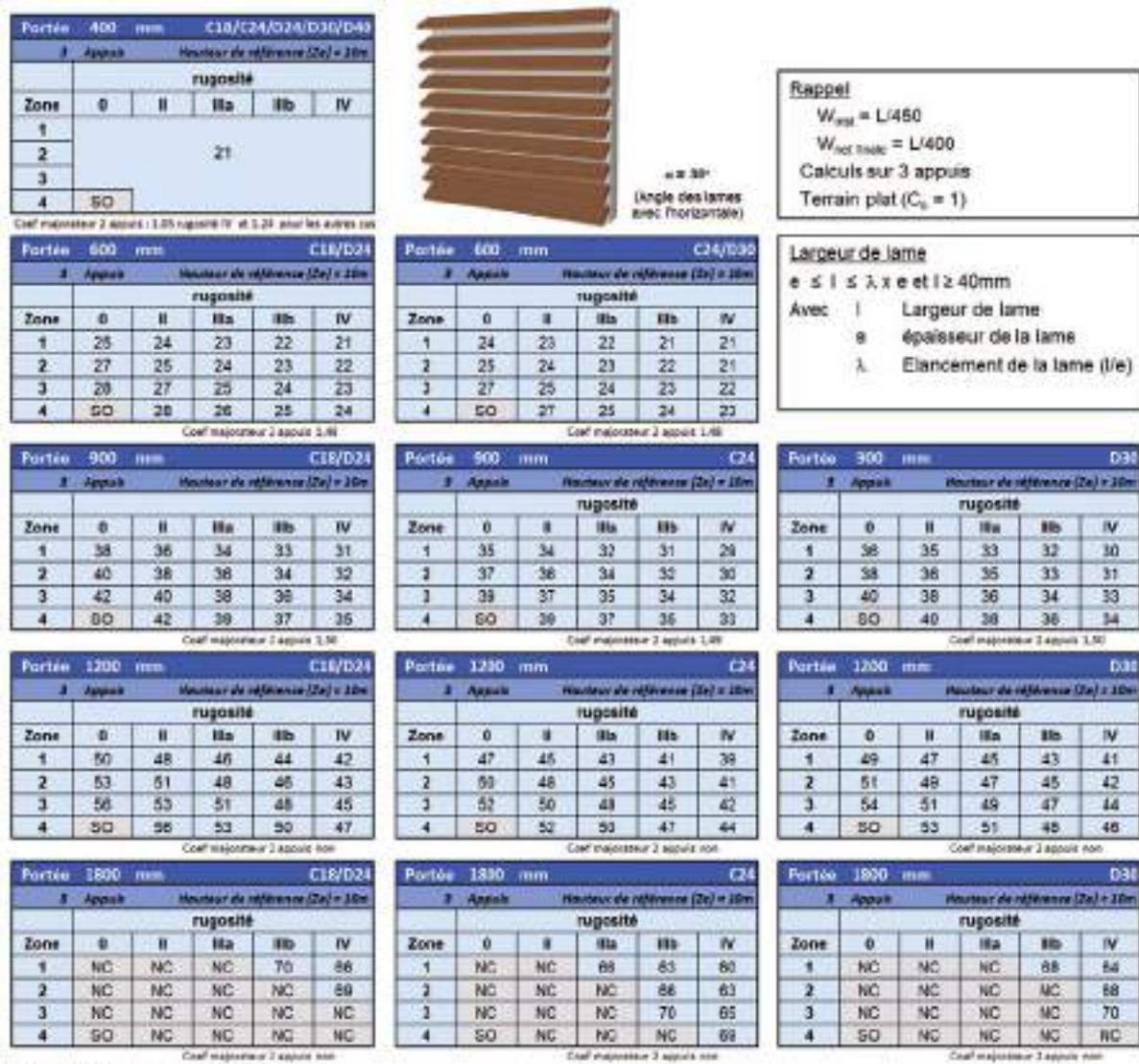
Portée		1200		mm		$e = 53$		$l = 217$	
3 Appuis		Hauteur de référence (Z _e) = 20m							
Zone	F_{vent}					$F_{R, sis}$	G		
	0	II	IIIa	IIIb	IV				
1	55	44	35	27	24	13	11		
2	65	53	41	32	29				
3	76	62	48	37	34				
4	SO	72	56	43	39				

Portée		1800		$e = 70$		$l = 280$	
3 Appuis		Hauteur de référence (Z _e) = 29m					
Zone	F_{vent}					$F_{R, sis}$	G
	0	II	IIIa	IIIb	IV		
1	109	88	69	53	48	33	29
2	129	104	82	63	58		
3	152	123	96	74	68		
4	SO	142	111	86	78		

SO : Sans objet

■ Configuration 1.3 - Hauteur de référence (Ze) = 28 m

Figure 18 : Configuration 1.3 - Hauteur de référence (Ze) = 28 m / Epaisseur minimale des lames (mm) en fonction de la portée et de la pression de vent



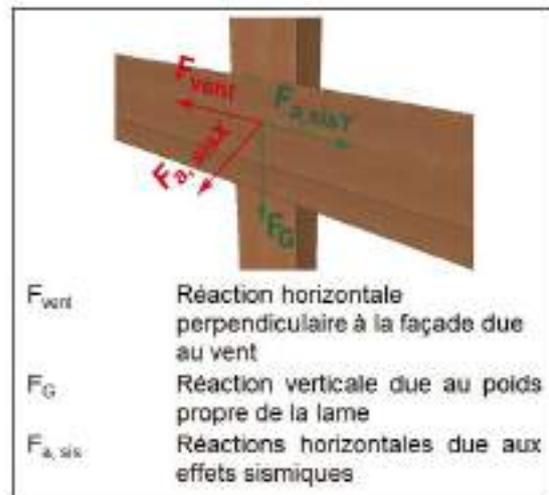
NC : Non Conforme / SO : Sans objet

Coef majorateur 2 appuis : Dans le cas d'une lame mise en oeuvre sur 2 appuis, multiplier l'épaisseur par le coefficient indiqué

■ Configuration 1.3 - Hauteur = 28 m

Figure 19 : Configuration 1.3 - Hauteur = 28 m
/ Réactions non pondérées à l'appui central
(3 appuis)

Hypothèses	
<u>Dimensions</u>	
$l/e = 4$	Avec l Largeur de la lame e épaisseur de la lame
<u>Caractéristique mécaniques bois</u>	
Classe D40 / $\rho_{moy} = 660 \text{ daN/m}^3$	
<u>Données sismiques</u>	
Zone de sismicité 4	
Classe de sol E	
Coefficient de comportement $\alpha_u = 2$	



Dimensions en mm / Efforts en daN

Portée		900	e = 42		l = 168				
		3 Appuis						Hauteur de référence (Z _e) = 28m	
Zone	F_{vent}					$F_{a, s/s}$	G		
	0	II	IIIa	IIIb	IV				
1	40	34	29	24	19	6	5		
2	47	41	34	28	23				
3	55	48	40	33	27				
4	SO	55	46	38	31				

Portée		1200	mm		e = 56		l = 224			
		3 Appuis						Hauteur de référence (Z _e) = 28m		
Zone	F_{vent}					$F_{a, s/s}$	G			
	0	II	IIIa	IIIb	IV					
1	70	61	51	42	34	14	12			
2	84	72	60	50	40					
3	98	85	71	59	47					
4	SO	98	82	68	55					

Portée		1800	e = 70		l = 280				
		3 Appuis						Hauteur de référence (Z _e) = 28m	
Zone	F_{vent}					$F_{a, s/s}$	G		
	0	II	IIIa	IIIb	IV				
1	132	114	95	79	64	33	29		
2	157	135	113	94	76				
3	184	159	133	110	89				
4	SO	184	154	127	103				

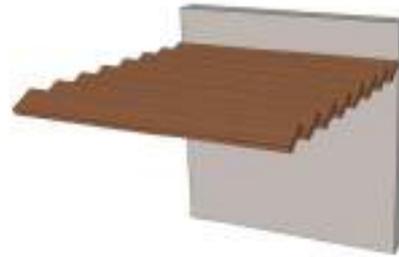
SO : Sans objet

■ Configuration 2.1

Figure 20 : Configuration 2.1 / Epaisseur minimale des lames (mm) en fonction de la portée, de la charge de neige, et de la largeur des lames

Rappel
 $W_{red} = L/450$
 $W_{red finale} = L/400$
 Calculs sur 3 appuis
 Pas de sollicitations au vent

ATTENTION : Pour prendre en compte les charges de vent, combiner les valeurs ci-dessous avec les tableaux de la configuration 1.3 "Ouvrage perpendiculaire au plan de façade / Lames 30°" en considérant la section la plus défavorable.



Epaisseur minimale (mm)



Largeur de lame = Epaisseur de lame

SANS ACCUMULATION DE NEIGE $\mu = 0,8$

Portée 600 mm	Zone					C18
	A	B	C	D	E	
Alt (m) ≤ 200	24	25	25	28	28	
≤ 500	28	28	27	28	30	
≤ 900	28	29	29	30	34	

Coef majorateur 2 appuis 1,43

Portée 900 mm	Zone					C18
	A	B	C	D	E	
Alt (m) ≤ 200	35	36	37	39	41	
≤ 500	38	38	39	40	44	
≤ 900	41	42	42	43	49	

Coef majorateur 2 appuis 1,46

Portée 1200 mm	Zone					C18
	A	B	C	D	E	
Alt (m) ≤ 200	47	48	49	51	55	
≤ 500	50	51	52	53	58	
≤ 900	54	55	56	57	65	

Coef majorateur 2 appuis NC

AVEC ACCUMULATION DE NEIGE $\mu = 2,8$

Portée 600 mm	Zone					C18
	A	B	C	D	E	
Alt (m) ≤ 200	29	30	31	34	38	
≤ 500	32	33	34	36	40	
≤ 900	37	38	39	40	47	

Coef majorateur 2 appuis 1,38

Portée 900 mm	Zone					C18
	A	B	C	D	E	
Alt (m) ≤ 200	42	44	46	49	55	
≤ 500	47	48	50	52	59	
≤ 900	54	55	56	58	70	

Coef majorateur 2 appuis NC

Portée 1200 mm	Zone					C18
	A	B	C	D	E	
Alt (m) ≤ 200	58	58	60	65		
≤ 500	62	64	65	70		
≤ 900						NON CONFORME

Coef majorateur 2 appuis NC

Epaisseur minimale (mm)



Largeur de lame x 4 = Epaisseur de lame

SANS ACCUMULATION DE NEIGE $\mu = 0,8$

Portée 600 mm	Zone					C18
	A	B	C	D	E	
Alt (m) ≤ 200	22	23	23	24	26	
≤ 500	23	24	24	25	26	
≤ 900	25	25	25	28	29	

Coef majorateur 2 appuis 1,45

Portée 900 mm	Zone					C18
	A	B	C	D	E	
Alt (m) ≤ 200	33	34	34	36	37	
≤ 500	35	35	35	38	39	
≤ 900	37	37	38	39	43	

Coef majorateur 2 appuis 1,47

Portée 1200 mm	Zone					C18
	A	B	C	D	E	
Alt (m) ≤ 200	45	45	46	47	49	
≤ 500	46	47	47	48	51	
≤ 900	49	50	50	51	56	

Coef majorateur 2 appuis NC

AVEC ACCUMULATION DE NEIGE $\mu = 2,8$

Portée 600 mm	Zone					C18
	A	B	C	D	E	
Alt (m) ≤ 200	25	26	27	29	31	
≤ 500	28	28	29	30	34	
≤ 900	31	32	32	33	39	

Coef majorateur 2 appuis 1,44

Portée 900 mm	Zone					C18
	A	B	C	D	E	
Alt (m) ≤ 200	38	39	40	42	46	
≤ 500	41	42	43	45	49	
≤ 900	46	47	47	49	57	

Coef majorateur 2 appuis NC

Portée 1200 mm	Zone					C18
	A	B	C	D	E	
Alt (m) ≤ 200	50	52	53	56	61	
≤ 500	54	56	57	59	65	
≤ 900	61	62	63	65	NC	

Coef majorateur 2 appuis NC

μ Coefficient de forme pour la charge de neige au regard de la NF EN 1991 Partie 1-3.

NC Non Conforme

Coef majorateur 2 appuis : Dans le cas d'une lame mise en oeuvre sur 2 appuis, multiplier l'épaisseur par le coefficient indiqué

Figure 21 : Configuration 2.1 / Réactions non pondérées de la neige à l'appui central (3 appuis)

Réaction Verticale de la neige $F_{ed, neige}$ en daN
Réaction à l'appui central (3 appuis)

Largeur de lame x 4 = Epaisseur de lame

SANS ACCUMULATION DE NEIGE $\mu = 0,8$

Portée	500 mm					C18
	Zone					
Alt (m)	A	B	C	D	E	
≤ 200	3	3	4	5	8	
≤ 500	5	5	6	7	12	
≤ 900	8	8	9	11	24	

Portée	590 mm					C18
	Zone					
Alt (m)	A	B	C	D	E	
≤ 200	4	6	7	10	17	
≤ 500	8	10	11	14	24	
≤ 900	17	18	20	23	49	

Portée	1200 mm					C18
	Zone					
Alt (m)	A	B	C	D	E	
≤ 200	8	10	12	17	29	
≤ 500	14	18	19	25	42	
≤ 900	28	31	33	40	84	

AVEC ACCUMULATION DE NEIGE $\mu = 2,8$

Portée	500 mm					C18
	Zone					
Alt (m)	A	B	C	D	E	
≤ 200	10	13	15	23	40	
≤ 500	18	22	24	32	56	
≤ 900	38	42	46	55	114	

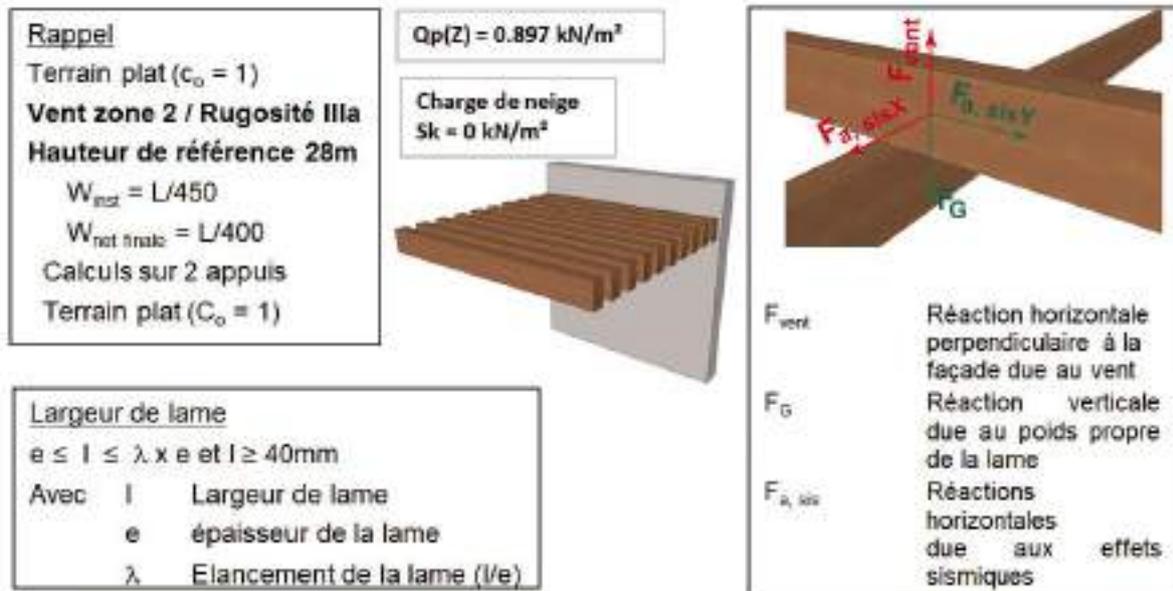
Portée	590 mm					C18
	Zone					
Alt (m)	A	B	C	D	E	
≤ 200	20	26	31	47	83	
≤ 500	38	44	50	68	118	
≤ 900	80	87	95	115	244	

Portée	1200 mm					C18
	Zone					
Alt (m)	A	B	C	D	E	
≤ 200	34	44	54	81		
≤ 500	64	75	87	116		
≤ 900	NON CONFORME					

μ Coefficient de forme pour la charge de neige au regard de la NF EN 1991 Partie 1-3.

