



PROGRAMME D'ACCOMPAGNEMENT DES PROFESSIONNELS
« Règles de l'Art Grenelle Environnement 2012 »
www.reglesdelart-grenelle-environnement-2012.fr

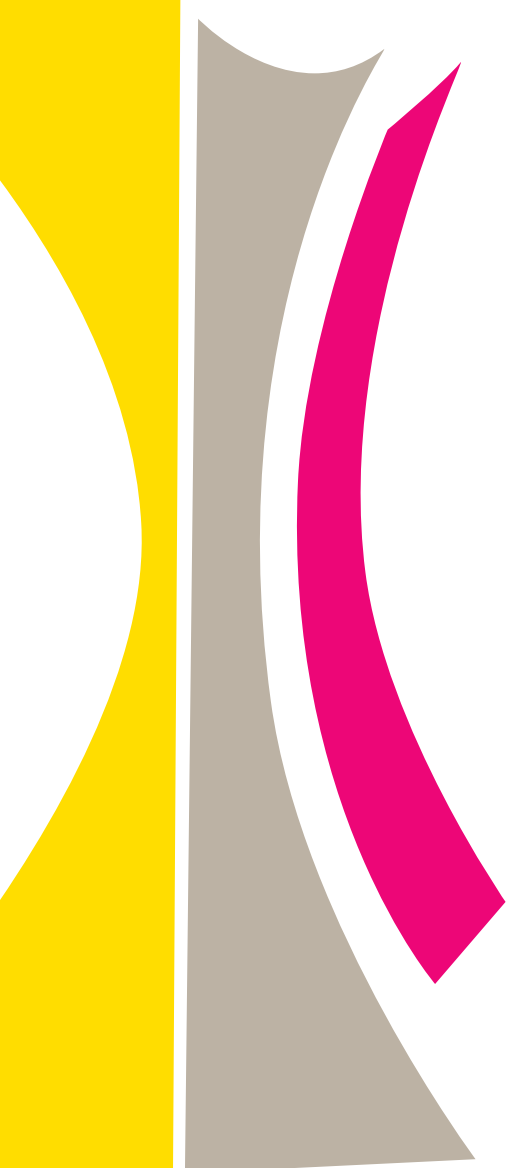
GUIDE

FAÇADE MULTIPLE

DOUBLE PEAU VENTILÉE NATURELLEMENT SUR L'EXTÉRIEUR

FÉVRIER 2014

NEUF-RENOVATION



ÉDITO

Le Grenelle Environnement a fixé pour les bâtiments neufs et existants des objectifs ambitieux en matière d'économie et de production d'énergie. Le secteur du bâtiment est engagé dans une mutation de très grande ampleur qui l'oblige à une qualité de réalisation fondée sur de nouvelles règles de construction.

Le programme « Règles de l'Art Grenelle Environnement 2012 » a pour mission, à la demande des Pouvoirs Publics, d'accompagner les quelque 370 000 entreprises et artisans du secteur du bâtiment et l'ensemble des acteurs de la filière dans la réalisation de ces objectifs.

Sous l'impulsion de la CAPEB et de la FFB, de l'AQC, de la COPREC Construction et du CSTB, les acteurs de la construction se sont rassemblés pour définir collectivement ce programme. Financé dans le cadre du dispositif des certificats d'économies d'énergie grâce à des contributions importantes d'EDF (15 millions d'euros) et de GDF SUEZ (5 millions d'euros), ce programme vise, en particulier, à mettre à jour les règles de l'art en vigueur aujourd'hui et à en proposer de nouvelles, notamment pour ce qui concerne les travaux de rénovation. Ces nouveaux textes de référence destinés à alimenter le processus normatif classique seront opérationnels et reconnus par les assureurs dès leur approbation ; ils serviront aussi à l'établissement de manuels de formation.

Le succès du programme « Règles de l'Art Grenelle Environnement 2012 » repose sur un vaste effort de formation initiale et continue afin de renforcer la compétence des entreprises et artisans sur ces nouvelles techniques et ces nouvelles façons de faire. Dotées des outils nécessaires, les organisations professionnelles auront à cœur d'aider et d'inciter à la formation de tous.

Les professionnels ont besoin rapidement de ces outils et « règles du jeu » pour « réussir » le Grenelle Environnement.

Alain MAUGARD

Président du Comité de pilotage du Programme
« Règles de l'Art Grenelle Environnement 2012 »
Président de QUALIBAT



PROGRAMME D'ACCOMPAGNEMENT DES PROFESSIONNELS

« Règles de l'Art Grenelle Environnement 2012 »

Ce programme est une application du Grenelle Environnement. Il vise à revoir l'ensemble des règles de construction, afin de réaliser des économies d'énergie dans le bâtiment et de réduire les émissions de gaz à effet de serre.

www.reglesdelart-grenelle-environnement-2012.fr

AVANT- PROPOS

Afin de répondre au besoin d'accompagnement des professionnels du bâtiment pour atteindre les objectifs ambitieux du Grenelle Environnement, le programme « Règles de l'Art Grenelle Environnement 2012 » a prévu d'élaborer les documents suivants :

Les **Recommandations Professionnelles** « Règles de l'Art Grenelle Environnement 2012 » 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 seront reconnus par les assureurs dès leur approbation.

Les **Guides** « Règles de l'Art Grenelle Environnement 2012 » sont des documents techniques sur une solution technique innovante améliorant les performances énergétiques des bâtiments. Leur objectif est de donner aux professionnels de la filière les règles à suivre pour assurer une bonne conception, ainsi qu'une bonne mise en œuvre et réaliser une maintenance de la solution technique considérée. Ils présentent les conditions techniques minimales à respecter.

Les **Calepins de chantier** « Règles de l'Art Grenelle Environnement 2012 » sont des mémentos destinés aux personnels de chantier, qui illustrent les bonnes pratiques d'exécution et les dispositions essentielles des Recommandations Professionnelles et des Guides « Règles de l'Art Grenelle Environnement 2012 ».

Les **Rapports** « Règles de l'Art Grenelle Environnement 2012 » présentent les résultats soit d'une étude conduite dans le cadre du programme, soit d'essais réalisés pour mener à bien la rédaction de Recommandations Professionnelles ou de Guides.