■ Configuration 2.2 - Hauteur de référence (Ze) = 28 m - Vent Zone 2 / Rugosité IIIa

Figure 22 : Configuration 2.2 - Hauteur de référence (Ze) = 28 m - Vent Zone 2 / Rugosité IIIa / Largeur minimale de la lame en fonction de son épaisseur



Largeur minimale des lames en mm								Réactions ^c		
portée mm	e mm	C18	C24	D24	D30	D40	Coeff ^a min. 2 appuis	F _{ed} (daN)		
		ou équivalent	ou équivalent	ou équivalent	ou équivalent	ou équivalent		Vent	Fa ₀₅	CP
≤ 1200	45	45	45	45	45	45	0.7 ^b	4	9	8
	≥ 60	e	e	e	e	e	0.9	10	16	14
1800	45	97	93	103	101	95	0,7	8	14	12
	60	100	94	104	102	98	0,7	11	24	21
	80	102	96	106	104	98	0,8	14	43	38
	100	102	100	106	106	100	1	17	67	59
	120	120	120	120	120	120	1	21	97	86
2800	45	163	155	177	175	165	0,7	20	21	19
	60	164	156	178	178	168	0,7	25	38	33
	80	168	158	182	180	170	0,7	33	67	59
	100	170	160	182	182	170	0,7	42	104	92
	120	172	162	184	182	172	0,7	50	150	133
3200	45	NC	NC	NC	NC	NC	-	-	-	-
	60	194	184	214	212	198	0,7	33	43	38
	80	196	186	216	214	200	0,7	43	76	68
	100	198	188	218	216	202	0,7	54	119	106
	120	200	190	218	216	204	0,7	65	172	152
3600	45	NC	NC	NC	NC	NC	-	-	-	-
	60	224	214	NC	NC	232	0,7	41	48	43
	80	228	218	252	250	236	0,7	54	86	76
	100	230	218	254	252	236	0,7	68	134	119
	120	232	220	254	252	238	0,7	82	193	171

NC : Non Conforme

a : à appliquer sur la largeur de lame

b : si entraxe ≥ 900mm

c : Réactions non pondérées à l'appuis central (3 appuis) considérées pour un Bois D40 $l/e = 4$ zone de sismicité 4 classe de sol E

Légende couleur - critère dimensionnant :

100 Limite $l > e$

NC Vent sur faible inertie
 Limite $l/e > 4$

123 Valeur mini Calculée

■ Configuration 2.2 - Hauteur de référence (Ze) = 28 m - Vent Zone 3 / Rugosité 0

Figure 23 : Configuration 2.2 - Hauteur de référence (Ze) = 28 m - Vent Zone 3 / Rugosité 0 / Largeur minimale de la lame en fonction de son épaisseur

Rappel

Terrain plat ($c_0 = 1$)

Vent zone 3 / Rugosité 0

Hauteur de référence 28m

$W_{inst} = L/450$

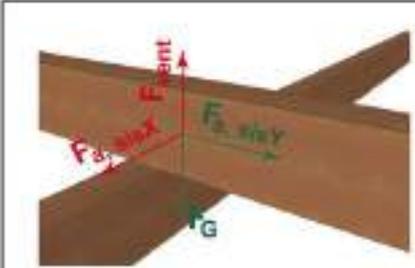
$W_{rot finale} = L/400$

Calculs sur 2 appuis

Terrain plat ($C_0 = 1$)

$Q_p(Z) = 1.202 \text{ kN/m}^2$

Charge de neige
 $S_k = 0 \text{ kN/m}^2$



Largeur de lame

$e \leq l \leq \lambda \times e$ et $l \geq 40 \text{ mm}$

Avec l Largeur de lame
 e épaisseur de la lame
 λ Elancement de la lame

portée mm	Largeur minimale des lames en mm							Réactions ^b		
	e mm	C18 ou équivalent	C24 ou équivalent	D24 ou équivalent	D30 ou équivalent	D40 ou équivalent	Coeff ^a min. 2 appuis	Fed (daN)		
		≥ 80	73	69	75	73		69	Vent	Fa ₂₅
≤ 1200	45	73	69	75	73	69	0,9	7	9	8
	60	76	72	76	74	70	1	16	16	14
	≥ 80	e	e	e	e	e	1		64	57
1800	45	111	105	113	113	107	0,7	13	14	12
	60	112	106	116	114	108	0,7	18	24	21
	80	116	110	118	116	110	0,7	23	43	38
	100	118	110	120	118	112	0,9	28	67	59
	120	120	120	122	120	120	1	34	97	86
2800	45	177	169	NC	NC	177	0,7	33	21	19
	60	182	172	191	190	180	0,7	41	38	33
	80	186	176	196	194	182	0,7	54	67	59
	100	188	178	198	196	184	0,7	68	104	92
	120	190	180	200	198	186	0,7	81	150	133
3200	45	NC	NC	NC	NC	NC	-	-	-	-
	60	212	200	226	224	212	0,7	54	43	38
	80	218	206	232	230	216	0,7	70	76	68
	100	220	208	234	232	218	0,7	88	119	106
	120	222	210	236	232	220	0,7	106	172	152
3600	45	NC	NC	NC	NC	NC	-	-	-	-
	60	242	230	NC	NC	244	0,7	67	48	43
	80	248	236	268	264	250	0,7	88	86	76
	100	252	238	270	268	252	0,7	111	134	119
	120	254	240	272	270	252	0,7	134	193	171

NC : Non Conforme

a : à appliquer sur la largeur de lame

b : Réactions non pondérées à l'appuis central (3 appuis) considérées pour un Bois D40 l/e = 4 zone de sismicité 4 classe de sol E

Légende couleur - critère dimensionnant :

- 100 Limite $l > e$
- NC Vent sur faible inertie
Limite $l/e > 4$
- 123 Valeur mini Calculée

6.4 Fixations

6.4.1 Fixations des lames sur ossature secondaire en bois

Les dispositions suivantes doivent être respectées :

- 1. les lames sont purgées d'aubier en cas d'absence de traitement de préservation ;
 - 2. :
 - épaisseur ≥ 21 mm et largeur entre 40 et 60 mm ; fixation avec 1 pointe par appui et entraxe des appuis ≤ 40 cm
 - épaisseur ≥ 21 mm et largeur ≥ 60 mm ; fixation avec 2 pointes par appui et entraxe des appuis ≤ 65 cm ;
 - 3. tasseaux de section minimale pour répondre aux exigences des doubles fixations des joints de lames et l'enfoncement des pointes des lames, avec une largeur minimale de 60 mm et une épaisseur minimale de $1,5 \times$ épaisseur de la lame lorsque l'épaisseur est au maximum de 30 mm ; calculs au cas par cas pour des épaisseurs plus importantes.
 - 4. La fixation doit être placée à une distance au bord de la lame d'au moins 15 mm.
 - 5. La longueur de pénétration des fixations pour les lames sur chant en fixation par la sous-face est au moins égale à $2/3$ de l (voir Figure 25).
- Exemples de fixations sur ossature secondaire en bois

Figure 24 : Configuration 1.1 -
Lame à plat sur ossature
secondaire en bois

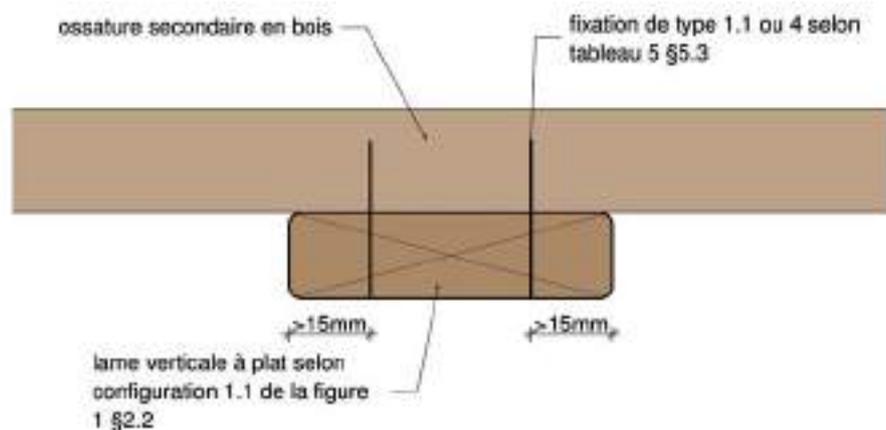


Figure 25 : Configuration 1.2 -
Lame sur chant sur ossature
secondaire en bois

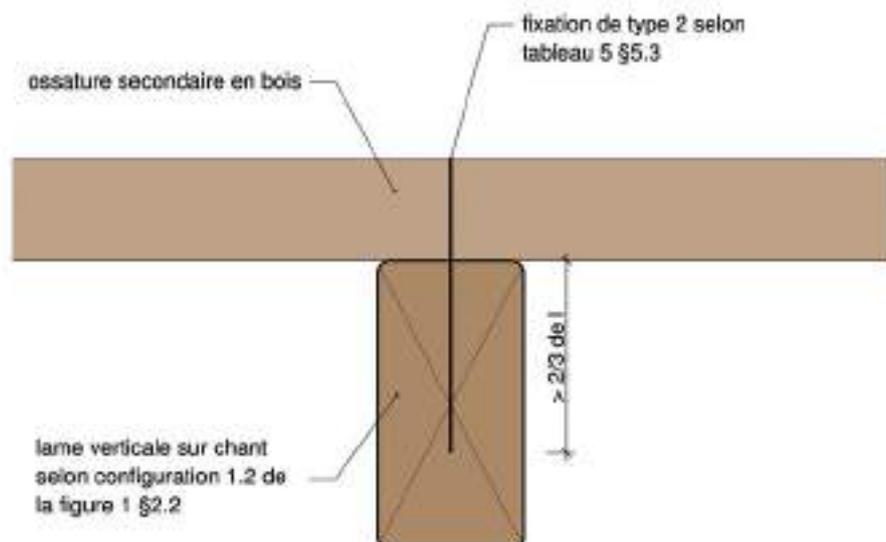
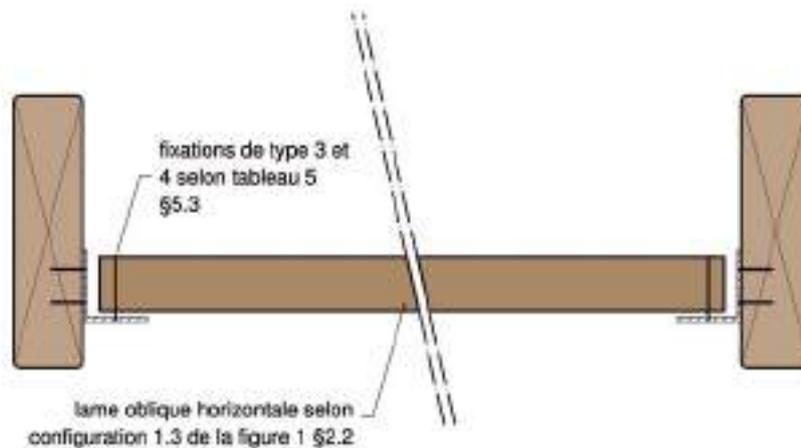


Figure 26 : Configuration 1.3 -
Lame oblique sur ossature
secondaire en bois



6.4.2 Fixations des lames sur ossature secondaire en métal

Les liaisons bois / métal peuvent être réalisées par boulonnage avec un pré perçage du bois et du métal avant assemblage.

La fixation inox par vis auto perceuse se fera sur une ossature secondaire en aluminium.

- Exemples de fixations sur ossature secondaire en métal

Figure 27 : Configuration 1.1 -
Lame à plat sur ossature
secondaire en métal

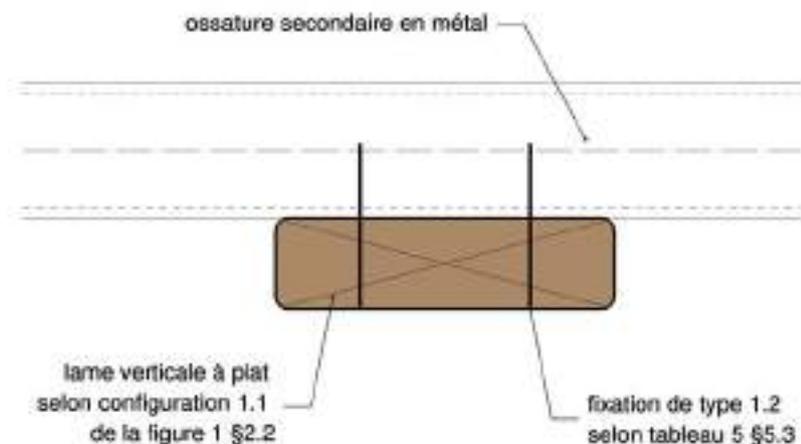


Figure 28 : Configuration 1.2 -
Lame sur chant sur ossature
secondaire en métal

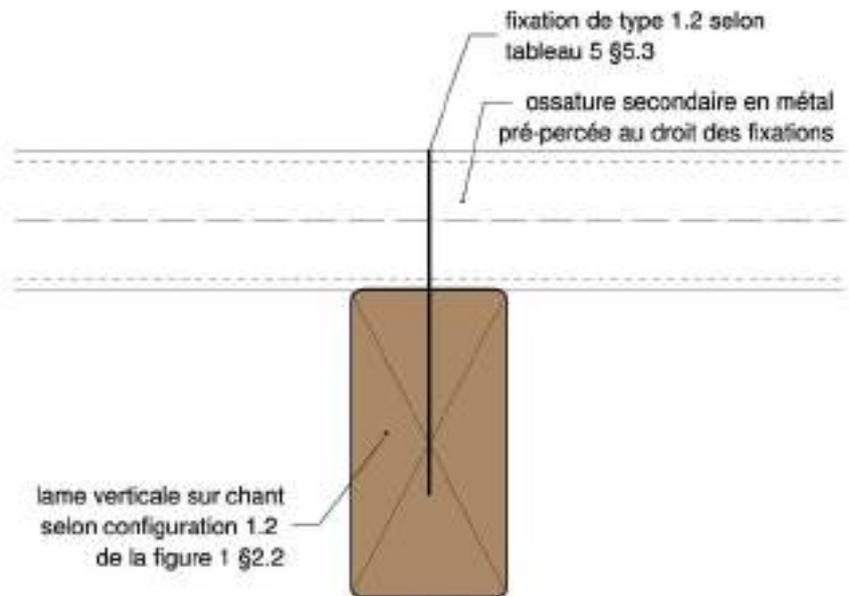
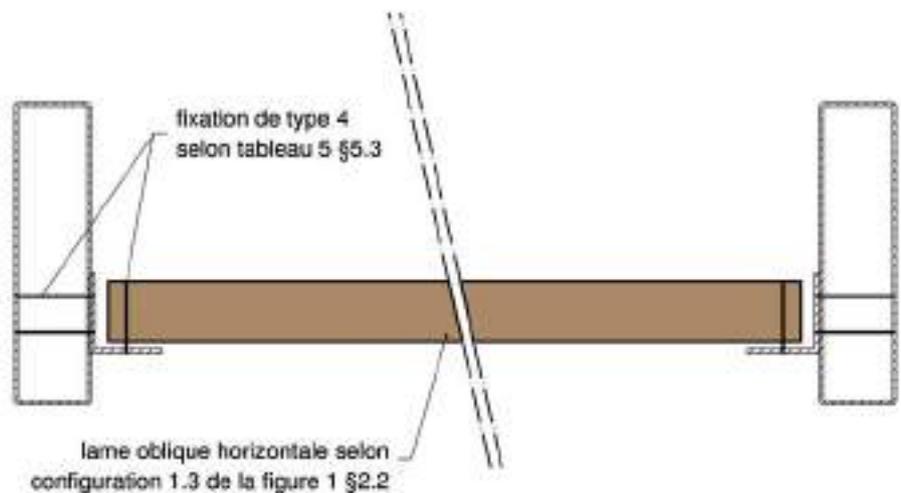


Figure 29 : Configuration 1.3 -
Lame oblique sur ossature
secondaire en métal



6.4.3 Ancrages des ouvrages

Les fixations de l'ossature secondaire sur le support, doivent être choisies compte tenu des conditions d'exposition au vent et de leur valeur de résistance de calcul à l'arrachement dans le support considéré.

■ Ancrages des ouvrages sur bois et métal

Les organes destinés à l'ancrage des ouvrages sur support bois ou métal sont les organes de type tiges décrit à l'item 4 dans le Tableau 5 du §5.3.

■ Ancrages des ouvrages sur béton

Dans le cas de supports en béton plein de granulats courants ou maçonneries, la résistance à l'état limite ultime des chevilles sera calculée selon l'ATE ou ETE selon les ETAG 001, 020 ou 029.

Dans le cas de supports dont les caractéristiques sont inconnues, la résistance à l'état limite ultime des chevilles sera vérifiée par une reconnaissance préalable, conformément au document « Détermination sur chantier de la résistance à l'état limite ultime d'une fixation mécanique de bardage rapporté » (Cahier du CSTB 1661-V2).

■ Exemples d'ancrages sur béton

Figure 30 : Configuration 1.2 -
ancrage par équerre
sur support béton

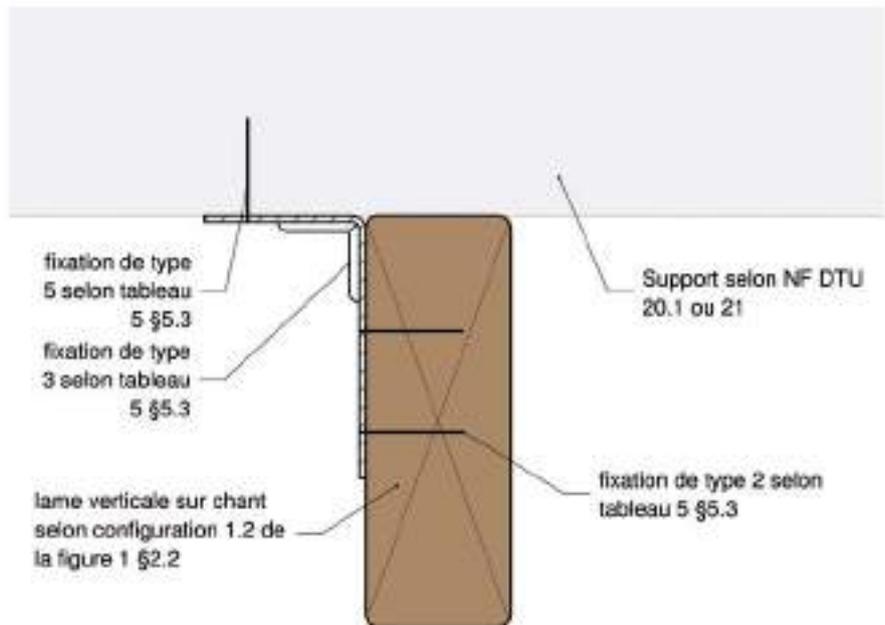
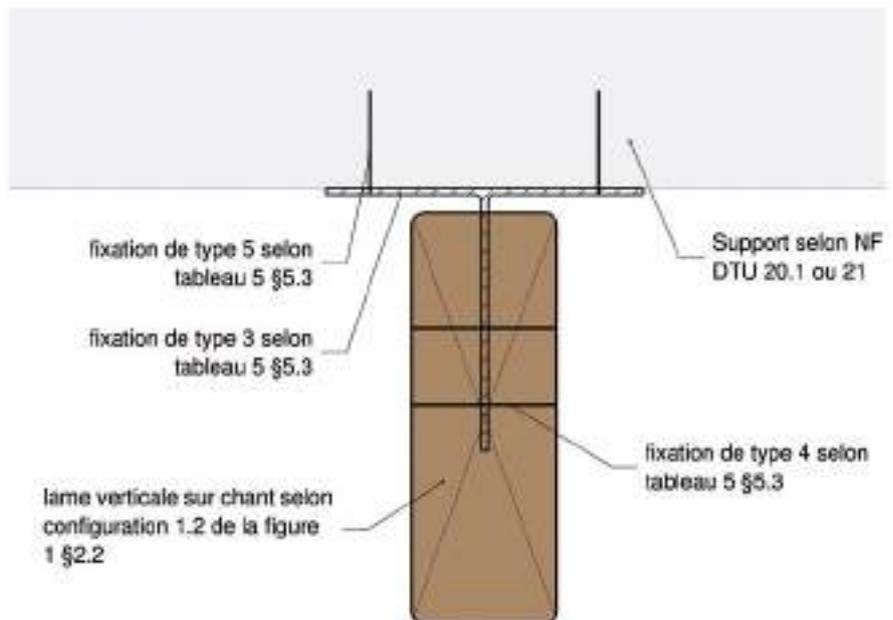


Figure 31 : Configuration 1.2 -
ancrage par étrier en âme
sur support béton



6.5 Maitrise de la durabilité

6.5.1 Maîtrise de la durabilité des ouvrages bois

■ Généralités

Les bois utilisés doivent présenter une durabilité correspondant à minima à la classe d'emploi définie dans les tableaux ci-après.

Pour les bois à durabilité naturelle, sont concernées les essences à aubier et duramen (bois parfait) distincts dont ce dernier est réputé durable pour la classe d'emploi considéré selon le FD P 20-651 pour la catégorie L1 au minimum.

Les lames sont totalement purgées d'aubier en cas d'absence de traitement de préservation.

Pour les bois à durabilité conférée, il faut conférer au bois une durabilité correspondant à la classe d'emploi souhaitée (selon NF DTU 41.2 P1-2 annexe D, hors DROM).

NOTE 1

Les DPM définissent les conditions d'acceptation sur chantier des lames à durabilité conférée ; à défaut, on applique l'annexe G du DTU 41.2 P1-2.

NOTE 2

La certification CTB B+ atteste de l'efficacité et de l'aptitude à l'usage des produits qui s'expriment par une durabilité suffisante dans leur fonction (fongicide et/ou insecticide) pour une classe d'emploi donnée.

Le traitement de préservation est réalisé après usinage. Les seuls usinages permis pour les parties d'ouvrages en bois à durabilité conférée sont le perçage, le tronçonnage, l'entaillage et la coupe de longueur. Il est toutefois préférable d'éviter ces usinages si ceux-ci peuvent être prévus en préfabrication.

Au cas où l'un de ces usinages serait pratiqué, il convient de prévoir un traitement complémentaire par badigeonnage à l'aide d'un produit adapté (selon préconisations du fournisseur du bois traité) pour la classe d'emploi des bois, conformément à la norme NF EN 599-1.

- Affectation des classes d'emploi en fonction de la typologie de mise en œuvre des lames (parties courantes)

Cas 1.1 et 1.2 - pose verticale sur ossature secondaire horizontale (parties courantes)

Figure 32 : Coupe horizontale - lame à plat – pose directe sur ossature secondaire



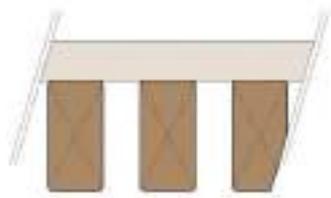
Massivité	Conception	Condition climatique		
		SEC	MODÉRÉ	HUMIDE
Classe d'emploi				
Faible $e \leq 28 \text{ mm}$	Piégeante	3.1	3.2	3.2
Moyenne $28 < e \leq 75 \text{ mm}$		3.1	3.2	4

Figure 33 : Coupe horizontale - lame à plat – décollée de l'ossature secondaire



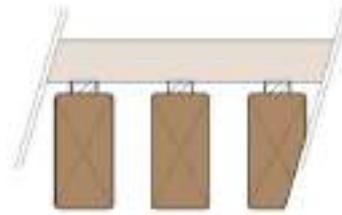
Massivité	Conception	Condition climatique		
		sec	modéré	humide
Classe d'emploi				
Faible $e \leq 28 \text{ mm}$	Drainante	3.1	3.1	3.1
Moyenne $28 < e \leq 75 \text{ mm}$		3.1	3.1	3.2

Figure 34 : Coupe horizontale - lame sur chant – pose directe sur ossature secondaire



Massivité	Conception	Condition climatique		
		SEC	MODÉRÉ	HUMIDE
Classe d'emploi				
Moyenne $28 < e \leq 75 \text{ mm}$	Piégeante	3.1	3.2	4
Forte $75 \text{ mm} < e$				

Figure 35 : Coupe horizontale -
lame sur chant – pose décollée
de l’ossature secondaire



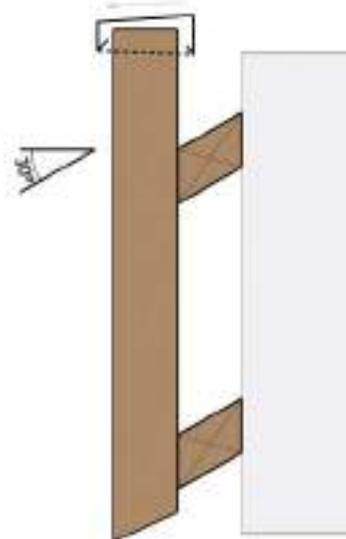
Massivité	Conception	Condition climatique		
		SEC	MODÉRÉ	HUMIDE
		Classe d'emploi		
Moyenne $28 < e \leq 75$ mm	Drainante	3.1	3.1	3.2
Forte $75 \text{ mm} < e$				

→ Dispositions complémentaires communes à l’affectation des classes d’emploi (points singuliers)

En plus des affectations précisées précédemment, il convient de respecter quelques dispositions complémentaires pour satisfaire aux classes d’emplois définies :

- les extrémités en parties hautes des lames devront être protégées par un capotage ventilé et durable. Il peut s’agir d’un élément isolé (capuchon), ou d’un débord de toiture ou d’un prolongement de la couverture d’un acrotère ;
- pour les lames de massivité faible ($e \leq 28 \text{ mm}$), celles-ci peuvent comporter sur leur partie supérieure un angle d’au moins 30° vers l’extérieur ;
- les extrémités en partie basse devront former une goutte d’eau.

Figure 36 : Coupe verticale -
lame sur chant



Cas 1.1 - pose horizontale sur ossature secondaire verticale (parties courantes)

Figure 37 : Coupe horizontale -
lame à plat – pose directe
sur ossature secondaire



Massivité	Conception	Condition climatique		
		SEC	MODÉRÉ	HUMIDE
		Classe d'emploi		
Faible $e \leq 28$ mm	Moyenne	3.1	3.1	3.2
Moyenne $28 < e \leq 75$ mm				

Figure 38 : Coupe horizontale -
lame à plat – décollée
de l'ossature secondaire



Massivité	Conception	Condition climatique		
		SEC	MODÉRÉ	HUMIDE
		Classe d'emploi		
Faible $e \leq 28$ mm	Drainante	3.1	3.1	3.2
Moyenne $28 < e \leq 75$ mm				

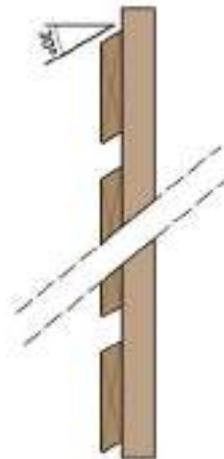
→ Dispositions complémentaires communes à l'affectation des classes d'emploi (points singuliers)

- Les lames horizontales doivent comporter sur les parties supérieures et inférieures, un angle d'au moins 30° vers l'extérieur, afin d'assurer le bon écoulement de l'eau en partie haute et former une goutte d'eau en partie basse.

NOTE

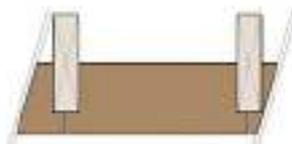
Lorsque le vide entre lame est inférieur à 10 mm, il convient de se rapporter à l'Annexe A du NF DTU 41.2.

Figure 39 : Coupe verticale -
lame à plat



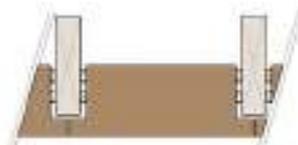
Cas 1.3 – pose horizontale sur ossature secondaire verticale (parties courantes)

Figure 40 : Coupe horizontale -
lame oblique – en contact direct
avec l'ossature secondaire



Massivité	Conception	Condition climatique		
		SEC	MODÉRÉ	HUMIDE
		Classe d'emploi		
Faible $e \leq 28$ mm	Piégante	3.1	3.2	3.2
Moyenne $28 < e \leq 75$ mm	Piégante	3.1	3.2	4

Figure 41 : Coupe horizontale -
lame oblique – décollée
de l'ossature secondaire

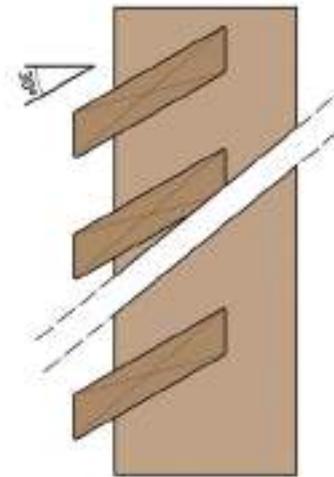


Massivité	Conception	Condition climatique		
		SEC	MODÉRÉ	HUMIDE
		Classe d'emploi		
Faible $e \leq 28$ mm	Drainante	3.1	3.1	3.1
Moyenne $28 < e \leq 75$ mm	Drainante	3.1	3.1	3.2

→ Dispositions complémentaires communes à l'affectation des classes d'emploi (points singuliers)

- Les lames horizontales doivent comporter sur les parties supérieures et inférieures, un angle d'au moins 30° vers l'extérieur, afin d'assurer le bon écoulement de l'eau en partie haute et former une goutte d'eau en partie basse.

Figure 42 : Coupe verticale - lame oblique



Afin d'obtenir une solution adaptée, il convient d'associer l'affectation de la classe d'emploi des lames aux dispositions décrites au §5.1.2 du présent document.

- Affectation des classes d'emploi des ossatures secondaires
 - L'exigence minimale de durabilité des ossatures secondaires doit être égale à celle des lames, dans la mesure où les ossatures sont désolidarisées du support d'au moins 5 mm ;
 - dans le cas contraire, on affectera à l'ossature secondaire une classe d'emploi de niveau supérieur à celle de la lame ;
 - ex : cas des ossatures secondaires en contact direct avec le support ;
 - le traitement en partie supérieure des ossatures secondaires verticales non protégées en tête fait l'objet d'un capotage analogue à celles des lames verticales tel que mentionné en figure 35 ;
 - les ossatures secondaires horizontales doivent comporter sur leurs parties supérieures, un angle d'au moins 30° vers l'extérieur.

6.5.2 Maîtrise de la durabilité des parties d'ouvrages métalliques

La pérennité de l'élément rapporté doit être assurée par sa bonne conception. Pour les éléments métalliques visés par ce guide, cela consiste essentiellement à prévenir l'apparition de corrosion.

Cet objectif peut être atteint par l'utilisation de matériaux spécifiques dont la résistance à la corrosion est supérieure à celle de l'acier au carbone (acier inoxydable, acier autopatinable, aluminium,...) ou par la protection des éléments (peinture, galvanisation, ...). Ces questions sont abordées dans la partie 5.2 du présent guide.

Au-delà d'une question de durabilité, l'utilisation de matériaux résistants à la corrosion peut être dictée par un choix esthétique ou architectural, ou une recherche de gain de poids pour le cas de l'aluminium. Le concepteur devra se reporter à la norme NF EN 1993-1-4 pour l'acier inoxydable et à la NF EN 1999-1-1 pour l'aluminium (l'acier autopatinable suivant la NF EN 10025-5 est couvert par la NF EN 1993-1-1). En cas d'utilisation de métaux différents, il convient d'éviter tout risque de corrosion galvanique (« effet de pile ») par l'interposition d'éléments isolants (électriquement).

6.6. Dilatation thermique des métaux

Les parties métalliques des éléments brise-soleil sont susceptibles de subir des modifications géométriques consécutives aux variations de température. Il est généralement envisagé qu'un élément en acier exposé à la température extérieure peut subir une variation de longueur de l'ordre de $\pm 0,5$ mm par mètre de longueur. Cette valeur est doublée pour les éléments en aluminium (± 1 mm par mètre de longueur).

Ce phénomène doit être pris en compte dans les calculs lorsque la conception prévoit des éléments en acier de longueur supérieure à 4 m (2 m pour l'aluminium). Dans ce cas, il est recommandé d'éviter le bridage des éléments par des dispositions constructives adaptées (trous oblongs, etc.).

6.7 Sécurité incendie

■ Stabilité au feu de la structure porteuse

Il n'y a pas d'exigence particulière de sécurité incendie applicable aux brise-soleil ou autre élément non structural de dimensions courantes tels que définis dans le présent guide.

■ Résistance à la propagation verticale du feu par les façades

Afin de limiter le risque de propagation du feu, des exigences en termes de résistance à la propagation du feu sont habituellement imposées aux façades de bâtiments comportant des ouvertures (baies vitrées..), et par conséquent aux éléments rapportés sur ces façades.

Les éléments en bois ou à base de bois définis dans ces recommandations professionnelles contribuent à la propagation du feu par les façades et il y a lieu de vérifier au cas par cas si les exigences de l'IT 249 s'appliquent et si des justifications vis-à-vis de ces exigences sont à apporter.

6.8 Maîtrise de l'intégrité de l'étanchéité à l'eau du support

Les éléments rapportés visés par le présent guide ne contribuent pas à l'étanchéité à l'eau de l'ouvrage. Néanmoins, les attaches de ces derniers sur le support doivent traverser le système d'étanchéité à l'eau de la façade (pare-pluie, bardage, enduit, ...) et génèrent donc des plans de liaison propices à l'infiltration d'eau dans la façade.

Il convient d'éviter toute infiltration d'eau au sein du complexe d'enveloppe de la façade, de façon à assurer une bonne durabilité aux matériaux. Ceci implique un traitement soigné de cette zone d'attache par le responsable de la réalisation de l'étanchéité.

Par défaut, le responsable du maintien de l'étanchéité du support est le titulaire du lot « éléments rapportés ».

Ainsi, il convient au préalable, que lors des phases de conception, une synthèse soit réalisée entre le titulaire du lot « gros œuvre », le lot « façade » et le responsable du lot « éléments rapportés » (surtout si celui-ci est différent du lot « façade »). Le type de fixation de l'élément rapporté devra être communiqué et clairement défini pour que les titulaires des 2 lots précités définissent ensemble un dispositif d'étanchéité du support.

NOTE

Il est signalé, qu'une malfaçon constructive à ce niveau peut induire des désordres graves de fonctionnement de la liaison. En plus des phénomènes de corrosion résultant de la présence d'eau, la liaison peut être soumise à des cycles de gel/dégel mettant en cause le principe même de résistance de l'appareil de liaison.

Dans le cas de construction support en bois, un défaut du plan d'étanchéité peut occasionner une augmentation du risque fongique et porter atteinte à l'intégrité structurelle du bâtiment.

6.9 Finition

Une finition peut être choisie pour des raisons esthétiques (limitation du vieillissement de l'aspect du bois).

Si une finition est souhaitée, il convient de retenir un système de finition adapté (produit d'imprégnation non filmogène, lasure d'imprégnation ou huile par exemple...) ayant fait l'objet d'une évaluation de type correspondant à cet usage.

La présence et la nature d'une finition et les fonctions attendues parmi les suivantes doivent être précisées par les DPM.

NOTE 1

Il est rappelé que le §4.4 du FD P 20-651 précise, entre autre, que la protection apportée par le revêtement de finition ne peut pas être prise en considération pour modifier une classe d'emploi.

NOTE 2

Il convient de considérer que l'application de cette finition ne peut de façon durable, sans interventions répétées, éviter tout phénomène de vieillissement naturel de l'aspect du bois.

NOTE 3

Cette solution constitue une contrainte d'entretien qui peut être jugée inadaptée pour des surfaces importantes ou de forts trafics.

6.9.1 Pérennité d'aspect liée à l'action des intempéries (eau et UV)

Les produits de peinture et systèmes de peinture pour les éléments rapportés en bois (peintures et lasures) doivent être classés selon NF EN 927-1.

Ils doivent au minimum respecter les spécifications de performances définies pour les systèmes « stables » ou « semi-stables » dans NF EN 927-2.

Dans le cas d'une finition appliquée sur chantier, la finition devra être appliquée selon les prescriptions :

- des fiches techniques du système classé ;
- du NF DTU 59-1.

6.9.2 Pérennité d'aspect liée au bleuissement et au développement de moisissures

Ces fonctions de protection contre les champignons de bleuissement et de type moisissures sont assurées par des systèmes de finition classés selon NF EN 927 et des produits de traitement du bois, évalués pour leur action de protection du bois :

- pour leur action préventive anti-bleuissement fongique testée selon NF EN 152 et évaluée selon les exigences de spécifications décrites dans NF EN 599-1 ;
- pour leur action de protection contre le développement de moisissures, selon une adaptation des normes NF EN 152 ou X 41-547 et évaluée selon les exigences de spécifications décrites dans NF EN 599-1.

6.10 Spécifications pour fonctionnalités particulières

6.10.1 Fonction brise-soleil

■ Généralités

Le confort thermique des bâtiments est en partie lié à la protection des façades vis-à-vis des apports solaires. La gestion de ces apports solaires peut être optimisée grâce à des dispositifs particuliers, les brise-soleil, qui peuvent être fixes ou mobiles, horizontaux, obliques ou verticaux et qui protègent tant les parois vitrées que les parois opaques.

L'exposition solaire varie selon :

- la position du soleil qui varie suivant le moment (date et heure) et le lieu géographique (latitude) ;
- l'orientation de la façade (plus généralement la surface) considérée.