Les **Recommandations Pédagogiques** « Règles de l'Art Grenelle Environnement 2012 » sont des documents destinés à alimenter la révision des référentiels de formation continue et initiale. Elles se basent sur les éléments nouveaux et/ou essentiels contenus dans les Recommandations Professionnelles ou Guides produits par le programme.

L'ensemble des productions du programme d'accompagnement des professionnels « Règles de l'Art Grenelle Environnement 2012 » est mis gratuitement à disposition des acteurs de la filière sur le site Internet du programme : <http://www.reglesdelart-grenelle-environnement-2012.fr>

Sommaire

1 - Introduction	7
2 - Domaine d'application du guide.....	8
3 - Réglementation, normes et autres documents de référence	9
3.1. • NF DTU.....	9
3.2. • Normes	10
3.3. • Autres documents de référence.....	13
4 - Glossaire	14
5 - Façade multiple ou multi-parois	16
5.1. • Façade multiple, double peau ventilée sur l'extérieur naturellement	17
5.2. • Façade multiple, double peau ventilée sur l'extérieur mécaniquement	19
5.3. • Façade multi-parois, faiblement ventilée sur l'extérieur naturellement	20
5.4. • Façade multi-parois ventilée sur l'extérieur	21
5.5. • Façade multi-parois ventilée sur l'intérieur	22
5.6. • Façade multi-parois respirante	23
6 - Performances attendues	25
6.1. • Stabilité et solidité.....	25
6.2. • Sécurité des personnes	26
6.3. • Sécurité incendie.....	29
6.4. • Thermique.....	31
6.5. • Étanchéité à l'eau et perméabilité à l'air	34
6.6. • Acoustique.....	35
6.7. • Sécurité vis-à-vis des risques électriques.....	39
6.8. • Analyse économique	40
6.9. • Impacts environnementaux et sanitaires.....	41
6.10. • Énergies renouvelables	42
7 - Principe de mise en œuvre des façades double peau	43
7.1. • Généralités	43
7.2. • Mise en œuvre des façades double peau	43
7.3. • Mise en œuvre des stores.....	48

8 - Entretien, maintenance.....	49
8.1. • Responsabilités	49
8.2. • Entretien courant	50
8.3. • Mode de nettoyage.....	50
9 - Annexes.....	51
ANNEXE A : Détermination des actions du vent à prendre en compte pour le dimensionnement	52
ANNEXE B – détermination des efforts de vent sur les brise-soleil	64
ANNEXE C – façades légères en zone sismique	68
ANNEXE D – Méthode de calcul thermique	74
ANNEXE E – Mise en œuvre.....	90
ANNEXE F – Entretien et maintenance	93



Introduction

1



Dans le cadre de la réhabilitation de bâtiments ou de constructions neuves, les façades multiples double peau sont de plus en plus utilisées.

Leur conception permet, en particulier, de répondre aux exigences de la réglementation thermique (RT 2012) :

- de profiter des apports de chaleur (thermique d'hiver), tout en maîtrisant un confort thermique d'été ;
- de profiter des apports de lumière ;
- d'intégrer des protections solaires protégées des intempéries et facilement accessibles ;
- de gérer une ventilation du bâtiment par une gestion des ouvrants dans les peaux extérieures et intérieures.

L'objectif de ce guide est :

- de préciser les différents types de façades multiples et multi-parois ;
- d'attirer l'attention sur les principales dispositions constructives des façades multiples double peau ventilées sur l'extérieur ;
- de préciser une méthode de calcul thermique.

Domaine d'application du guide

2



Le présent document a pour objet de donner des indications à la maîtrise d'œuvre et à la maîtrise d'ouvrage sur la conception des façades double peau en travaux neufs, de rénovation et de réhabilitation.

Le présent document s'applique pour les façades multiples ventilées naturellement sur l'extérieur, accessibles ou non, avec la distinction suivante :

- double peau mince (> 200 mm et < 600 mm entre les peaux : pas de possibilité d'accéder à la lame d'air) ;
- double peau épaisse avec lame d'air ≥ 600 mm entre les peaux permettant un accès pour l'entretien.

Le présent document ne s'applique pas :

- aux façades multi-parois ;
- aux façades multiples ventilées sur l'intérieur ;
- aux façades triple peau ou plus,
- aux façades dont l'une des peaux n'est pas une façade vitrée.

Réglementation, normes et autres documents de référence

3



Le présent document s'appuie sur les documents de référence suivants. Pour les références datées, seule l'édition citée s'applique. Pour les références non datées, la dernière édition du document de référence s'applique (y compris les éventuels amendements).

3.1. • NF DTU

■ NF DTU 33.1 Travaux de bâtiment – Façades rideaux

- NF DTU 33.1 P1-1 Travaux de bâtiment – Façades rideaux – Partie 1 : Cahier des clauses techniques types – Mai 2008
- NF DTU 33.1 P2-2 Travaux de bâtiment – Façades rideaux – Partie 2 : Critères généraux de choix des matériaux – Mai 2008
- NF DTU 33.1 P2 Travaux de bâtiment – Façades rideaux – Partie 3 : Cahier des clauses administratives spéciales types – Mai 2008

■ NF DTU 39 Travaux de bâtiment – Travaux de vitrerie-miroiterie

- NF DTU 39 P1-1 Travaux de bâtiment – Travaux de vitrerie-miroiterie – Partie 1-1 : Cahier des clauses techniques – Octobre 2006
- NF DTU 39 P1-2 Travaux de bâtiment – Travaux de vitrerie-miroiterie – Partie 1-2 : Critères généraux de choix des matériaux (CGM) – Octobre 2006
- NF DTU 39 P2 Travaux de bâtiment – Marchés privés – Travaux de vitrerie-miroiterie – Partie 2 : Cahier des clauses spéciales (CCS) – Octobre 2006



- NF DTU 39 P3 Travaux de bâtiment – Travaux de vitrerie-miroiterie – Partie 3 : Mémento calculs des contraintes thermiques – Octobre 2006
- NF DTU 39 P4 Travaux de bâtiment – Travaux de vitrerie-miroiterie – Partie 4 : Mémento calculs pour le dimensionnement – Juillet 2012
- FD DTU 39 P5 Travaux de bâtiment – Travaux de vitrerie-miroiterie – Partie 5 : Mémento sécurité – Juillet 2012