La conception d'un brise-soleil se fait à l'aide de 2 outils :

- le profil d'ombre de l'écran, qu'il soit vertical ou horizontal : représente les différents angles d'ombrages (angles à 100% ; 50% et 0%) d'une menuiserie ;
- le diagramme solaire : représente la position du soleil en fonction de la latitude, du jour et de l'heure solaire (actuellement, heure solaire = heure légale - 1h + correction de longitude, en hiver ou - 2h en été). Lorsque le diagramme n'est donné que par mois, il correspond au 15 du mois.

Exemple de correction de longitude : enlever 1/2 h à Brest, ajouter 1/2 h à Strasbourg.

Pour connaître l'impact de la conception, le profil d'ombre doit être superposé au diagramme solaire, au niveau de l'orientation de la fenêtre.

Les paramètres influents sur la conception d'un brise-soleil :

- la profondeur des lames ;
- l'entraxe des lames ;
- l'inclinaison (pour un brise-soleil horizontal, 30° minimum pour justifier d'une durabilité satisfaisante).

Le but des brise-soleil est d'éviter que le soleil atteigne la façade. Pour ce faire, plus les lames ont peu de profondeur plus il en faudra avec un entraxe petit.

L'inclinaison joue un rôle prépondérant. En effet, à surface constante, c'est lorsque le brise-soleil sera perpendiculaire aux rayons du soleil qu'il en arrêtera le plus. Mais le soleil n'est pas fixe.

On peut considérer que les brise-soleil seront le plus utiles au moment où le soleil apportera le plus d'énergie donc lorsqu'il sera le plus haut, vu la surface à protéger.

Pour les façades orientées du sud-est au sud-ouest, les choses sont assez simples : choisir des brise-soleil horizontaux (dans le sens longitudinal) avec une inclinaison par rapport à l'horizontale, dans le sens de la profondeur, égale à la latitude moins 23°.

D'un autre côté, pour éviter une stagnation d'eau néfaste pour la durabilité, il faut assurer une inclinaison minimum de 30° environ. Or, comme en France métropolitaine la latitude est comprise entre 42 et 51°, on sera amené à prendre une inclinaison de 30° (l'idéal sans tenir compte de la durabilité serait entre 19 et 28°) Pour les façades Est et Ouest, les brise-soleil horizontaux vont être peu efficaces car le soleil sera souvent assez proche de l'horizon. Il vaut mieux alors penser à des brise-soleil verticaux qui arrêteront les rayons de fin de matinée et début d'après-midi.

■ Alerte sur la casse thermique des produits verriers

La casse thermique est un phénomène qui peut avoir lieu sur des vitrages protégés par des brise-soleil. En effet, une partie du vitrage s'échauffe car elle est exposée aux rayons du soleil et une autre partie du vitrage reste froide car elle est située dans la zone ombragée. Cette différence d'exposition génère des contraintes de compression et de traction respectivement dans les parties chaude et froide du vitrage. Le verre étant moins résistant en traction qu'en compression, lorsque les contraintes de traction sont plus importantes que la contrainte de rupture du verre, le vitrage se brise.

Pour éviter au mieux ce phénomène, il convient d'adopter des verres durcis ou trempés qui résistent à des gradients de température plus importants. Mais également un verre qui a subi une opération de rodage de ses chants afin de limiter les amorces de rupture par sa périphérie.

La méthode de vérification des risques et le choix des produits verriers est définie dans le NF DTU 39 P3 - Travaux de bâtiment - Travaux de vitrerie-miroiterie - Partie 3 : Mémento calculs des contraintes thermiques.

6.10.2 Fonction garde-corps pour éléments rapportés en façade

Certains éléments rapportés décrits dans ce guide (claustra ayant un rôle de protection des personnes vis-à-vis des risques de chute dans le vide) doivent également intégrer une fonction garde-corps.

Dans ce cas, les éléments rapportés en façade répondent aux mêmes exigences que les ouvrages de garde-corps mentionnés dans les normes NF P 01-012 et NF P 01-013.

Les éléments devant assurer cette fonction doivent intégrer les exigences suivantes :

- le respect de spécifications géométriques destinées à créer une barrière pour un corps humain (enfant ou adulte) ;
- une résistance adéquate vis-à-vis d'actions spécifiques.

Les garde-corps mis en œuvre dans des locaux industriels ou techniques (NF E 85-015), sur des tribunes de stade (NF EN 13200-3) ou liés à des machines (NF EN ISO 14122-3) ne sont pas traités.

6.10.3 Fonction décorative

Lorsque l'élément rapporté en bois est utilisé pour habiller le bâtiment sans participer à son étanchéité, celui-ci est considéré comme ayant simplement une fonction décorative.

Il s'agit principalement de profilé massif ajouré, à distinguer des éléments ayant une fonction brise-soleil sur paroi opaque ou d'un bardage à claire-voie au sens du NF DTU 41.2.



7.1 Prescriptions générales

L'installation et l'exécution font l'objet de plans et documents suffisants pour définir entièrement les dispositions constructives à réaliser. Le cas échéant, ces plans portent la marque commerciale du procédé de fixation (ou rupteur thermique) avec la ou les références aux Avis Techniques et aux Certificats de qualification.

Pour ce qui est lié à la conception et à la réalisation, doivent apparaître :

- les données figurant dans les DPM (Documents Particuliers du Marché) ;
- la définition des éléments (poteaux, poutres, pannes, têtes de planchers, etc.) avec leur repérage ainsi que leur implantation dans la structure ;
- les conditions d'élingage et le levage des éléments ;
- les conditions de stockage ;
- les conditions de mise en œuvre des éléments, utilisation de gabarits, repérages, etc ;
- les conditions à respecter pour les appuis, ancrages, liaisons et continuités, notamment en ce qui concerne les armatures, qu'elles sortent en attente des éléments ou qu'elles soient à mettre en œuvre ;
- les tolérances d'exécution, en conformité avec les pièces du marché ;
- et, d'une façon générale, toutes les indications que le présent document ou les Avis Techniques font obligation de faire figurer sur les documents d'installation et d'exécution.

Ces indications figurent sur le « plan d'installation ». Celui-ci est établi soit par un bureau d'études, soit par le fabricant. Dans ce dernier cas, il s'agit d'un plan de préconisation de l'installation qui doit être validé et complété par le bureau d'études chargé de l'étude générale d'exécution du bâtiment.

L'attention du responsable de la construction (entreprise générale, maître d'œuvre, ... selon les cas) est attirée sur la nécessité de faire vérifier, au niveau des études, la compatibilité de la mise en œuvre des divers éléments et de faire assurer la coordination dans les cas où la construction est composée d'éléments préfabriqués provenant de fournisseurs différents.

Dans tous les cas, et pour tous les matériaux, il conviendra de mener toutes les vérifications nécessaires afin de confirmer que les hypothèses faites au niveau du calcul sont bien respectées sur le chantier. Ces vérifications devront être justifiées par les documents qualité disponibles sur le chantier : bordereau de livraison du béton, bordereau de livraison des aciers de construction, des aciers d'armature, des ossatures bois etc.

Dans tous les cas, et pour tous les matériaux, il conviendra de mener toutes les vérifications nécessaires afin de confirmer que les hypothèses faites au niveau du calcul sont bien respectées sur le chantier. Ces vérifications devront être justifiées par les documents qualité disponibles sur le chantier : bordereau de livraison du béton, bordereau de livraison des aciers de construction, des aciers d'armature, des ossatures bois etc.

7.2 Tolérances admissibles du support

7.2.1 Tolérances générales pour support béton

Les tolérances générales à respecter pour le support en béton sont données dans les normes afférentes au(x) technique(s) de construction utilisée(s), ainsi que dans les documents auxquels ces normes font elles-mêmes référence.

Pour les supports en béton, on se reportera au NF DTU 21 et à la norme NF EN 13670.

Les tolérances acceptables peuvent dépendre des types d'ouvrages. Il est donc important que l'accord sur les tolérances soit réalisé en amont de la réalisation sur chantier, c'est-à-dire dès la consultation des entreprises de gros œuvre.

Pour information, ci-dessous un extrait du NF DTU 21 et de la NF EN 13670 rappelant certaines tolérances applicables au support béton. Il convient de se référer aux textes entiers pour disposer de l'intégralité des tolérances.

Tableau 9 : Exemples de tolérances générales pour les bâtiments supports en béton de la NF EN 13670

Description	Limites
Planéité des surfaces coffrées (planéité mesurée à la règle de 2,0 m)	± 9 mm
Alignement en hauteur des poutres L = distance entre deux poutres adjacentes	± (L/500 + 10 mm)
Variation de niveau sur un plancher (hors fondations) L = distance entre deux bords d'un plancher	± (L/500 + 10 mm)
Déviations verticales entre étages H = hauteur entre deux étages consécutifs (H < 10 m)	max {H/400 ; 15 mm}
Cumul des déviations entre étages $\sum h_i$ = somme des hauteurs des n étages en dessus du niveau considéré	Min { $\sum h_i / (200 n^{1/2}) ; 50 \text{ mm}$ }
Distance entre deux niveaux consécutifs	± 20 mm
Position en plan du massif de fondation	± 25 mm

7.2.2 Tolérances générales pour support métallique

Les constructions métalliques doivent respecter le NF DTU 32.1 (acier), et les normes NF EN 1090-2 (acier) et NF EN 1090-3 (aluminium).

La concordance entre les normes du support et de l'élément rapporté facilite la gestion des interfaces entre les intervenants.

7.2.3 Tolérances générales pour support bois

Les constructions en charpente bois doivent respecter le NF DTU 31.1. Les tolérances sur les côtes d'implantation et celles sur les grandes dimensions de l'ouvrage sont égales à ± 0,1 % par rapport aux dimensions indiquées sur les plans d'exécution et sans excéder ± 30 mm.

Les cotes d'altimétrie au niveau des appuis doivent être respectées avec une tolérance de ± 10 mm par rapport à celles indiquées sur les plans d'exécution. Les aplombs sont réglés avec une tolérance de $\pm 2,5$ mm/m et sans excéder ± 25 mm.

Les constructions en ossatures bois doivent respecter le NF DTU 31.2. Les tolérances dimensionnelles des façades du bâtiment sont de ± 10 mm pour une longueur / hauteur de 10 m avec une tolérance cumulée inférieure à 30 mm.

La mise en œuvre des éléments de paroi ne doit pas conduire à les déformer. La planéité mesurée à la règle de 2 m entre deux éléments de structure de mur superposés (y compris de part et d'autre d'un plancher) ne révèle jamais une flèche supérieure à 5 mm, sauf si ces éléments sont décalés pour former un larmier.

La concordance entre les normes du support et de l'élément rapporté facilite la gestion des interfaces entre les intervenants.

7.2.4 Tolérances générales de l'ouvrage fini

Tableau 10 : Tolérances dimensionnelles et d'implantation des ouvrages bois

Critères	Tolérances
Planéité locale de surface des lames	5 mm / 2 m
Verticalité globale des éléments rapportés	≤ 10 mm / 10 m
Désaffleurement en tous points d'une lame à l'autre	≤ 4 mm
Variation de l'écartement entre deux lames contiguës (en tous points)	≤ 3 mm / 2 m
Différence entre le plus grand et le plus petit écartement entre lames sur un même ouvrage	≤ 5 mm

7.2.5 Ouvrage Complémentaire d'Interface Localisé (OCIL)

Ce chapitre particulier évoque l'éventuelle nécessité de prévoir un ouvrage complémentaire, entre parties d'ouvrage conformes aux prescriptions de leurs NF DTU respectifs, pour atteindre les performances attendues de l'ouvrage global. Ces dernières peuvent être : mécaniques, thermiques, acoustiques, environnementales, incendie, étanchéité,...

Par nature, l'ouvrage complémentaire d'interface localisé (OCIL) concerne des dispositions locales ou localisées. Il s'intègre dans la conception initiale de l'ouvrage ou de la partie d'ouvrage et n'entre pas dans une approche de réparation de l'ouvrage.

L'ouvrage complémentaire d'interface localisé complète les recommandations des NF DTU relatifs aux ouvrages support et aux ouvrages supportés.

Au jour de la parution du présent document, une norme expérimentale (XP DTU P 18-202) qui précise les règles à respecter ainsi que les exigences minimales applicables par défaut pour réaliser les OCIL est en cours de rédaction.

7.3 Interface entre les intervenants

La réalisation des éléments bois non structuraux est composée de plusieurs opérations distinctes, chacune pouvant être menée par un intervenant différent. Les responsabilités de chacun doivent être définies contractuellement en amont de la réalisation.

Le partage est notamment fonction du champ de compétence des intervenants.

Par exemple :

- Responsabilités de la maîtrise d'œuvre :
 - définition des hypothèses de conception et en particulier des charges à reprendre dans l'élément porteur, ou conception de l'ouvrage en fonction de la mission contractée.

- Responsabilités du titulaire du gros œuvre :
 - conception et construction de l'élément porteur, considérant l'effet de l'élément rapporté ;
 - si nécessaire, installation des systèmes de fixation (platines d'ancrage, tiges pré-scellées, chevilles post-scellées, rupteurs thermiques, ...) dans l'élément porteur.
- Responsabilités du titulaire de l'élément rapporté :
 - communication des éléments de conception au concepteur du gros œuvre dans des délais fixés par la maîtrise d'œuvre ;
 - fourniture du système d'implantation et de fixation à incorporer dans le support, pour les systèmes le nécessitant ;
 - réception, vérification du respect des tolérances du support et ajustement in-situ des platines et appuis (pour les systèmes le permettant) ;
 - conception, fabrication et montage de l'élément rapporté ;
 - mise en place de l'élément rapporté et protection de l'assemblage vis-à-vis du milieu extérieur.
- Responsabilités du titulaire de la façade :
 - réception du support ;
 - réalisation du complexe de façade (ITE, étanchéité, bardage/ enduit, ...).

NOTE

Une bonne coordination entre le titulaire de la façade et celui de l'élément rapporté est indispensable. En effet, le nombre et les positions des fixations de l'élément rapporté doivent être pris en considération pour l'installation du complexe de façade (découpes).

Un tel découpage peut découler d'un marché en lots séparés (la limite de chaque prestation et la gestion des interfaces est alors décrite dans le CCTP du marché), ou de l'intervention de plusieurs sous-traitants.

7.4 Approvisionnement et stockage

Le transport et le stockage doivent être effectués à l'aide de dispositifs appropriés évitant la détérioration des lames.

Les lames approvisionnées doivent être placées à l'abri des intempéries et mis en dépôt dans un environnement propre et protégé des intempéries. Les bois doivent être à l'abri des remontées d'humidité.

Les bois doivent être stockés à plat de manière à ne subir aucune déformation, ils doivent être isolés du sol. Après dé-colisage, il est recommandé de maintenir le sanglage ou le cerclage.

Les autres fournitures doivent être stockées dans les conditions définies par le fournisseur.

7.5 Support et fixation

La mise en œuvre du support (ossature secondaire ou structure porteuse des lames brise-soleil) doit être conforme aux normes et règlements en vigueur le décrivant, notamment en ce qui concerne :

- la prévention des accidents ;
- les matériaux utilisés ;
- les tolérances ;
- l'installation des éléments de liaison ;
- la réalisation des liaisons ;
- la réalisation des joints et leur étanchéité à l'eau et à l'air.

Les opérations de fabrication du support doivent inclure les spécifications de tolérances pour l'installation des éléments de liaisons. Ces spécifications doivent être tirées des AT ou ATE correspondants, ou communiquées au concepteur par le fabricant de l'élément de liaison.

Les tolérances de pose peuvent être reportées sur les plans de réalisation et plans de détails aux niveaux des liaisons.

7.6 Mise en œuvre de l'élément rapporté

L'établissement préalable d'un calepinage est préconisé afin de localiser les points singuliers et d'identifier les zones de découpes.

La mise en œuvre ne se fera qu'une fois les éléments suivants identifiés et conçus :

- nature du support ;
- type de paroi sur laquelle l'élément rapporté va être mis en œuvre (paroi opaque, paroi vitrée) ;
- sens de la pose (horizontale ou verticale) ;
- mise en œuvre en partie courante ;
- mise en œuvre aux niveaux des points singuliers (angles, traitements de joints de dilatation, fractionnement de l'ossature secondaire).

7.7 Autocontrôle de l'ouvrage terminé

Dans une mesure d'assurance qualité, il est fortement conseillé à l'entreprise de travaux de réaliser une fiche d'autocontrôle répertoriant toutes les exigences de l'ouvrage systématiquement.

Cette fiche ne peut par contre être exigée à réception de l'ouvrage par le maître d'ouvrage, elle ne reste qu'un moyen d'autocontrôle qui ne concerne que l'entreprise de travaux.



L'entretien de ces parties d'ouvrages est basé sur 3 éléments :

- 1. le maintien de la durabilité biologique dans la durée des parties bois avec inspection de points singuliers les moins favorables en terme de salubrité et d'écoulement de l'eau ;
- 2. vérification de la pérennité de la protection anticorrosion des organes de fixations et parties métalliques ;
- 3. le suivi dans la durée du vieillissement d'aspect comportant 2 approches distinctes suivant la nature des ouvrages livrés à l'origine :

- ouvrages sans finition

Inspection du vieillissement d'aspect des éléments en bois bruts, portant sur la dimension «esthétique» liée à l'évolution de la coloration des bois dans la durée et sur la déformation excessive des profils. Ces éléments peuvent conduire respectivement à de la restauration de l'uniformité d'aspect avec des possibilités de nettoyage et la substitution de quelques éléments.

Par ailleurs, un système de finition pourra être appliqué, à tout moment, sur des bois livrés bruts initialement, lorsque les parties d'ouvrages sont notamment positionnées dans des conditions de classe d'emploi 3.1.

Le système de finition devra être compatible avec le support identifié (bois à durabilité naturelle ou bois à durabilité conférée), et son application sera conforme aux prescriptions définies dans le § 6.9 du présent document (avec préconisations selon notamment NF EN 927 et NF DTU 59.1)

- ouvrages avec système de finition

Lorsque le vieillissement d'un système de finition nécessite un entretien (récurrence très variable (environ 2 à 10 ans) suivant le système de finition initialement préconisé et l'exposition des ouvrages considérés), celui-ci est réalisé par mise en œuvre d'une ou plusieurs couches de finition (identiques ou compatibles avec le système de finition initial) selon recommandations du fabricant et préconisations définies au § 6.9 du présent document.

Pour tous ces éléments : à inspection tous les 2 ans

Le titulaire du présent lot devra fournir ; à la maîtrise d'ouvrage ; une notice d'entretien qui :

- reprendra les éléments précités ci-dessus ;
- comportera une mention spécifiant que le maître d'ouvrage en a bien pris connaissance ;
- requerra la signature et paraphe par le maître d'ouvrage du document.

NOTE

Une certification sur l'entretien esthétique des façades à base de bois existe : la certification CTB A +.

ANNEXE A

RAPPEL DE L'IDENTIFICATION DES SOLLICITATIONS ET DES ÉLÉMENTS GÉNÉRAUX POUR LE DIMENSIONNEMENT

A.1 NEIGE - Charge au sol

Figure A1 : Carte de la charge
caractéristique de neige sur le sol
à 200m d'altitude - Extrait
NF-EN-1991-1-3 Annexe Nationale

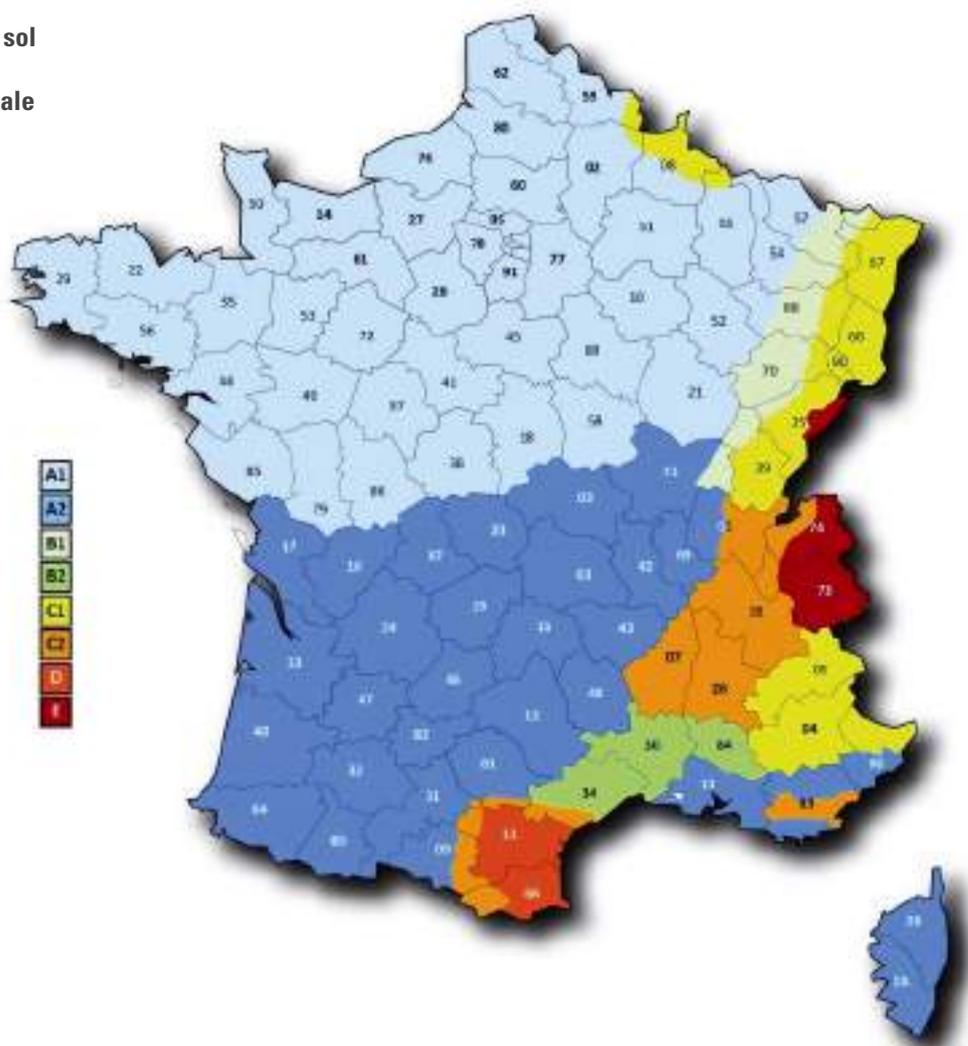


Tableau A.1 : Charges de vent indiquées en kN/m²

Régions	A1	A2	B1	B2	C1	C2	D	E
Valeur caractéristique (s_k) de la charge de la neige sur le sol à une altitude inférieure à 200 m	0,45	0,45	0,55	0,55	0,65	0,65	0,90	1,40
Valeur de calcul (s_{Ad}) de la charge exceptionnelle de neige sur le sol	-	1,00	1,00	1,35	-	1,35	1,80	-
Loi de variation de la charge caractéristique pour une altitude supérieure à 200 m	ΔS_1							ΔS_2

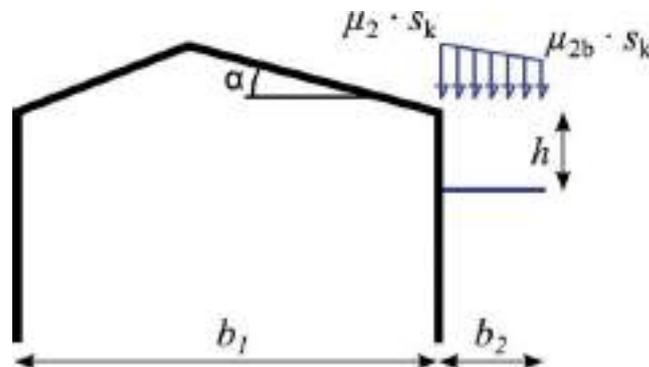
Il est rappelé que la valeur de neige exceptionnelle s_{Ad} est indépendante de l'altitude et qu'on ne considère pas d'accumulation exceptionnelle ($\mu_2 = 0,8$ pour s_{Ad}), sauf conditions particulières dans les documents du marché.

Tableau A2 : Loi de variation en fonction de l'altitude du site de construction

Altitude A	ΔS_1	ΔS_2
de 200 à 500 m	$A/1000 - 0,20$	$1,5 A/1000 - 0,30$
de 500 à 1000 m	$1,5 A/1000 - 0,45$	$3,5 A/1000 - 1,30$
de 1000 à 2000 m	$3,5 A/1000 - 2,45$	$7 A/1000 - 4,80$

A.2 NEIGE - Accumulation de neige applicable aux éléments de brise soleil

Figure A2 : Dimensions nécessaires pour le calcul



Le coefficient μ_2 d'accumulation côté mur est défini selon 5.3.6 de la NF EN 1991-1-3 Toitures attenant à des constructions plus élevées ou très proches d'elles :

$$\mu_2 = \mu_w + \mu_s$$

Avec

- μ_w Coefficient de forme dû au vent
- μ_s Coefficient de forme dû au glissement de la neige depuis la toiture supérieure
- Coefficient de forme dû au vent μ_w

$$\mu_w = \min \left\{ \frac{b_1 + b_2}{2h}; \frac{2h}{S_k}; 2,8 \right\}$$

et $\mu_w \geq 0,8$

- Coefficient de forme dû au glissement depuis la toiture supérieure μ_s

Le coefficient de forme dû au glissement depuis la toiture supérieure μ_s est nul dans le cas d'un versant avec un angle inférieur à 15° (27%) ou en présence d'acrotère, sinon on peut prendre

$$\mu_s = [0,8 - 0,5 \cdot \mu_1(\alpha)] \frac{2 \cdot b_1'}{l_s}$$

Avec $\mu_1(\alpha)$ à prendre dans le tableau 5.2 de la NF EN 1991-1-3 (reproduit ci-dessous) en fonction de l'angle du versant supérieur et $l_s = 5 \text{ m} \leq 2h \leq 15 \text{ m}$.

Tableau A3 : Renvoi au tableau 5.2 de la NF EN 1991-1-3

α (angle du versant)	$0^\circ \leq \alpha \leq 30^\circ$	$30^\circ \leq \alpha \leq 60^\circ$	$\alpha \geq 60^\circ$
μ_1	0,8	$0,80 (60 - \alpha) / 30$	0,0

Le coefficient μ_{2b} du côté du bord du brise-soleil est fonction du coefficient μ_2 calculé précédemment :

$$\mu_{2b} = \mu_2 - (\mu_2 - 0,8) \frac{b_2}{l_s}$$

et $\mu_{2b} \geq 0,8$

A.3 VENT - Pression dynamique de pointe

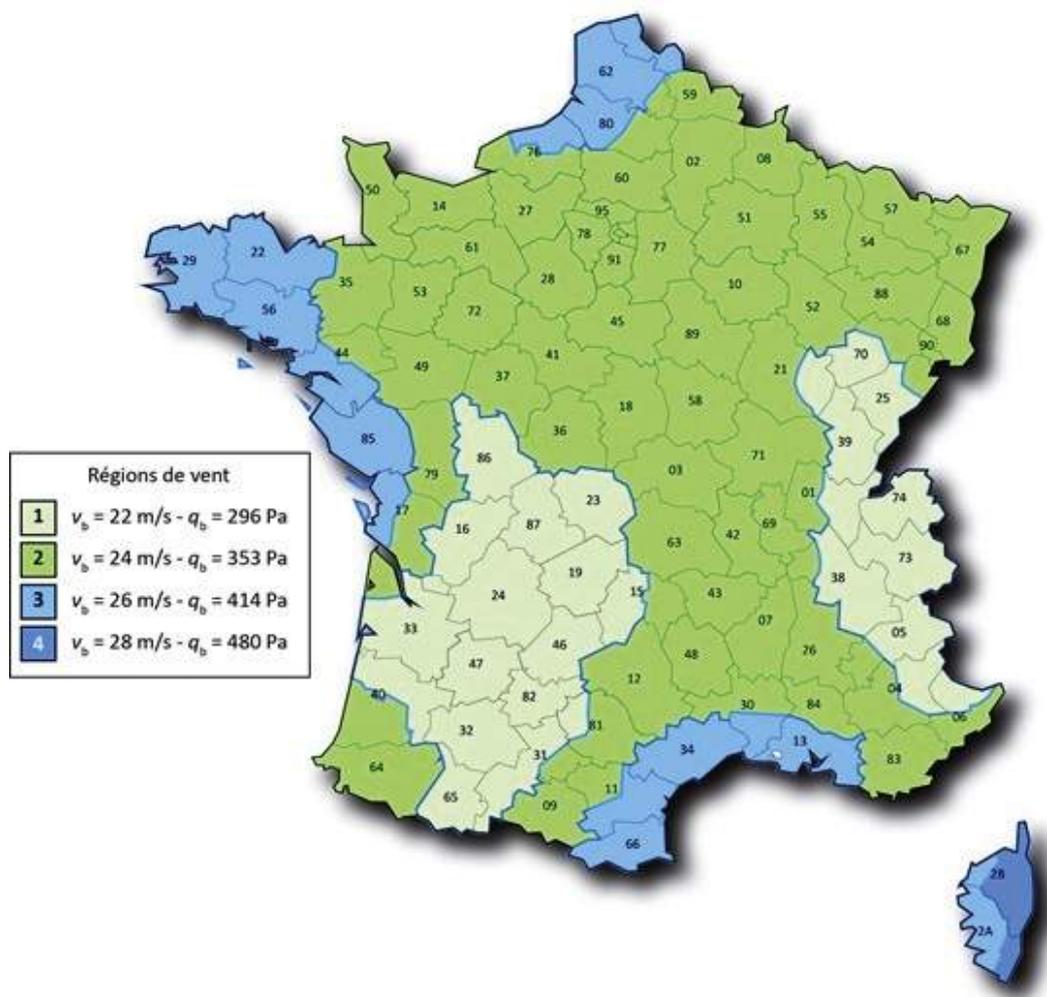
- Pression dynamique de référence

$$q_b = \frac{1}{2} \rho v^2 b$$

La pression dynamique de référence q_b est donnée par :

La carte de l'annexe National de l'EN 1991-1-4 donne les vitesses de référence du vent selon la situation géographique dans le territoire.

Figure A3 : Vitesse de référence du vent [NF EN 1991-1-4/NA]



La pression dynamique de pointe $q_p(z)$ se détermine ensuite comme suit :

$$q_p(z) = c_e(z)q_b$$

Avec $C_e(Z)$ le coefficient d'exposition qui dépend de la hauteur Z du faitage du bâtiment et de la rugosité du site.

■ Rugosité du site

Les effets du vent étant différents suivant la présence ou non d'obstacles environnant la construction, il s'agit de déterminer la rugosité du site selon le tableau ci-dessous

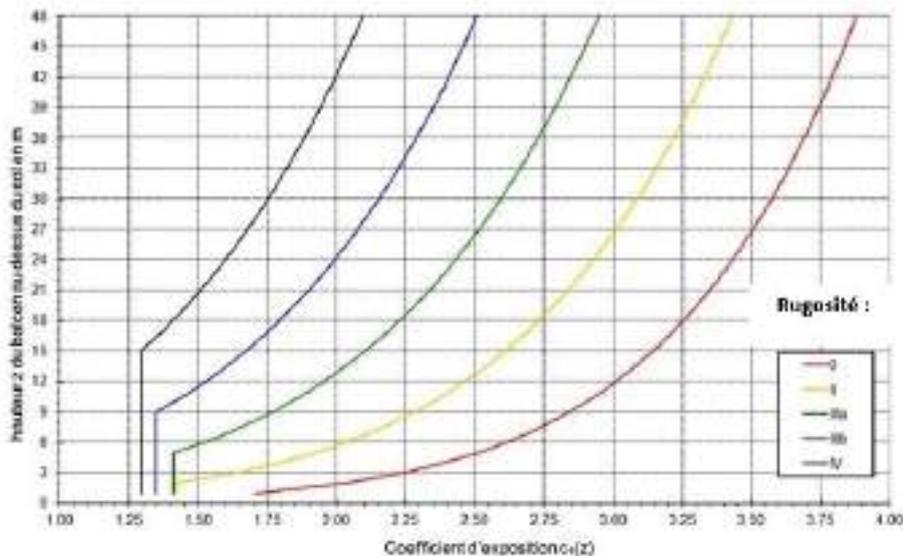
Tableau A4 : Rugosité du site [NF EN 1991-1-4/NA]

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

■ Coefficient d'exposition $c_e(z)$

Le coefficient d'exposition $c_e(z)$ est fonction de la hauteur z du faîtage du bâtiment et de la rugosité. La relation est donnée par la Figure A4.

Figure A4 : Détermination du coefficient d'exposition en fonction de l'altitude et de la rugosité



■ **NOTA :**

Ce coefficient peut également être déterminé par calcul selon la NF EN 1991-1-4

A.4 VENT - Éléments structuraux de section rectangulaire

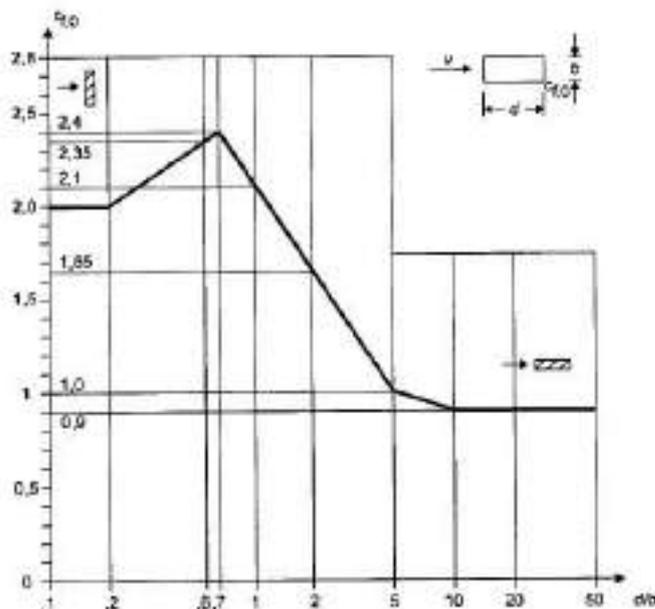
Les effets du vent sur les lames sont calculés selon la NF EN 1991-1-4 et son annexe nationale française sur la base du §7.6 - Éléments structuraux de sections rectangulaires.

$$c_f = c_{f,0} \psi_r \cdot \psi_\lambda$$

Avec $\psi_r = 1$ et $\psi_\lambda = 1$

$c_{f,0}$, le coefficient de force C_{f0} est calculé sur la base du tableau ci-suit

Figure A5 : Coefficient de force C_{f0} de section rectangulaires à angles vifs et sans écoulement de contournement aux extrémités § 7.6 - Éléments structuraux de sections rectangulaires de la NF EN 1991-1-4 et AN



A.5 Combinaisons d'actions et coefficients d'accompagnement

Tableau A5 : Coefficients d'accompagnement par combinaisons d'actions

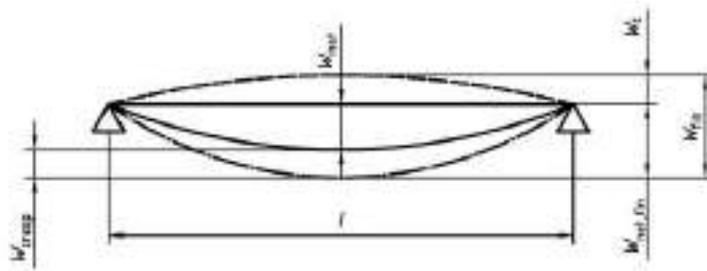
Etats limites de service (ELS)					
Combinaison	Actions permanentes		Actions variables d'accompagnement		
	Défavorable	Favorable	Dominante	Autres	
Caractéristique	$1,0 G_{k,j,sup}$	$1,0 G_{k,j,inf}$	$1,0 Q_{k,1}$	$\psi_{0,i} Q_{k,i}$	
Etats limites ultimes (ELU)					
Situation de projets durables et transitoires	Actions permanentes		Action variable dominante	Actions variables d'accompagnement	
	Défavorable	Favorable		Principale	Autres
(Eq.6.10)	$1,35 G_{k,j,sup}$	$1,00 G_{k,j,inf}$	$1,50 Q_{k,1}$ (Ou 0 si favorable)	Sans objet	$1,50 \psi_{0,i} Q_{k,i}$ (Ou 0 si favorable)
Situations accidentelles (ACC)					
Situation de projets	Actions permanentes		Action accidentelle dominante	Actions variables d'accompagnement	
	Défavorable	Favorable		Principale	Autres
Accidentelle (Eq.6.11a/b)	$1,0 G_{k,j,sup}$	$1,0 G_{k,j,inf}$	$1,0 A_d$	Sans objet	$\psi_{2,i} Q_{k,i}$
Coefficients d'accompagnement					
Action			ψ_0	ψ_1	ψ_2
Charges d'exploitation des bâtiments :					
Catégorie A : habitation			0,7	0,5	0,3
Catégorie B : bureaux			0,7	0,5	0,3
Catégorie C : lieux de réunion			0,7	0,7	0,6
Catégorie D : commerces			0,7	0,7	0,6
Effet de la température			0,6	0,2	0,0
Charges dues à la neige sur les bâtiments :					
Altitude < 1000 m			0,5	0,2	0,0
Altitude > 1000 m			0,7	0,5	0,2
Charges dues au vent sur les bâtiments :					
			0,6	0,2	0,0

A.6 ELS - Composantes de la flèche

Les composantes de la flèche qui résultent d'une combinaison d'actions sont illustrées dans la Figure A6 – Composante de la flèche, où les symboles sont définis comme suit :

- w_c est la contreflèche (si elle existe) ;
- w_{inst} est la flèche instantanée ;
- w_{creep} est la flèche de fluage ;
- w_{fin} est la flèche finale ;
- $w_{net,fin}$ est la flèche résultante finale.