3.2. • Normes

Façades rideaux, fenêtres et portes

- NF P01-012 Dimensions des garde-corps – Règles de sécurité relatives aux dimensions des garde-corps et rampes d'escalier – Juillet 1988
- NF EN 13830 Façades rideaux – Norme de produit – Janvier 2004
- NF EN 12152 Façades rideaux – Perméabilité à l'air – Exigences de performances et classification – Mai 2002
- NF EN 12153 Façades rideaux – Perméabilité à l'air – Méthode d'essai – Octobre 2000
- NF EN 12207 Fenêtres et portes – Perméabilité à l'air – Classification – Mai 2000

Eurocodes

- NF P 06-111-2 Eurocode 1 – Bases de calcul des structures – Partie 2 : annexe nationale à la NF EN 1991-1-1 – Juin 2004
- 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 – Mars 2003
- NF EN 1991-1-3 Eurocode 1 – Actions sur les structures – Partie 1-3 : actions générales – Actions de la neige – Avril 2004
- 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 1991-1-3:2004 – Actions générales – Charges de neige – Mai 2007
- NF EN 1991-1-4 Eurocode 1 – Actions sur les structures – Partie 1-4 : actions générales – Actions du vent – Novembre 2005
- 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 1991-1-4:2005 – Actions générales – Actions du vent – Mars 2008



- 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 – Septembre 2005

Photovoltaïque

- NF EN 61215 Modules photovoltaïques (PV) au silicium cristallin pour application terrestre – Qualification de la conception et homologation – Août 2005
- NF EN 61730-1 Qualification pour la sûreté de fonctionnement des modules photovoltaïques (PV) – Partie 1 : exigences pour la construction – Septembre 2009
- NF EN 61730-2 Qualification pour la sûreté de fonctionnement des modules photovoltaïques (PV) – Partie 2 : exigences pour les essais – Avril 2012

Acoustique

- NF EN ISO 10140-2 Acoustique – Mesurage en laboratoire de l'isolation acoustique des éléments de construction – Partie 2 : mesurage de l'isolation au bruit aérien – Mars 2013
- NF EN ISO 717-1 Acoustique – Évaluation de l'isolement acoustique des immeubles et des éléments de construction – Partie 1 : isolement aux bruits aériens – Mai 2013
- NF EN ISO 10848-2 Acoustique – Mesurage en laboratoire des transmissions latérales du bruit aérien et des bruits de choc entre pièces adjacentes – Partie 2 : application aux éléments légers lorsque la jonction a une faible influence – Novembre 2006
- NF EN 12354-1 Acoustique du bâtiment – Calcul de la performance acoustique des bâtiments à partir de la performance des éléments – Partie 1 : isolement acoustique aux bruits aériens entre des locaux – Août 2000
- NF EN 12354-2 Acoustique du bâtiment – Calcul de la performance acoustique des bâtiments à partir de la performance des éléments – Partie 2 : isolement acoustique au bruit de choc entre des locaux – Septembre 2000
- NF EN 12354-3 Acoustique du bâtiment – Calcul de la performance acoustique des bâtiments à partir de la performance des éléments – Partie 3 : isolement aux bruits aériens venus de l'extérieur – Juin 2000
- NF EN 12354-4 Acoustique du bâtiment – Calcul de la performance acoustique des bâtiments à partir de la performance des éléments – Partie 4 : transmission du bruit intérieur à l'extérieur – Décembre 2000



- NF EN 12354-5 Acoustique du bâtiment – Calcul de la performance acoustique des bâtiments à partir de la performance des éléments – Partie 5 : niveaux sonores dus aux équipements du bâtiment – Septembre 2013
- NF EN 12354-6 Acoustique du bâtiment – Calcul de la performance acoustique des bâtiments à partir de la performance des éléments – Partie 6 : absorption acoustique des pièces et espaces fermés – Août 2004

Autres normes

- NF EN ISO 6946 Composants et parois de bâtiments – Résistance thermique et coefficient de transmission thermique – Méthode de calcul – Juin 2008
- NF EN ISO 12631 Performance thermique des façades-rideaux – Calcul du coefficient de transmission thermique – Novembre 2012
- NF EN 1026 Fenêtres et portes – Perméabilité à l'air – Méthode d'essai – Septembre 2000
- NF P20-302 Caractéristiques des fenêtres – Mai 2008
- NF EN 13561 Stores extérieurs – Exigences de performance, y compris la sécurité – Novembre 2008
- NF E85-014 Éléments d'installations industrielles – Moyens d'accès permanents – Passerelles et plates-formes de travail – Avril 2008
- NF E85-015 Éléments d'installations industrielles – Moyens d'accès permanents – Escaliers, échelles à marches et garde-corps – Avril 2008
- NF C15-100 COMPIL Installations électriques à basse tension – Version compilée de la norme NF C15-100 de décembre 2002, de sa mise à jour de juin 2005, des fiches d'interprétation F11 de mars 2009, F12 d'octobre 2009, F13 de février 2010, F14 d'avril 2010, F15 et F16 de juillet 2010, de ses amendements A1 d'août 2008, A2 de novembre 2008 et A3 de février 2010 et de son rectificatif d'octobre 2010 – Octobre 2010
- UTE C15-712-1 Installations électriques à basse tension – Guide pratique – Installations photovoltaïques raccordées au réseau public de distribution – Juillet 2010

3.3. • Autres documents de référence

- Arrêté du 30 juin 1999 relatif aux caractéristiques acoustiques des bâtiments d'habitation
- Arrêté du 22 octobre 2010 relatif à la classification et aux règles de construction parasismique applicables aux bâtiments de la classe dite « à risque normal »
- Arrêté du 25 octobre 2012 modifiant l'arrêté du 22 octobre 2010 relatif à la classification et aux règles de construction parasismique applicables aux bâtiments de la classe dite « à risque normal »
- Arrêté du 25 avril 2003 relatif à la limitation du bruit dans les établissements de santé
- Décret n° 2011-321 du 23 mars 2011 relatif à l'étiquetage des produits de construction ou de revêtement de mur ou de sol et des peintures et vernis sur leurs émissions de polluants volatils
- Arrêté du 19 avril 2011 relatif à l'étiquetage des produits de construction ou de revêtement de mur ou de sol et des peintures et vernis sur leurs émissions de polluants volatils

4

Glossaire



Façade double peau ventilée sur l'extérieur

Cas particulier de la façade multiple dont la lame d'air :

- est mise en communication avec l'extérieur par ventilation naturelle ;
- est continue sur un (ou plusieurs) niveau(x).