Figure A6 : Composante de la flèche



Il convient de prendre la flèche résultante en-dessous d'une ligne droite entre les appuis, $w_{net,fin}$ selon :

$$W_{net,fin} = W_{inst} + W_{creep} - W_c = W_{fin} - W_c$$

A.7 Éléments normatif spécifique au bois

A.7.1 Résistance de calcul

Selon les spécifications de la NF EN 1995-1-1, la résistance de calcul R_d d'un matériau bois s'obtient à partir de la valeur caractéristique R_k :

$$R_{Design} = \frac{R_k \times k_{mod}}{\gamma_M}$$

- Les résistances caractéristiques R_k des bois massifs sont données par la norme NF EN 338.
- Les résistances caractéristiques R_k des bois Lamellé Collé et Bois Massif Reconstitués sont données par la norme NF EN 14080.

A.7.2 Classes de durée de chargement

Tableau A6 : Classes de durée de chargement telles que définies dans l'Eurocode 5 NF EN 1995-1-1:2004 § 2.3.1.3 et § 4.2

Classe	Ordre de grandeur de la durée	Exemples
Permanente	Plus de 10 ans	Poids propre
Long terme	6 mois à 10 ans	Stockage
Moyen terme	1 semaine à 6 mois Charge d'occupation.	Neige $H > 1000$ m
Court terme	Moins d'une semaine Charge d'occupation.	Neige $H < 1000$ m
Instantanée	Quelques minutes Action accidentelle.	Neige exceptionnelle. Vent

A.7.3 Classes de service

Telles que définies dans l'Eurocode 5 NF EN 1995-1-1:2004 § 2.3.1.3 et § 4.2

- Classe de service 1** Elle correspond à une ambiance intérieure avec une température de 20°C et une humidité relative de l'air environnant ne dépassant 65 % que quelques semaines par an. L'humidité moyenne dans la plupart des bois résineux est inférieure à 12 %.
- Classe de service 2** Elle correspond à un bâtiment fermé non chauffé (type charpente). Elle est caractérisée par une température de 20°C et une humidité relative de l'air environnant ne dépassant 85 % que quelques semaines par an. L'humidité moyenne dans la plupart des bois résineux est inférieure à 20 %.
- Classe de service 3** Elle correspond à un usage extérieur. Ce sont les conditions climatiques amenant une humidité supérieure à celle de la classe de service 2. L'humidité moyenne dans la plupart des bois résineux est supérieure à 20 %.

A.7.4 Valeurs de k_{mod}

Tableau A7 : Valeurs de k_{mod} - extrait de l'Eurocode 5 § 3.1.4

Matériau	Classe de service	Classe de durée de chargement (Action)				
		Permanente	Long terme	Moyen terme	Court terme	Instantanée
Bois massif	1	0.6	0.7	0.8	0.9	1.1
	2	0.6	0.7	0.8	0.9	1.1
	3	0.5	0.55	0.65	0.7	0.9
Bois lamellé-collé	1	0.6	0.7	0.8	0.9	1.1
	2	0.6	0.7	0.8	0.9	1.1
	3	0.5	0.55	0.65	0.7	0.9

A.7.5 Coefficients partiel de sécurité M

Tableau A8 : Coefficients partiel de sécurité M

Combinaison fondamentale	
Bois massif	1.30
Bois lamellé-collé	1.25
Assemblages	1.30
Connecteurs métalliques	1.25
Combinaison accidentelle	1.00

A.7.6 Facteurs de modification de la déformation k_{def} pour les classes de service

Tableau A9 : Facteurs de modification de la déformation k_{def} pour les classes de service

Matériau	Norme	Classe de service		
		1	2	3
Bois massif	EN14081-1	0,6	0,8	2
Bois lamellé-collé	EN14080	0,6	0,8	2

ANNEXE B

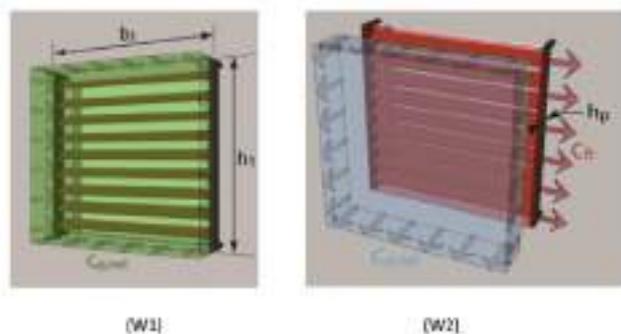
ACTION DU VENT SUR OUVRAGE PLEIN



B.1 Cas des ouvrages parallèles au plan de la façade (configuration 1)

Pour les ouvrages parallèles au plan de la façade, on considère 2 cas de charges associés à différentes valeurs de $c_{p,net}$.

Figure B1 : Cas de charges de vent associés sur des ouvrages parallèles au plan de la façade



W1 Pression maximale : $c_{p,net} = 0,7$.

W2 Vent parallèle à la façade. L'effort de frottement est défini par la formule précédente avec $c_{fr} = 2 h_p h_1 / A_{fr} + 0,05$ (sauf si une autre valeur peut être justifiée) et $A_{fr} = b_1 h_1$. L'effort d'arrachement concomitant est déterminé avec $c_{p,net} = 0,5$.

B.2. Cas des ouvrages perpendiculaires au plan de la façade (configuration 2)

Les documents particuliers du marché (DPM) peuvent préciser les conditions d'application du vent sur les ouvrages perpendiculaires au plan de la façade (en particulier les coefficients de pression à considérer).

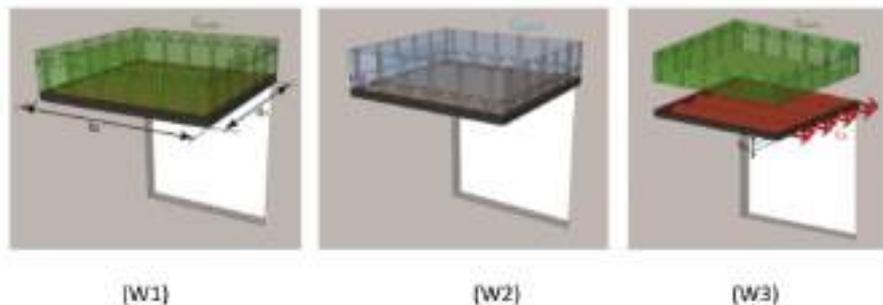
A défaut, il est possible de prendre en compte l'expression de la force exercée par le vent suivante :

$$F_w = c_s c_d c_{p,net} q_p(z) A_{ref}$$

- c_{scd} Coefficient structural du bâtiment (voir la NF EN 1991-1-4). Dans le cadre de l'application de cette méthode, on pourra supposer que $c_{scd} = 1$.
- $c_{p,net}$ Coefficient de pression nette sur le brise-soleil (voir ci-après).
- $q_p(z)$ Pression dynamique de pointe (voir la NF EN 1991-1-4). En alternative aux formulations de la norme, il est possible d'utiliser la procédure simplifiée décrite en [Annexe] du présent guide.
- A_{ref} Aire de référence. Pour les brise-soleil ajourés, il s'agit de la projection horizontale de l'aire des différents éléments (ou la projection verticale pour un brise-soleil vertical).

Dans le cas des brise-soleil horizontaux, on considère 3 cas de charges associés à différentes valeurs de $c_{p,net}$.

Figure B2 : Cas de charges de vent associés sur des ouvrages perpendiculaires au plan de la façade



- W1 Pression ascendante maximale : $c_{p,net} = 2,0$.
- W2 Pression descendante pour les brise-soleil situés dans le tiers inférieur de la hauteur du bâtiment (négligée dans les autres cas) : $c_{p,net} = 1,0$.
- W3 Vent parallèle à la façade. L'effort de frottement est défini par la formule suivante :

$$f_{w,l} = c_s c_d c_{p,net,l} q_p(z) \cdot b_l$$

Avec $c_{fr} = 2 h_p d_l / A_{fr} + 0,05$ (sauf si une autre valeur peut être justifiée) et $A_{fr} = 2 b_l d_l$ (b_l et d_l la longueur hors tout et la portée du brise-soleil). L'effort de soulèvement concomitant est déterminé avec $c_{p,net} = 1,5$.

ANNEXE C

DIMENSIONNEMENT DES LAMES : MÉTHODE DE CALCULS ET HYPOTHÈSES POUR CAS PRÉ-CALCULÉS



La présente annexe décrit la méthode de calcul et les hypothèses utilisées pour établir les tableaux de cas pré calculés proposés. Cette méthode est conforme aux principes des Eurocodes.

C.1 Hypothèses sur les matériaux

Les propriétés mécaniques des bois massifs de classe mécanique C18, C24, D24, D30 ou D40 sont données par la norme NF EN 338.

Les propriétés mécaniques des bois Lamellé Collé et Bois Massif Reconstitués de classe mécanique Gl24h et Gl28h sont données par la norme NF EN 14080.

C.2 Hypothèses de calculs

- La classe de service 3 a été retenue pour l'ensemble des calculs.
- L'épaisseur minimale des lames considérée est de 21 mm et la largeur minimale est d'une fois son épaisseur ou 40 mm.
- Pour les cas de lame parallèle au plan de la façade (configuration 1) l'épaisseur maxi des lames est limitée à 70mm.
- Humidité nominale considérée à 18% rapportées à 12 % pour les calculs en considérant une réduction des dimensions de la section de 0,25 %, par % de variation d'humidité.
- Les calculs sont menés de manière analytique selon un calcul standard de poutre droite uniformément chargé en appui simple sur 3 appuis pour les lames de la configuration 1 – Ouvrage parallèle au plan de façade.
- Les calculs sont menés de manière analytique selon un calcul standard de poutre droite uniformément chargé en appui simple sur 2 appuis pour les lames de la configuration 2 – Ouvrage perpendiculaire au plan de façade.
- Afin de prendre en compte le semi encastrement aux appuis induit par les fixations (rigidité en rotation) et les longueurs d'appuis réelles (40 ou 45 mm minimum), les flèches et moments résultants à mi travée peuvent être multipliés par un coefficient 0,8 pour les lames calculées sur 3 Appuis.
- Coefficients partiels pour les combinaisons fondamentales
 - $\gamma_M = 1,3$ pour le bois massif
 - $\gamma_M = 1,25$ pour le bois Lamellé Collé

- Autre coefficients
 - $K_m = 0,7$ Facteur considérant la redistribution des contraintes de flexion dans une section
 - $K_{sys} = 1$ Facteur Système

C.3 Hypothèses sur les charges

- Les charges considérées dans le dimensionnement des lames sont les suivantes :

g_k Poids propre des lames

W_k Action du vent

S_k Action de la neige

Les actions sismiques sont considérées uniquement pour la justification des fixations et ne sont pas retenues pour la justification des sections car jugées non dimensionnantes

C.3.1 Hypothèses pour les charges de vent

L'effort de vent appliqués sur les lames sont calculés selon :

$$F_w = c_s c_d C_f q_p(z) \cdot A_{ref}$$

en kN

Avec :

$q_p(z)$ Pression dynamique de pointe

$c_s c_d$ Coefficient structural du bâtiment dans les cas pré calculés $c_s c_d = 1$

C_f Coefficient de force de section rectangulaires à angles vifs et sans écoulement de contournement aux extrémités selon NF EN 1991-1-4 - § 7.6 - Eléments structuraux de sections rectangulaires.

A_{ref} Aire d'application du vent sur la lame

- Pression dynamique de pointe

Les pressions dynamiques de pointe $Q_p(Z)$ prisent en compte sont issues des calculs réalisés sur la base de la NF EN 1991-1-4, de son Annexe Nationale et son Annexe A2 et apparaissent dans les Table C1 et Table C2 suivantes :

Tableau C1 : Pression dynamique de pointe en kN/m^2 à $H = 10$ m

Terrain plat ($C_o=1$), $H = 10$ m					
Zone	rugosité				
	0	II	IIIa	IIIb	IV
1	0,86	0,70	0,54	0,42	0,38
2	1,02	0,83	0,65	0,50	0,46
3	1,20	0,97	0,76	0,58	0,53
4	1,39	1,13	0,88	0,68	0,62

Tableau C2 : Pression dynamique de pointe en kN/m^2 à $H = 28$ m

Terrain plat ($C_o=1$), $H = 28$ m					
Zone	rugosité				
	0	II	IIIa	IIIb	IV
1	1,05	0,90	0,75	0,62	0,51
2	1,24	1,07	0,90	0,74	0,60
3	1,46	1,26	1,05	0,87	0,71
4	1,69	1,46	1,22	1,01	0,82

- Aire d'application du vent sur les lames A_{ref}

Cas des configurations 1.1, 1.3 et 2.1

L'effort de vent est appliqué sur la largeur de la lame, créant une flexion dans la direction de la plus faible inertie, quel que soit l'angle d'orientation de la section.

Cas des configurations 1.2 et 2.2

L'effort de vent est appliqué sur l'épaisseur de la lame, créant une flexion dans la direction de la plus grande inertie.

Afin de prendre en compte un effet de vent latéral et ainsi limiter l'élançement portée / épaisseur, un cas de vent appliquée sur la largeur des lames est considéré avec un coefficient forfaitaire

$$C_{pnet} = 0,5 \text{ Soit } F_w = 0,5 \times Q_p(z).$$

C.3.2 Hypothèses pour les charges de Neige

Les charges de neige appliquées aux lames sont calculées selon NF EN 1991-1-3 et son annexe nationale française. L'application des charges de neige ne concerne que les cas des lames de la configuration 2.

- $C_e = 1$ Coefficient d'exposition
- $C_t = 1$ Coefficient thermique
- Charges de neige au sol S_k

Tableau C3 : Charge de neige au sol S_k en kN/m^2

RÉGION DE NEIGE	A1	A2	B1	B2	C1	C2	D	E
Sk 200 m	0,45	0,45	0,55	0,55	0,65	0,65	0,9	1,4
Sk 500 m	0,75	0,75	0,85	0,85	0,95	0,95	1,2	1,85
Sk 900 m	1,35	1,35	1,45	1,45	1,55	1,55	1,8	3,25

Cas des lames de la configuration 1 - *Ouvrage parallèle au plan de façade*

Aucune charge de neige n'est prise en compte

Cas des lames de la configuration 2 - *Ouvrage perpendiculaire au plan de façade*

Au vu de la configuration, il est considéré qu'au-delà d'un vide entre lame supérieur à l'épaisseur de la lame, la neige ne se maintient pas sur l'ouvrage. Pour les autres cas, la charge est prise en compte en considérant un auvent plein.

Coefficient de forme

- Sans accumulation de neige $\mu = 0,8$
- Avec accumulation de neige $\mu = 2,8$

C.4 Combinaisons d'actions

Les sollicitations appliquées aux lames sont calculées à partir des combinaisons d'actions données par la norme NF EN 1990 et son annexe nationale NF EN 1990/NA

- Cas des lames de la configuration 1 - *Ouvrage parallèle au plan de façade*

Dans ce cas de figure la neige n'est pas considérée

- Etats limite Ultime (ELU)
 - ELU 1 = 1,35 Gk
Kmod = 0,5
 - ELU 2 = 1,35 Gk + 1.5 Wk
Kmod = 0,9

- Etat limite de service (ELS)
 - ELS 1 : Instantanée = $1 W_k$
 - ELS 2 : Totale Finale = $(1+K_{def}) \times G_k + 1 \times W_k$ $K_{def} = 2$
- Cas des lames de la configuration 2 - Ouvrage perpendiculaire au plan de façade

Compte tenu de la configuration des ouvrages les actions variables de neige et de vent ne sont pas cumulées ($\psi_0 = 0$)

- Etats limite Ultime (ELU)
 - ELU 1 = $1,35 G_k$ $K_{mod} = 0,5$
 - ELU 2 = $1,35 G_k + 1,5 W_k$ $K_{mod} = 0,9$
 - ELU 3 = $1,35 G_k + 1,5 S_k$ $K_{mod} = 0,7$
- Etat limite de service (ELS)
 - ELS 1 : Instantanée = $1 \times g_k + 1 W_k$
 - ELS 2 : Totale Finale = $(1+K_{def}) \times G_k + 1 \times W_k$ $K_{def} = 2$
 - ELS 3 : Totale Finale = $(1+K_{def}) \times G_k + 1 \times S_k$ $K_{def} = 2$

C.5 Critères de déformation

Les critères de flèches particuliers retenus sont conservateurs vis-à-vis de l'EC5.