Façade double peau ventilée sur l'intérieur

Cas particulier de la façade multiple dont la lame d'air :

- est mise en communication avec l'intérieur par ventilation naturelle ou mécanique ;
- est recoupée à chaque niveau.

Façade multi-parois

Façade légère constituée d'une seule ossature mais comprenant au moins deux remplissages disposés l'un derrière l'autre.

Façade multiple

Façade légère constituée de plusieurs façades légères à ossatures indépendantes, généralement deux, juxtaposées les unes devant les autres, séparées par une lame d'air continue sur la largeur et continue ou non sur la hauteur.

Façade rideau

Façade légère mono ou multi-parois, située entièrement en avant des nez de planchers et assurant à elle seule, sur toute sa surface, l'étanchéité à l'air et à l'eau.



Façade semi-rideau

Ensemble menuisé constituant la paroi extérieure d'une façade, mais dont certaines zones, et en particulier celles situées devant les allèges et trumeaux en béton ou maçonnés, n'assurent pas à elles seules l'étanchéité à l'air et/ou à l'eau de ces zones de façade.

Remplissages faiblement ventilés

Les remplissages sont ventilés naturellement vers l'extérieur par des orifices de ventilation de sections inférieures à celles définies dans le § 5.6.1.6 de la norme NF DTU 33.1.

Remplissages respirants

Les remplissages comportent une lame d'air mise en communication avec l'extérieur par des orifices disposés sur une même ligne horizontale.

Remplissages ventilés mécaniquement sur l'intérieur

La lame d'air de ces remplissages est mise en communication avec l'intérieur du local avec une extraction mécanique.

Remplissages ventilés naturellement sur l'intérieur

La lame d'air de ces remplissages est mise en communication avec l'intérieur du local.

Remplissages ventilés naturellement sur l'extérieur

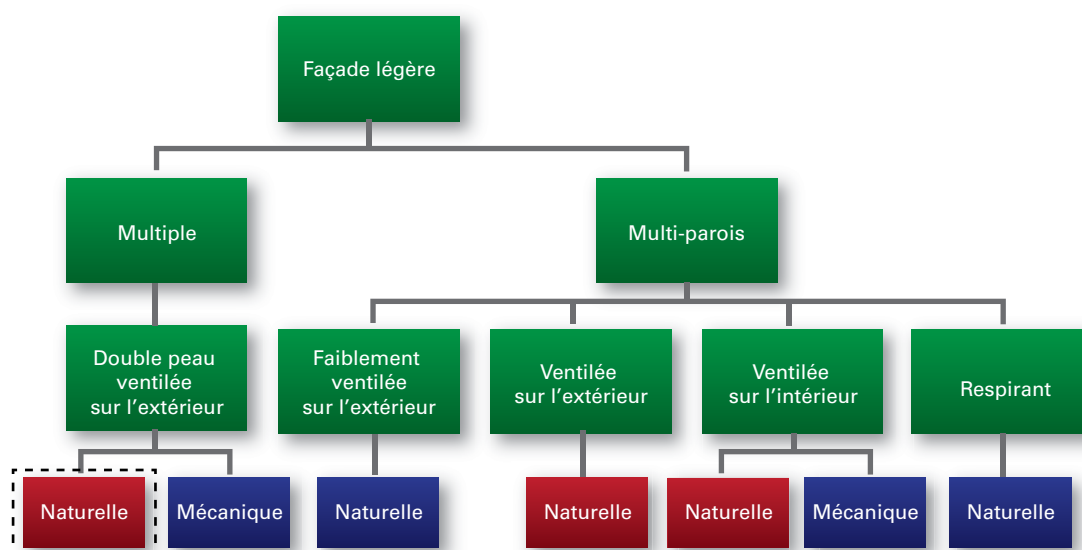
Les remplissages sont ventilés naturellement vers l'extérieur par des orifices de ventilation, de sections définies dans le § 5.6.1.6 de la norme NF DTU 33.1.

Façade multiple ou multi-parois

5



Façade multiple ou multi-parois



Légende :

Remplissage rouge : types de façade visés dans la norme NF DTU 33.1

Remplissage bleu : types de façade non visés dans la norme NF DTU 33.1

Encadré bleu pointillé : type de façade visé dans ce guide

▲ Figure 1 : Diagramme d'organisation des procédés de façades légères



5.1. • Façade multiple, double peau ventilée sur l'extérieur naturellement

La façade double peau ventilée est constituée de deux parois de verre séparées par une lame d'air. La ventilation de cette lame d'air résulte d'un phénomène de convection de l'air.

L'air entre en partie basse de la façade par des sections de ventilation, appelées entrées d'air. Cet air est chauffé dans la lame d'air, et monte par convection jusqu'aux sections de ventilation, appelées sorties d'air, situées en partie haute.

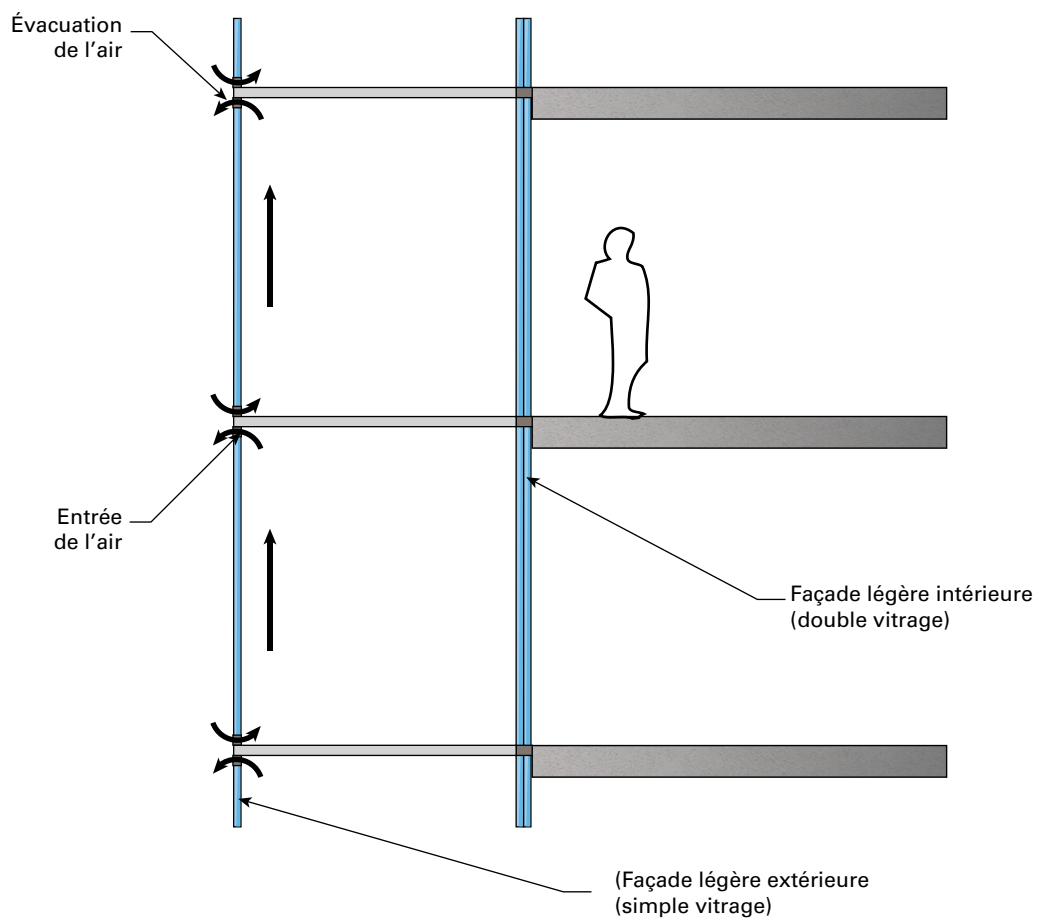
Les sections minimales recommandées de ventilation, avec fente continue d'au moins 50 mm, sont :

- 1,5 % de la surface de la peau extérieure, les orifices étant équitablement répartis et distants d'au plus 4 mètres verticalement ;
- 3 % dans les autres cas.

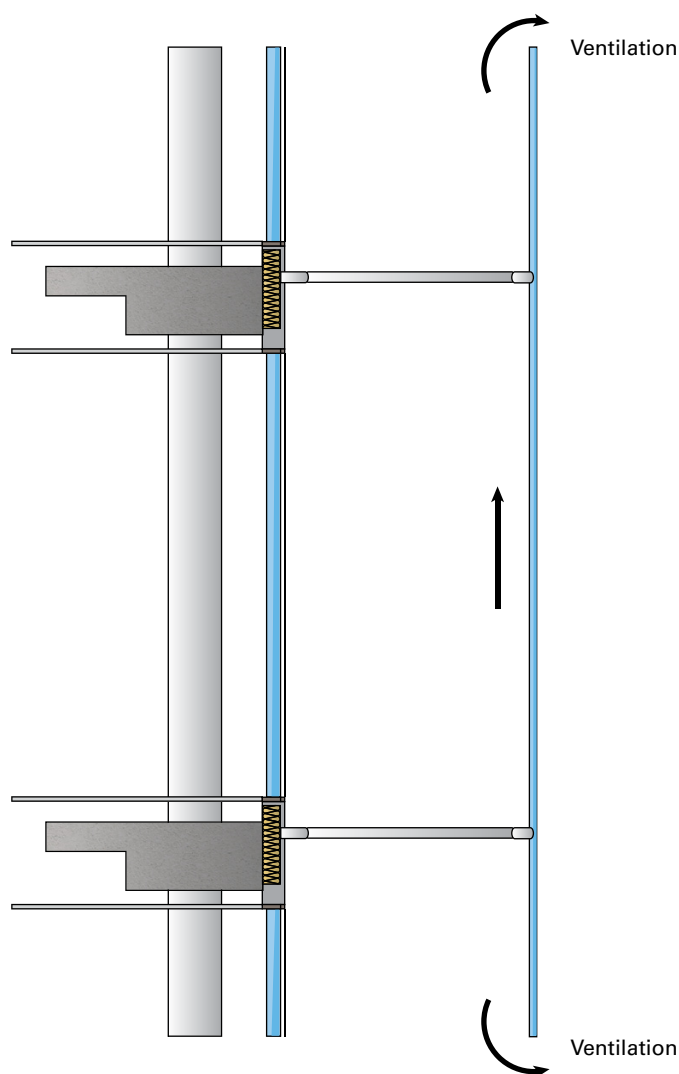
Le sens de circulation de l'air dans les façades double peau ventilées naturellement se fait de l'extérieur vers l'extérieur. L'air extérieur entre en partie basse du module de façade, monte par convection dans la lame d'air et ressort à l'extérieur en partie haute du module de façade.

Dans ce type de façade, le clos et le couvert du bâtiment est généralement assuré par la paroi intérieure. La peau intérieure est constituée essentiellement de vitrages isolants mis en œuvre sur une façade rideau, une façade semi-rideau ou une façade panneau. La peau extérieure peut être composée soit de vitrages attachée (VEA), de ventelles ou de volets, d'une façade rideau, etc. Cette peau est généralement composée de simples vitrages.

La façade double peau ventilée naturellement peut soit être recoupée à tous les niveaux, soit être continue sur deux niveaux ou plus. Le recoupement horizontal de la lame d'air peut être demandé en fonction des exigences de la sécurité incendie. Une limitation de la hauteur de la lame d'air de la façade double-double peut être exigée sur deux niveaux pour limiter l'effet cheminée.