- Cas des lames de la configuration 1 - Hors 1.3 Lames obliques
 - Flèche instantanée minimum de $L/200$
 - Flèche totale finale $L/125$
- Cas des lames de la configuration 2 - Avec 1.3 Lames obliques
 - Flèche instantanée minimum de $L/450$
 - Flèche totale finale $L/400$

ANNEXE D

JUSTIFICATION EN ZONES SISMQUES DE LA FIXATION DES LAMES BOIS



D.1 Préambule

La nouvelle réglementation sismique a été mise en place le 22 octobre 2010 au travers des textes suivants :

- Décret n° 2010-1254 relatif à la prévention du risque sismique ;
- Décret n° 2010-1255 portant délimitation des zones de sismicité du territoire français ;
- Arrêté du 22 octobre 2010 modifié le 19 juillet 2011 relatif à la classification et aux règles de construction parasismique applicables aux bâtiments de la classe dite « à risque normal ».

Cette réglementation fait référence à l'Eurocode 8 (NF EN 1998) pour le dimensionnement des bâtiments en zones sismiques.

Cette réglementation est entrée en vigueur le 1er mai 2011.

D.2 Détermination des contraintes sismiques

D.2.1 Selon l'aléa local

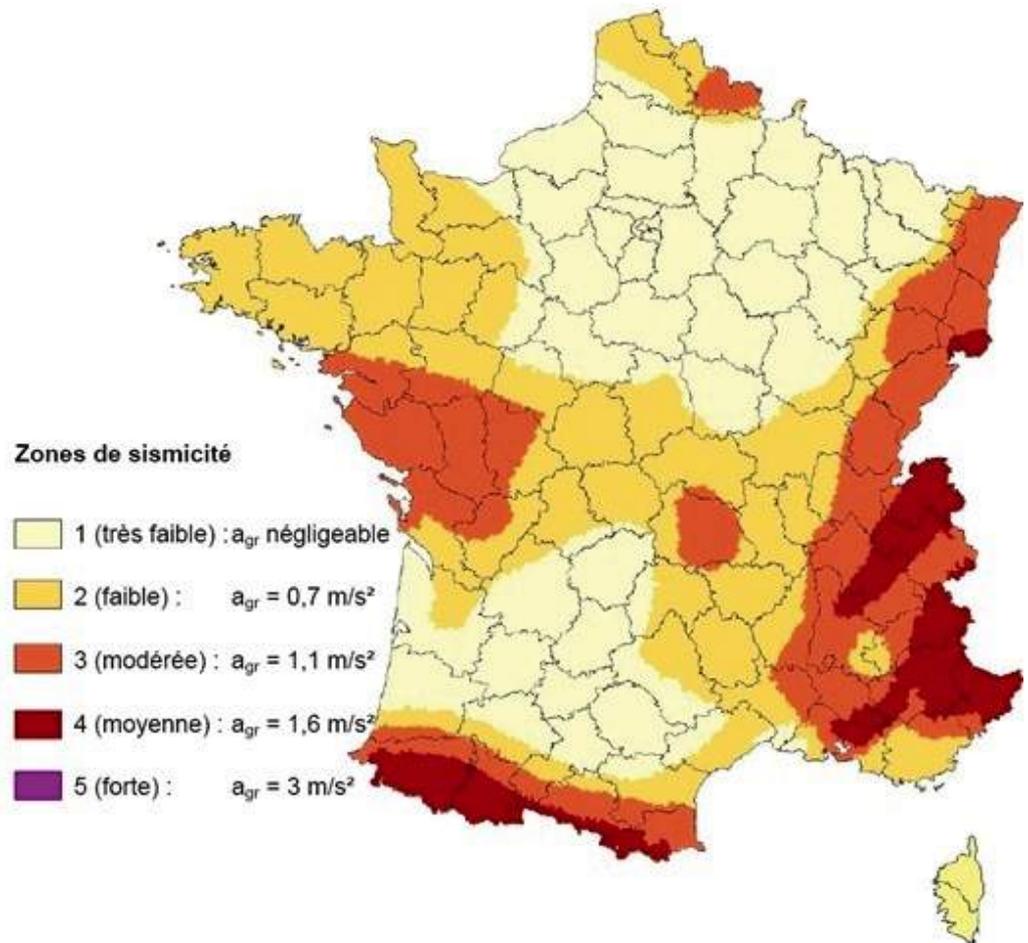
Une nouvelle carte des zones sismiques, couvrant le territoire métropolitain et les départements d'outre-mer a donc été établie.

Le Décret n° 2010-1255 délimite précisément les zones sismiques par départements, cantons et communes.

Le territoire national est découpé en 5 zones sismiques :

- Zone 1 : sismicité très faible
- Zone 2 : sismicité faible
- Zone 3 : sismicité modérée
- Zone 4 : sismicité moyenne
- Zone 5 : sismicité forte

Figure D1 : Carte des zones sismiques en France métropolitaine



D.2.2 Selon la classification des bâtiments

- L'arrêté du 22 octobre 2010 définit 4 catégories d'importance pour les bâtiments :
- Catégorie d'importance I : ceux dont la défaillance ne présente qu'un risque minime pour les personnes ou l'activité économique ;
- Catégorie d'importance II : ceux dont la défaillance présente un risque moyen pour les personnes ;
- Catégorie d'importance III : ceux dont la défaillance présente un risque élevé pour les personnes et ceux présentant le même risque en raison de leur importance socio-économique ;
- Catégorie d'importance IV : ceux dont le fonctionnement est primordial pour la sécurité civile, pour la défense ou pour le maintien de l'ordre public.

Le tableau ci-dessous donne des exemples de types de bâtiments selon la catégorie d'importance.

Tableau D1 : Coefficient d'importance par catégorie d'importance des bâtiments

Catégorie d'importance	Exemples de type de bâtiments (voir arrêté du 22/10/10)	Coefficient d'importance γ_I
I	Bâtiments sans activité humaine durable	0,8
II	Habitations individuelles, ERP 4e et 5e catégories (sauf établissements scolaires), bâtiments d'habitation collective (≤ 28 m), bâtiments de bureaux et d'usage commercial non ERP (≤ 28 m, ≤ 300 personnes), bâtiments à activité industrielle (≤ 300 personnes).	1
III	Établissements scolaires, ERP 1re, 2e et 3e catégories, bâtiments à habitation collective (> 28 mètres), bâtiments de bureaux (> 28 mètres), bâtiments à usage commercial non ERP (> 300 personnes), bâtiments d'activité industrielle (> 300 personnes), bâtiments sanitaires et sociaux, bâtiments de production d'énergie.	1,2
IV	Bâtiments de sécurité civile et défense, bâtiments de services communication, bâtiments de circulation aérienne, établissements de santé, bâtiments d'eau potable, bâtiments de distribution d'énergie, bâtiments de centres météorologiques.	1,4

D.2.3 Selon la classe de sol

La norme NF EN 1998-1 (Eurocode 8, partie 1), définit également des classes de sol, selon la nature du terrain sur lequel est construit le bâtiment.

Le tableau ci-dessous donne des exemples de profils stratigraphiques et la valeur du coefficient S selon la classe de sol.

Tableau D2 : Valeur du coefficient S par classe de sol

Classe de sol	Profil stratigraphique	S (zone 1 à 4)	S (Zone 5)
A	Rocher ou autre formation géologique de ce type comportant une couche superficielle d'au plus 5 mètres de matériau moins résistant.	1,00	1,00
B	Dépôts raides de sable, de gravier ou d'argile sur consolidée, d'au moins plusieurs dizaines de mètres d'épaisseur, caractérisés par une augmentation progressive des propriétés mécaniques avec la profondeur.	1,35	1,20
C	Dépôts profonds de sable de densité moyenne, de gravier ou d'argile moyennement raide, ayant des épaisseurs de quelques dizaines à plusieurs centaines de mètres.	1,50	1,15
D	Dépôts de sol sans cohésion de densité faible à moyenne (avec ou sans couches cohérentes molles) ou comprenant une majorité de sols cohérents mous à fermes.	1,60	1,35
E	Profil de sol comprenant une couche superficielle d'alluvions.	1,80	1,40

D.3 Cas des ouvrages d'éléments bois rapportée en façade

D.3.1 Définition de l'exigence

L'exigence applicable aux éléments rapportés est exprimée dans la norme NF EN 1998-1 au § 4.3.5 « Éléments non structuraux » dans ces termes :

« Les éléments non structuraux des bâtiments qui peuvent, en cas de rupture, exposer les personnes à des risques ou affecter la structure principale du bâtiment ou l'exploitation des installations présentant des risques particuliers, doivent être vérifiés – ainsi que leurs supports – en vue de résister à l'action sismique de calcul ».

Elle peut être interprétée de la manière suivante :

- L'élément rapporté ne doit pas tomber ;
- L'élément rapporté peut être dégradé mais ne doit pas s'effondrer.

D.3.2 Règles de moyen pour la justification des lames de la configuration 1.1 – Portée inférieure à 900 mm et épaisseur inférieure à 40 mm

Ce paragraphe présente une note de justification sismique pour les lames de la configuration 1.1 « *Ouvrage parallèle au plan de façade / Lames à plat* » dont la portée est inférieure ou égale à 900mm, fixée sur ossature secondaire en bois.

NOTE IMPORTANTE

Les justifications ci-dessous ne visent que la reprise des efforts liés aux actions sismiques, toutes les autres sollicitations (tenue au vent notamment) et exigences (chocs, sécurité incendie) doivent être traitées par ailleurs.

D.3.2.1 Hypothèses et dispositions constructives

Ces configurations couvrent l'ensemble des lames de la configuration 1.1 du présent document pour une **portée inférieure à 900 mm** et dont **l'épaisseur est inférieure à 40 mm**.

- Zone de sismicité : **Zone 1 à 4** (Zone 5 exclue du présent document) ;
- Bâtiments de catégorie d'importance : **toute catégorie** ;
- Classe de sol : **toute classe** ;
- Éléments de revêtement extérieur : **masse surfacique de maximum de 30 kg/m²** (Exemple lames en bois très lourd D40 à 660 kg/m³ pour une épaisseur de 40 mm maxi) ;
- Fixations pour la liaison revêtement / ossature secondaire : **2 pointes torsadées ou annelée pénétration minimum de 31,5 mm dans l'ossature support** ($e_{\min} \times 1,5$ soit $21 \times 1,5 = 31,5$ mm), **diamètre minimum 2,5 mm**.

D.3.2.2 Effort sismique maximum appliqué sur les lames

Cette justification est basée sur l'Eurocode 8 § 4.3.5 avec les hypothèses suivantes :

- Zone de sismicité : Métropole : Zone 4, classe de sol E ($a_{gr} = 1,6$ m/s² et $S = 1,8$)
- Poids surfacique maximum : $W_a = 16,6$ daN - Poids de l'élément rapporté en considérant une section $e = 45$ mm et $l/e = 7$ avec une portée de 900 mm sur 3 appuis ($\times 2,5$)
- Coefficient de comportement : $q_a = 2$ selon Tableau 4.4 (§ 4.3.5.4) pour les éléments de façade
- Coefficients d'importance : $\gamma_I = 1,4$

$$F_a = \frac{5,5\alpha \times S \times W_a}{q_a}$$

au plus défavorable avec $\alpha = (a_{gr} \cdot \gamma_I) / g$

Soit $\alpha = (1,6 \times 1,4) / 9,81 \Rightarrow \alpha = 0,228$ pour la zone 4

d'où $F_a = \frac{5,5 \times 0,228 \times 1,8 \times W_a}{2}$ soit $F_{a,max} = 1,13 W_a = 18,8$ daN/m²

D.3.2.3 Vérification de la résistance (critère de non effondrement)

Lorsque les fixations des éléments rapportés sont mises en œuvre conformément aux dispositions du présent document, la configuration la moins résistante, c'est-à-dire des pointes torsadées ou annelées de diamètre 2,5 mm avec une profondeur de pénétration du support de 31,5 mm, conduit à (qualité des bois C18 mini) :

- Résistance caractéristique en arrachement : $F_{ax,Rk} = 237 \text{ N}$
- Résistance caractéristique en cisaillement : $F_{v,Rk} = 478 \text{ N}$

Soit en valeurs de calcul en situation de séisme ($k_{mod} = 0,9$ et $\gamma_M = 1$ conformément à NF EN 1995-1-1 + NA et NF EN 1998-1 + NA) :

- Résistance en arrachement : $F_{ax,Rd} = 213 \text{ N} = 21,6 \text{ daN}$
- Résistance en cisaillement : $F_{v,Rd} = 430 \text{ N} = 43,0 \text{ daN}$

Il est considéré deux organes de fixations à l'appui des lames. Avec les combinaisons ELU en situation de séisme, les sollicitations induites sur les fixations sont :

Tableau D3 : Sollicitations induites par organes de fixation

N°	Combinaison*	$F_{ax,Ed}$ par pointe	$F_{v,Ed}$ par pointe	Taux total** Par organe de fixation
1	G + « Ex + 0,3 x Ey »	9,5 daN	9 daN	24 %
2	G + « 0,3 x Ex + Ey »	3 daN	12,5 daN	11 %

* « Ex » = hors plan ($F_{ax,Ed}$) et « Ey » = dans le plan ($F_{v,Ed}$)
 ** Taux total calculé selon NF EN 1995-1-1

Avec les hypothèses utilisées, à savoir le chargement le plus important et les fixations les plus faibles, le taux de travail sur les fixations des lames de bardage de la configuration 1.1 dont la portée est inférieure à 900 mm et l'épaisseur inférieure à 40 mm n'excède pas 24 %.

Les règles de moyens mentionnées dans le présent document, relatives à ces lames en configuration 1.1, apporte par conséquent la justification de la fixation de ces lames sous sollicitations sismique.

D.3.3 Justification de la tenue de tous les types d'éléments rapportés en façade en zone sismique

Excepté dans le cas des lames relatives à la configuration 1.1 (faisant l'objet du chapitre B3.2 ci-avant) la justification sous sollicitations sismiques est à réaliser intégralement par calcul selon la base de l'Eurocode 8 et des principes généraux du § 6.3.1.

Ce paragraphe présente un exemple précis de justification sismique pour les lames de la configuration 1.2 « Ouvrage parallèle au plan de façade / Lames verticale sur chant ».

NOTE IMPORTANTE

Les justifications ci-dessous ne visent que la reprise des efforts liés aux actions sismiques, toutes les autres sollicitations (tenue au vent notamment) et exigences (chocs, sécurité incendie) doivent être traitées par ailleurs.

D.3.3.1 Hypothèses et dispositions constructives

- Géométrie : Section 60 x 120 / Portée 2,8 m sur 2 appuis
 - Caractéristique du matériau : D24 : $\rho_{\text{moy}} = 580 \text{ daN/m}^2$
 - Zone de sismicité : Zone 3 : $A_{\text{gr}} = 1,3 \text{ m/s}$
 - Classe de sol : Classe de sol B : $S = 1,35$
 - Catégorie d'importance du bâtiment III : $\gamma I = 1,2$
 - Coefficient de comportement : $q_a = 2$
- Cette justification est basée sur l'Eurocode 8 § 4.3.5

Figure D2 : Configuration 1.2
Lame sur chant en pose verticale



D.3.3.2 Effort sismique maximum appliqué sur l'élément

$$F_a = \frac{5,5\alpha \times S \times W_a}{q_a}$$

avec $\alpha = (a_{\text{gr}} \cdot \gamma I) / g$ Soit $\alpha = (1,3 \times 1,2) / 9,81$

$\Rightarrow \alpha = 0,159$

d'où
$$F_a = \frac{5,5 \times 0,159 \times 1,35 \times W_a}{2}$$

$\Rightarrow F_a = 0,59 W_a$

Poids de l'élément $W_a = \rho_{\text{moy}} \times A_{\text{section}} \times L_{\text{barre}}$

$= 580 \times 0,06 \times 0,120 \times (2,8+0,3)$

$\Rightarrow W_a = 13 \text{ daN}$

L'effort sismique à appliquer sur l'élément est donc **$F_a = 7,7 \text{ daN}$**

D.3.3.3 Vérification de la résistance (critère de non effondrement)

Tableau D4 : Vérification de la section sous combinaisons accidentelles

N°	Combinaison*	$F_{x,ed}$ (daN)	$F_{y,ed}$ (daN)	$F_{z,ed}$ (daN)	Taux total** Flexion composée
1	G + « Ex + 0,3.Ey »	8 daN	3 daN	13	3 %
2	G + « 0,3.Ex + Ey »	3 daN	8 daN	13	7 %

* « Ex » = hors plan (⊥ à la façade) et « Ey » = dans le plan (// à la façade)

** Taux total calculé selon NF EN 1995-1-1, Effort de compression négligée

$k_{mod} = 0,9$ et $\gamma_M = 1$ conformément à NF EN 1995-1-1 + NA et NF EN 1998-1 + NA

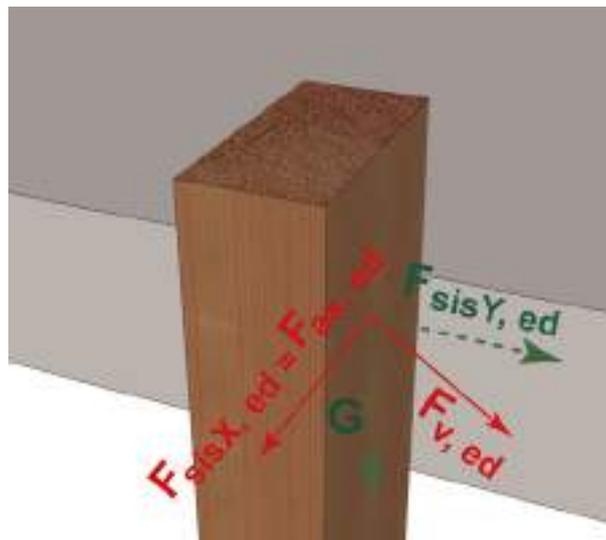
Tableau D4 : Vérification des attaches / Sollicitations sur appuis

N°	Combinaison*	$F_{ax,Ed}$	$F_{v,Ed}$
1	G + « Ex + 0,3.Ey »	7,7 daN	13,2 daN
2	G + « 0,3.Ex + Ey »	2,3 daN	15,1 daN

* « Ex » = hors plan ($F_{ax,Ed}$) et « Ey » = dans le plan ($F_{v,Ed}$)

** Taux total calculé selon NF EN 1995-1-1

Figure D3 : Représentation des directions des efforts



Les fixations doivent être dimensionnées pour reprendre les efforts ci-dessus calculés.