▲ Figure 2 : Principe de fonctionnement d'une façade double peau ventilée naturellement sur un niveau



▲ Figure 3 : Principe de fonctionnement d'une façade double peau ventilée naturellement sur plusieurs niveaux

5.2. • Façade multiple, double peau ventilée sur l'extérieur mécaniquement

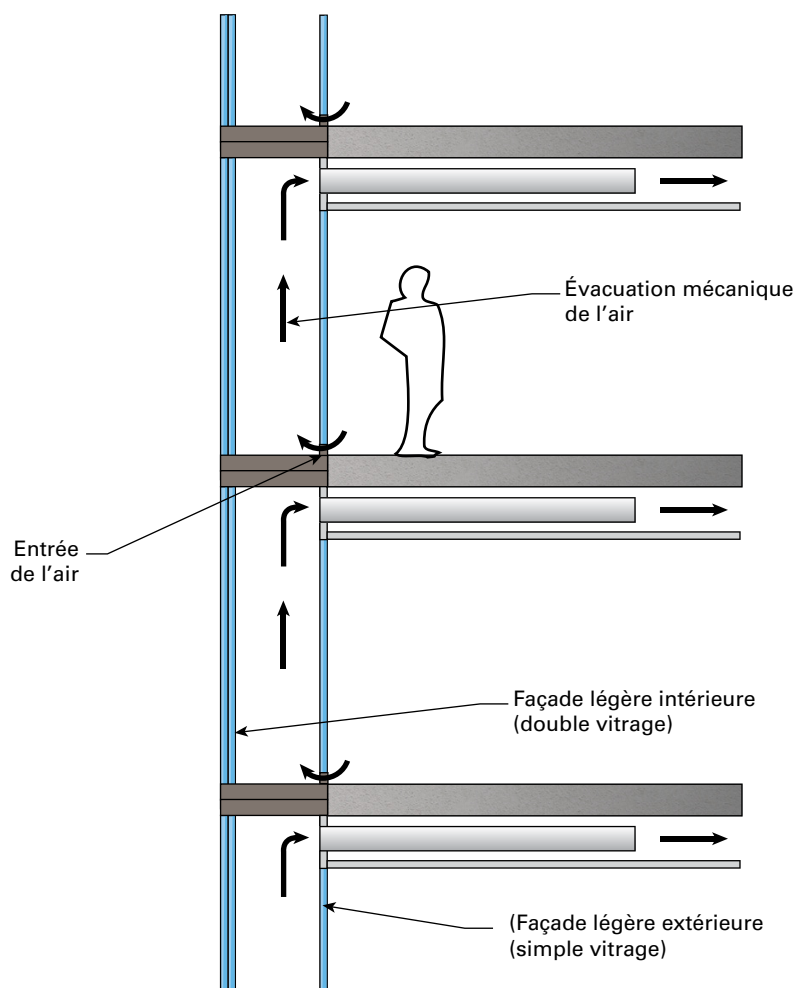
La façade double peau ventilée mécaniquement est constituée de deux parois de verre séparées par une lame d'air. La façade double peau ventilée mécaniquement est une façade dont la lame d'air est mise en communication avec l'intérieur du bâtiment par un système de ventilation mécanique.

La paroi intérieure est constituée de vitrages simples et la paroi extérieure est composée de vitrages isolants. La ventilation de la lame d'air est réalisée par une extraction mécanique avec un débit d'air forcé.

Le clos et le couvert du bâtiment est assuré par la paroi extérieure.

Le sens de circulation du flux d'air se fait de l'intérieur vers l'extérieur.

Pour les façades ventilées mécaniquement, la circulation d'air est fermée sur un seul étage.



▲ Figure 4 : Principe de fonctionnement d'une façade double peau ventilée mécaniquement

5.3. • Façade multi-parois, faiblement ventilée sur l'extérieur naturellement

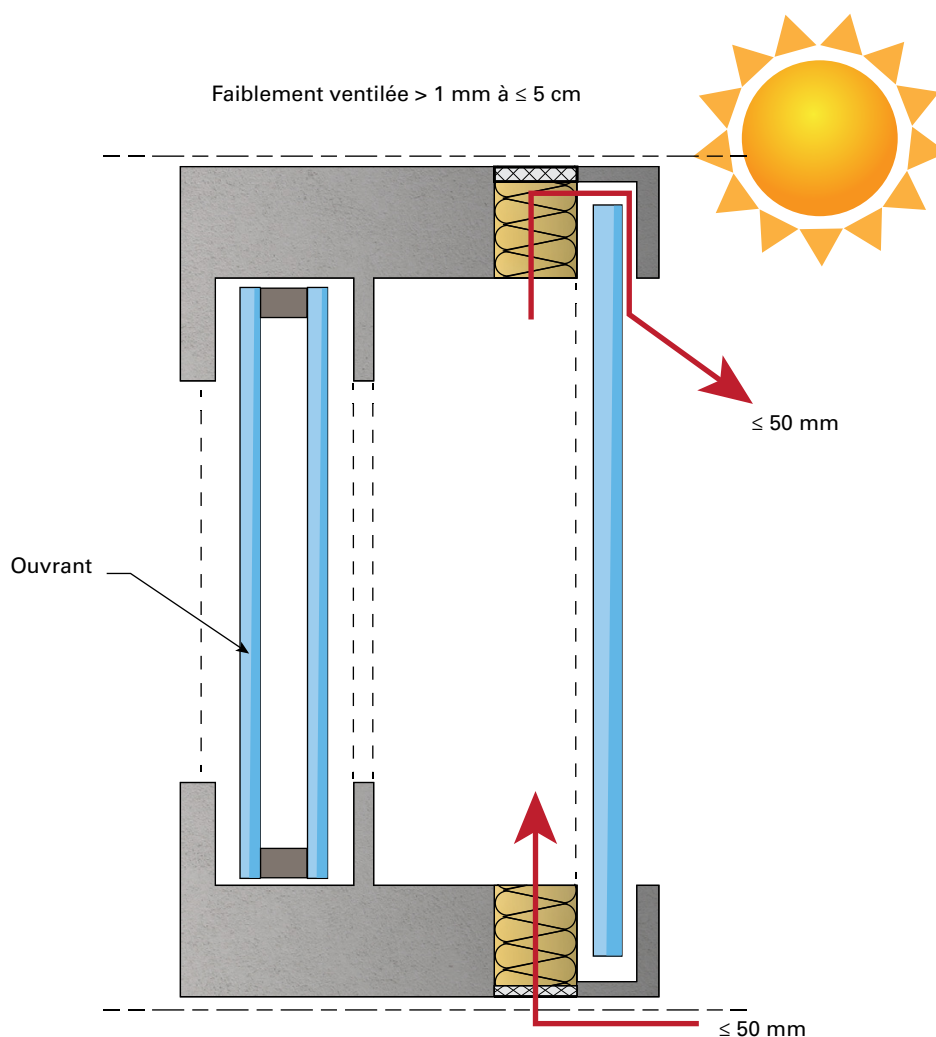
La façade faiblement ventilée est une façade multi-parois, dont la paroi intérieure est équipée d'ouvrants. Elle est constituée de deux peaux qui sont mises en œuvre sur une seule et même ossature. La ventilation de la lame d'air résulte à la fois du phénomène de convection de l'air mais aussi de l'équilibrage des pressions entre l'ambiance extérieure et la lame d'air (comme dans un remplissage respirant).

Pour la ventilation par convection, l'air entre en partie basse de la façade par des filtres mis en œuvre sur les sections de ventilation, appelées entrées d'air. Cet air est chauffé dans la lame d'air et monte par convection jusqu'aux sections de ventilation, appelées sorties d'air, situées en partie haute.

Les sections hautes et basses de ventilation sont inférieures à celles définies dans la norme NF DTU 33.1. On distingue les lames d'air très faiblement ventilée et faiblement ventilée par les sections hautes de ventilation. Dans le cas d'une lame d'air faiblement ventilée, l'ouverture totale est équivalente à une fente continue comprise entre 1 mm et 50 mm.

Le sens de circulation de l'air dans les façades faiblement ventilées se fait de l'extérieur vers l'extérieur.

La lame d'air faiblement ventilée est recoupée à tous les niveaux et par largeur de module.



▲ Figure 5 : Principe de fonctionnement d'une façade faiblement ventilée

5.4. • Façade multi-parois ventilée sur l'extérieur

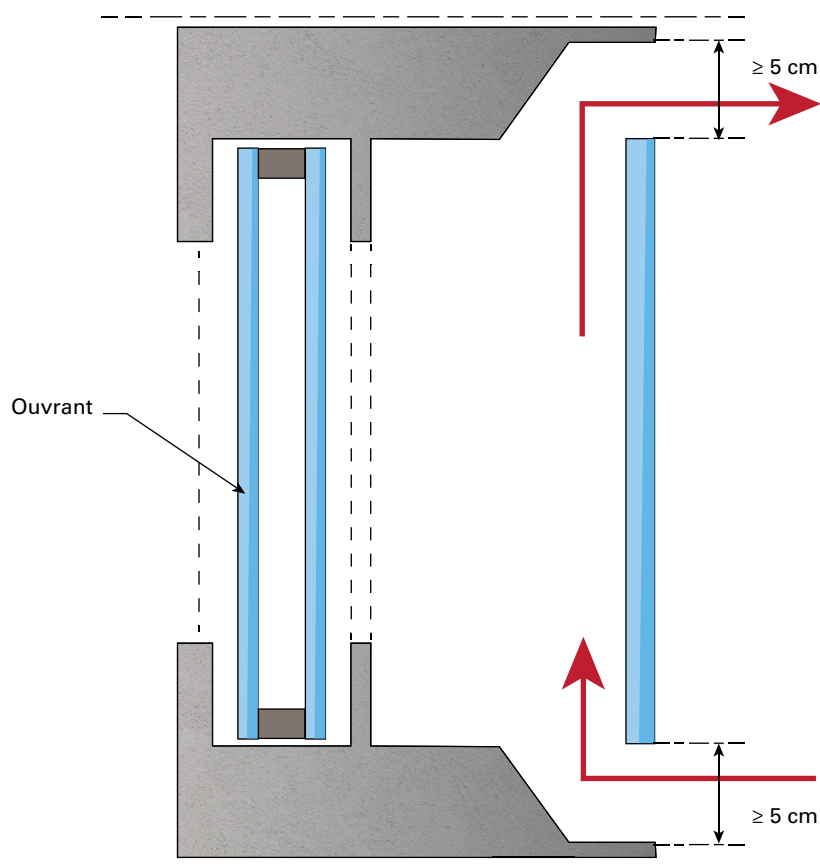
La façade ventilée est une façade multi-parois, elle est constituée de deux parois, dont la paroi intérieure est équipée d'ouvrants, qui sont mises en œuvre sur une seule et même ossature. La ventilation de la lame d'air résulte à la fois du phénomène de convection de l'air mais aussi de l'équilibrage des pressions entre l'ambiance extérieure et la lame d'air (comme dans un remplissage respirant).

Pour la ventilation, l'air entre en partie basse de la façade par les sections de ventilation, appelées entrées d'air. Cet air est chauffé dans la lame d'air, et monte par convection jusqu'aux orifices de ventilation, appelées sorties d'air, situées en partie haute.

Les sections hautes et basses de ventilation sont définies dans la norme NF DTU 33.1 : l'ouverture totale est équivalente à une fente continue d'au moins 50 mm en traverses haute et basse.

Le sens de circulation de l'air dans les façades ventilées se fait de l'extérieur vers l'extérieur. L'air extérieur entre en partie basse du module de façade, monte par convection dans la lame d'air et ressort à l'extérieur en partie haute du module de façade.

La lame d'air ventilée est recoupée à tous les niveaux et par largeur de module.



▲ Figure 6 : Principe de fonctionnement d'une façade multi-parois ventilée

5.5. • Façade multi-parois ventilée sur l'intérieur

Ce type de façade est une façade multi-parois ventilée naturellement ou mécaniquement. Elle est constituée de deux parois, dont la paroi intérieure est équipée d'ouvrants. Elles sont mises en œuvre sur une seule et même ossature.

La lame d'air ventilée est recoupée à tous les niveaux et par largeur de module.



5.5.1. • Cas d'une lame d'air mise en communication naturellement vers l'intérieur

La lame d'air située au contact de la face intérieure de la paroi extérieure doit être mise en communication avec l'intérieur.

Dans ce cas, il y a lieu de prévoir :

- une paroi extérieure assurant à elle seule le clos et couvert ;
- une vérification par calculs du non risque de condensation et d'échauffement dans la lame d'air ;
- une paroi intérieure obligatoirement démontable dans la limite de 70 kg. Dans ce cas, l'incorporation d'un store est déconseillée (accès difficile, échauffement de lame d'air).



Cette technique est considérée comme traditionnelle.