Cas de fixation sur support béton : la fixation au gros œuvre béton est réalisée par chevilles métalliques portant le marquage CE sur la base d'un ATE selon ETAG 001 - Parties 2 à 5 pour un usage en béton fissuré (options 1 à 6) et respectant les « Recommandations à l'usage des professionnels de la construction pour le dimensionnement des fixations par chevilles métalliques pour le béton » (Règles CISMA éditées en septembre 2011).

Ces chevilles métalliques doivent résister aux sollicitations en traction et au cisaillement données dans le tableau ci-dessus, avec prise en compte de l'excentrement de la charge (Hauteur lame / 2) impliquant des moments induits.

TABLE DES MATIÈRES

01 • INTRODUCTION	4
02 • OBJET DES RECOMMANDATIONS PROFESSIONNELLES	5
2.1 Contenu des recommandations professionnelles	5
2.2 Panel des configurations possibles	6
2.3 Domaine d'application des recommandations professionnelles	7
03 • RÉFÉRENCES NORMATIVES ET RÉGLEMENTAIRES	8
3.1 Référentiels produits	8
3.2 Référentiels conception	9
3.3 Référentiels mise en œuvre	10
04 • TERMINOLOGIE, DÉFINITIONS	11
4.1 Ouvrage	11
4.2 Ossature secondaire	11
4.3 Lames	11
4.4 Support de l'ouvrage	11
4.5 Fixation	11
4.6 Ancrage de l'ouvrage	12
05 • PRESCRIPTION SUR LE CHOIX DES MATÉRIAUX	13
5.1 Parties d'ouvrage bois	13
5.1.1 Choix des essences et durabilité biologique pour lame et ossature secondaire	13
5.1.2 Prescriptions spécifiques pour les lames	14
5.1.3 Prescriptions spécifiques pour les ossatures secondaires	19
5.2 Ossature secondaire métallique	20
5.2.1 Acier de construction métallique	20
5.2.2 Acier inoxydables	21
5.2.3 Alliage d'aluminium	21
5.3 Organes de fixation	21
5.3.1 Protection contre la corrosion	21
5.3.2 Exigences spécifiques sur les organes de fixations du bois	23
5.3.3 Exigences spécifiques sur les organes de fixations du métal	24
5.3.4 Exigences spécifiques communes sur les organes de fixations	25
06 • CONCEPTION	26
6.1 Principes généraux	26
6.2 Supports admissibles	26
6.3 Dimensionnement	27
6.3.1 Sollicitations	27
6.3.2 Ossatures secondaires	33
6.3.3 Lames en bois	34
6.3.4 Lames en bois - Exemples de cas pré-calculés	34

6.4	Fixations	52
6.4.1	Fixations des lames sur ossature secondaire en bois	52
6.4.2	Fixations des lames sur ossature secondaire en métal	53
6.4.3	Ancrages des ouvrages	54
6.5	Maîtrise de la durabilité	55
6.5.1	Maîtrise de la durabilité des ouvrages bois	55
6.5.2	Maîtrise de la durabilité des parties d'ouvrages métalliques	59
6.6	Dilatation thermique des métaux	60
6.7	Sécurité incendie	60
6.8	Maîtrise de l'intégrité de l'étanchéité à l'eau du support	60
6.9	Finition	61
6.9.1	Pérennité d'aspect liée à l'action des intempéries (eau et UV)	61
6.9.2	Pérennité d'aspect liée au bleuissement et au développement de moisissures	61
6.10	Spécifications pour fonctionnalités particulières	62
6.10.1	Fonction brise-soleil	62
6.10.2	Fonction garde-corps pour éléments rapportés en façade	63
6.10.3	Fonction décorative	63
07	• MISE EN ŒUVRE	64
7.1	Prescriptions générales	64
7.2	Tolérances admissibles du support	65
7.2.1	Tolérances générales pour support béton	65
7.2.2	Tolérances générales pour support métallique	65
7.2.3	Tolérances générales pour support bois	65
7.2.4	Tolérances générales de l'ouvrage fini	66
7.2.5	Ouvrage Complémentaire d'Interface Localisé (OCIL)	66
7.3	Interface entre les intervenants	66
7.4	Approvisionnement et stockage	67
7.5	Support et fixation	67
7.6	Mise en œuvre de l'élément rapporté	68
7.7	Autocontrôle de l'ouvrage terminé	68
08	• ENTRETIEN	69
ANNEXE A	• RAPPEL DE L'IDENTIFICATION DES SOLLICITATIONS ET DES ÉLÉMENTS GÉNÉRAUX POUR LE DIMENSIONNEMENT	70
A.1	NEIGE - Charge au sol	70
A.2	NEIGE - Accumulation de neige applicable aux éléments de brise soleil	71
A.3	VENT - Pression dynamique de pointe	72
A.4	VENT - Éléments structuraux de section rectangulaire	74
A.5	Combinaisons d'actions et coefficients d'accompagnement	75
A.6	ELS - Composantes de la flèche	75
A.7	Éléments normatif spécifique au bois	76
A.7.1	Résistance de calcul	76
A.7.2	Classes de durée de chargement	76
A.7.3	Classes de service	76

A.7.4	Valeurs de k_{mod}	77
A.7.5	Coefficients partiel de sécurité M	77
A.7.6	Facteurs de modification de la déformation k_{def} pour les classes de service	77
ANNEXE B • ACTION DU VENT SUR OUVRAGE PLEIN.		78
B.1	Cas des ouvrages parallèles au plan de la façade (configuration 1)	78
B.2	Cas des ouvrages perpendiculaires au plan de la façade (configuration 2)	78
ANNEXE C • DIMENSIONNEMENT DES LAMES : MÉTHODE DE CALCULS ET HYPOTHÈSES POUR CAS PRÉ-CALCULÉS.		80
C.1	Hypothèses sur les matériaux	80
C.2	Hypothèses de calculs	80
C.3	Hypothèses sur les charges	81
C.3.1	Hypothèses pour les charges de vent	81
C.3.2	Hypothèses pour les charges de Neige	82
C.4	Combinaisons d'actions	82
C.5	Critères de déformation	83
ANNEXE D • JUSTIFICATION EN ZONES SISMIQUES DE LA FIXATION DES LAMES BOIS		84
D.1	Préambule	84
D.2	Détermination des contraintes sismiques	84
D.2.1	Selon l'aléa local	84
D.2.2	Selon la classification des bâtiments	85
D.2.3	Selon la classe de sol	86
D.3	Cas des ouvrages d'éléments bois rapportée en façade	86
D.3.1	Définition de l'exigence	86
D.3.2	Règles de moyen pour la justification des lames de la configuration 1.1 - Portée inférieure à 900 mm et épaisseur inférieure à 40 mm	87
D.3.2.1	Hypothèses et dispositions constructives	87
D.3.2.2	Effort sismique maximum appliqué sur les lames	87
D.3.2.3	Vérification de la résistance (critère de non effondrement)	88
D.3.3	Justification de la tenue de tous les types d'éléments rapportés en façade en zone sismique	88
D.3.3.1	Hypothèses et dispositions constructives	89
D.3.3.2	Effort sismique maximum appliqué sur l'élément	89
D.3.3.3	Vérification de la résistance (critère de non effondrement)	90

TABLE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Exigences minimales pour le choix d'aspect des lames en bois	14
Tableau 2 : Exigences complémentaires	15
Tableau 3 : Caractéristiques principales des essences résineuses et feuillues tempérées couramment utilisées	18
Tableau 4 : Caractéristiques principales des essences feuillues tropicales couramment utilisées	19
Tableau 5 : Spécifications minimales pour la protection contre la corrosion des organes de fixation	22
Tableau 6 : Compatibilité des essences de bois et des métaux	23
Tableau 7 : Exemple de lecture pour la définition de la largeur minimale des lames	36

Tableau 9 : Exemples de tolérances générales pour les bâtiments supports en béton de la NF EN 13670.....	65
Tableau 10 : Tolérances dimensionnelles et d'implantation des ouvrages bois	66
Tableau A.1 : Charges de vent indiquées en kN/m ²	71
Tableau A2 : Loi de variation en fonction de l'altitude du site de construction	71
Tableau A3 : Renvoi au tableau 5.2 de la NF EN 1991-1-3	72
Tableau A4 : Rugosité du site [NF EN 1991-1-4/NA]	73
Tableau A5 : Coefficients d'accompagnement par combinaisons d'actions	75
Tableau A6 : Classes de durée de chargement telles que définies dans l'Eurocode 5 NF EN 1995-1-1:2004 § 2.3.1.3 et § 4.2 ..	76
Tableau A7 : Valeurs de kmod - extrait de l'Eurocode 5 § 3.1.4	77
Tableau A8 : Coefficients partiel de sécurité M.	77
Tableau A9 : Facteurs de modification de la déformation kdef pour les classes de service.....	77
Tableau C1 : Pression dynamique de pointe en kN/m ² à H = 10 m	81
Tableau C2 : Pression dynamique de pointe en kN/m ² à H = 28 m	81
Tableau C3 : Charge de neige au sol Sk en kN/m ²	82
Tableau D1 : Coefficient d'importance par catégorie d'importance des bâtiments	86
Tableau D2 : Valeur du coefficient S par classe de sol	86
Tableau D3 : Sollicitations induites par organes de fixation	88
Tableau D4 : Vérification de la section sous combinaisons accidentelles	90
Tableau D4 : Vérification des attaches / Sollicitations sur appuis	90

TABLE DES FIGURES

Figure 1 : Ouvrages représentatifs.	6
Figure 2 : Coupe verticale – lame fixée à plat	17
Figure 3 : Coupe horizontale – lame fixée sur le chant	17
Figure 4 : Représentation de l'effort de vent appliqué sur une lame	27
Figure 5 : Abaque de détermination de la valeur 2	29
Figure 6 : Règles de construction parasismique applicables aux bâtiments neufs selon leur zone de sismicité et leur catégorie d'importance	29
Figure 7 : Domaine d'application pour la prise en compte de l'action sismique (extrait du guide ENS DHUP)	30
Figure 8 : Exemple de lecture des tableaux des configurations de cas pré-calculés	35
Figure 9 : Définition des cas de vent adaptés	35
Figure 10 : Configuration 1.1 - Hauteur de référence (Ze) = 10 m / Epaisseur minimale des lames (mm) en fonction de la portée et de la pression de vent	38
Figure 11 : Configuration 1.1 - Hauteur de référence (Ze) = 10 m / Réactions non pondérées à l'appui central (3 appuis)....	39
Figure 12 : Configuration 1.1 - Hauteur de référence (Ze) = 28 m / Epaisseur minimale (mm) en fonction de la portée et de la pression de vent	40
Figure 13 : Configuration 1.1 - Hauteur de référence (Ze) = 28 m / Réactions non pondérées à l'appui central (3 appuis)....	41
Figure 14 : Configuration 1.2 - Hauteur de référence (Ze) = 28 m - Vent Zone 2 / Rugosité IIIa / Largeur minimale de la lame en fonction de son épaisseur.....	42
Figure 15 : Configuration 1.2 - Hauteur de référence (Ze) = 28 m - Vent Zone 3 / Rugosité 0 / Largeur minimale de la lame en fonction de son épaisseur	43
Figure 16 : Configuration 1.3 - Hauteur de référence (Ze) = 10 m / Epaisseur minimale des lames (mm) en fonction de la portée et de la pression de vent	44

Figure 17 : Configuration 1.3 - Hauteur = 10 m / Réactions non pondérées à l'appui central (3 appuis)	45
Figure 18 : Configuration 1.3 - Hauteur de référence (Ze) = 28 m / Epaisseur minimale des lames (mm) en fonction de la portée et de la pression de vent	46
Figure 19 : Configuration 1.3 - Hauteur = 28 m / Réactions non pondérées à l'appui central (3 appuis)	47
Figure 20 : Configuration 2.1 / Epaisseur minimale des lames (mm) en fonction de la portée, de la charge de neige, et de la largeur des lames	48
Figure 21 : Configuration 2.1 / Réactions non pondérées de la neige à l'appui central (3 appuis)	49
Figure 22 : Configuration 2.2 - Hauteur de référence (Ze) = 28 m - Vent Zone 2 / Rugosité IIIa / Largeur minimale de la lame en fonction de son épaisseur	50
Figure 23 : Configuration 2.2 - Hauteur de référence (Ze) = 28 m - Vent Zone 3 / Rugosité 0 / Largeur minimale de la lame en fonction de son épaisseur	51
Figure 24 : Configuration 1.1 - Lame à plat sur ossature secondaire en bois	52
Figure 25 : Configuration 1.2 - Lame sur chant sur ossature secondaire en bois	52
Figure 26 : Configuration 1.3 - Lame oblique sur ossature secondaire en bois	53
Figure 27 : Configuration 1.1 - Lame à plat sur ossature secondaire en métal	53
Figure 28 : Configuration 1.2 - Lame sur chant sur ossature secondaire en métal	54
Figure 29 : Configuration 1.3 - Lame oblique sur ossature secondaire en métal	54
Figure 30 : Configuration 1.2 - ancrage par équerre sur support béton	55
Figure 31 : Configuration 1.2 - ancrage par étrier en âme sur support béton	55
Figure 32 : Coupe horizontale - lame à plat – pose directe sur ossature secondaire	56
Figure 33 : Coupe horizontale - lame à plat – décollée de l'ossature secondaire	56
Figure 34 : Coupe horizontale - lame sur chant – pose directe sur ossature secondaire	56
Figure 35 : Coupe horizontale - lame sur chant – pose décollée de l'ossature secondaire	57
Figure 36 : Coupe verticale - lame sur chant	57
Figure 37 : Coupe horizontale - lame à plat – pose directe sur ossature secondaire	57
Figure 38 : Coupe horizontale - lame à plat – décollée de l'ossature secondaire	58
Figure 39 : Coupe verticale - lame à plat	58
Figure 40 : Coupe horizontale - lame oblique – en contact direct avec l'ossature secondaire	58
Figure 41 : Coupe horizontale - lame oblique – décollée de l'ossature secondaire	58
Figure 42 : Coupe verticale - lame oblique	59
Figure A1 : Carte de la charge caractéristique de neige sur le sol à 200m d'altitude - Extrait NF-EN-1991-1-3 Annexe Nationale	70
Figure A2 : Dimensions nécessaires pour le calcul	71
Figure A3 : Vitesse de référence du vent [NF EN 1991-1-4/NA]	73
Figure A4 : Détermination du coefficient d'exposition en fonction de l'altitude et de la rugosité	74
Figure A5 : Coefficient de force Cf0 de section rectangulaires à angles vifs et sans écoulement de contournement aux extrémités § 7.6 - Eléments structuraux de sections rectangulaires de la NF EN 1991-1-4 et AN	74
Figure A6 : Composante de la flèche	76
Figure B1 : Cas de charges de vent associés sur des ouvrages parallèles au plan de la façade	78
Figure B2 : Cas de charges de vent associés sur des ouvrages perpendiculaires au plan de la façade	79
Figure D1 : Carte des zones sismiques en France métropolitaine	85
Figure D2 : Configuration 1.2 Lame sur chant en pose verticale	89
Figure D3 : Représentation des directions des efforts	90
Figure 11 : Configuration 1.1 - Hauteur de référence (Ze) = 10 m / Réactions non pondérées à l'appui central (3 appuis)	92



Les productions du programme PACTE sont le fruit d'un travail collectif des différents acteurs de la filière bâtiment en France.

Retrouvez gratuitement la collection sur www.programmepacte.fr

LES PARTENAIRES DU PROGRAMME PACTE

MAÎTRES D'OUVRAGE



ENTREPRISES/ARTISANS



MAÎTRES D'ŒUVRE



CONTRÔLEURS TECHNIQUES



INDUSTRIELS



ASSUREURS



PARTENAIRES PUBLICS



Le Secrétariat Technique du programme PACTE est assuré par l'Agence Qualité Construction.

ÉLÉMENTS BOIS NON STRUCTURAUX RAPPORTÉS EN FAÇADE

NOVEMBRE 2020

Les « **éléments bois non structuraux rapportés en façades** » sont regroupés sous un nom générique qui englobe l'ensemble des ouvrages de décoration bois en façade pouvant ou non, suivant les cas, avoir un impact sur la limitation des apports solaire. Ce ne sont pas des bardages et ils ne sont pas du ressort du NF DTU 41.2. Ces éléments n'ont donc pas vocation à participer à l'étanchéité de la façade.

Devant la recrudescence des opérations optant pour l'apport du bois dans l'esthétisme d'une façade, l'objectif de ces Recommandations Professionnelles « Eléments bois non structuraux rapportés en façades », est de constituer un premier référentiel technique pour la conception et la réalisation de ces différents types d'ouvrages.

Ces Recommandations Professionnelles couvrent l'exécution des différentes typologies d'ouvrages dont les fonctions principales peuvent être :

- limitation des apports solaires
- décoration
- claustras pouvant faire office de garde-corps.

Selon destination et fonction, sont donc décrites différentes typologies de lames en bois ou à base de bois, sur ossatures secondaires en bois ou en métal.

Ces ouvrages sont destinés à être mis en œuvre sur tous types de supports de techniques courantes.

Les justifications multicritères de ces ouvrages sont à apporter (stabilité mécanique, maîtrise de la durabilité, fixations, sécurité incendie, finition...) par le concepteur, selon les prescriptions du présent document. Ces Recommandations Professionnelles apportent, pour les lames, des justifications mécaniques sous la forme de tableaux de cas pré-calculés.

Des précisions sont apportées concernant la maîtrise de l'étanchéité à l'eau au niveau des ancrages sur les parois supports (notamment dans le cas de parois bois).