5.5.2. • Cas d'une ventilation mécanique sur l'intérieur

La lame d'air située au contact de la face intérieure de la paroi extérieure doit être mise en communication avec l'intérieur afin de permettre l'extraction mécanique de l'air de cette lame.

Dans ce cas, il y a lieu de prévoir :

- une paroi extérieure assurant à elle seule le clos et couvert ;
- une vérification par calculs du non-risque de condensation et d'échauffement dans la lame d'air qui doit être faite sans tenir compte de la ventilation mécanique sur l'intérieur ;
- une paroi intérieure comportant des ouvrants de service.



Cette technique est considérée comme non traditionnelle.

5.6. • Façade multi-parois respirante

La façade respirante est constituée de deux parois généralement vitrées qui déterminent une lame d'air d'épaisseur variant de 40 à 400 mm environ.

La lame d'air est mise en communication avec l'ambiance extérieure par le biais de filtres situés en partie basse. Cette communication permet d'équilibrer les pressions partielles de vapeur d'eau de la lame d'air et de l'ambiance extérieure.

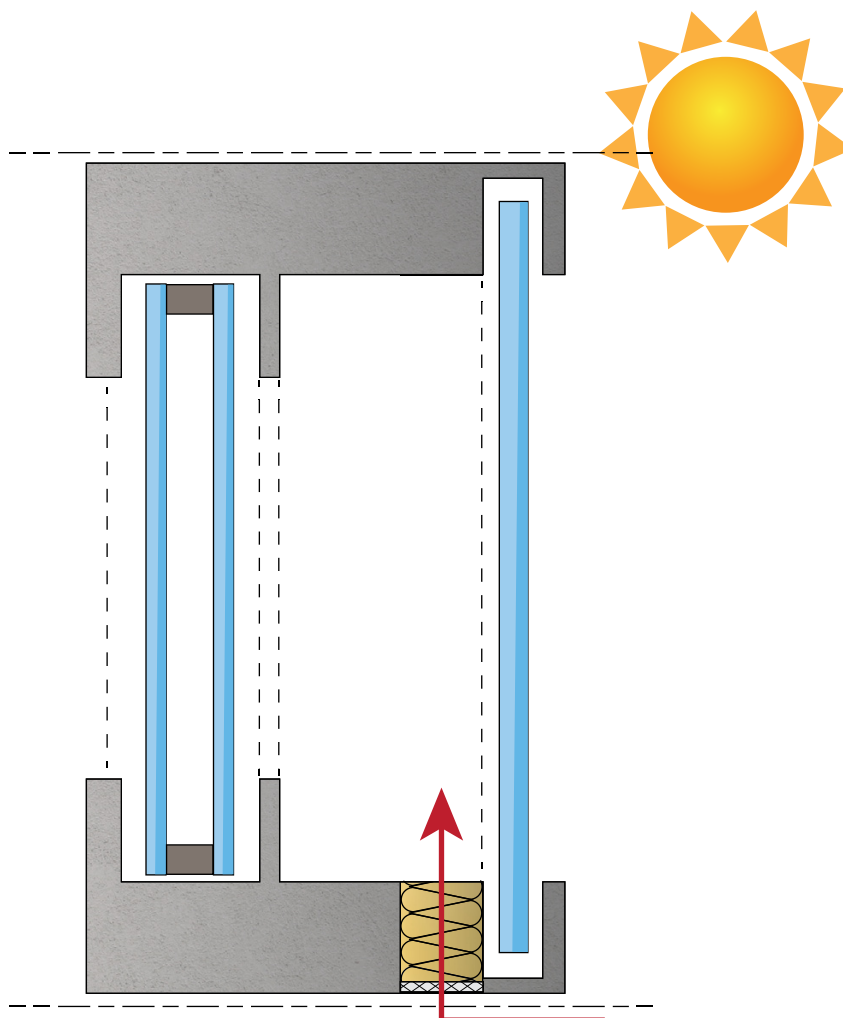
Le principe de la façade respirante est le suivant : diffusion de la vapeur d'eau contenue dans la lame d'air par des orifices situés en traverse basse, les filtres.

La peau intérieure est une façade constituée de vitrages isolants.

La peau extérieure est une façade constituée de vitrages simples.



Cette technique est considérée comme non traditionnelle.



▲ Figure 7 : Principe d'une façade respirante

Performances attendues

6



Note

Il est rappelé que la façade double peau, quelle que soit sa conception, n'est pas destinée à participer à la stabilité de l'ouvrage, laquelle incombe à la structure de celui-ci.

6.1. • Stabilité et solidité

La stabilité et la solidité de la façade doivent être évaluées suivant les normes NF DTU 33.1 et NF EN 13830.

Le dimensionnement du gros œuvre doit être conçu de manière à reprendre les charges de la façade double peau.

Le dimensionnement de la structure porteuse de la façade double peau doit être calculé en tenant compte de l'ensemble des charges induites.

Dans le cas de bâtiment existant (rénovation), il appartient au Maître d'ouvrage de faire réaliser un diagnostic de la structure à partir de la descente de charges et des déformations admissibles par la façade, fournies par le façadier.

Ce diagnostic permet de s'assurer de l'adéquation des principes constructifs tant en résistance qu'en déformation selon le type de façade double peau mise en œuvre et de réaliser les renforcements de la structure si nécessaire.

Conformément à la norme NF DTU 33.1 P1-1 et sauf spécifications contraires, les déplacements maximaux que devront pouvoir reprendre les façades posées et réglées sont de ± 5 mm pour les façades cadres et de ± 2 mm pour les façades grilles.



Vis-à-vis des actions du vent, on pourra appliquer :

- soit l'Annexe Nationale de la norme NF EN 1991-1-4 dans leurs limites de validité ;
- soit la fiche technique n° 45 – Pressions de vent applicables aux façades légères et la fiche technique n° 43 – Détermination des efforts de vent sur les brise-soleil (voir [ANNEXE A] et [ANNEXE B]).

Vis-à-vis des actions dues aux charges d'exploitation, les effets induits par les dispositifs d'accès (nacelles ou passerelles d'entretien ou accessibilité) devront être pris en compte. La détermination des actions est réalisée :

- selon les prescriptions des Documents Particuliers du Marché ;
- ou par application de la norme NF EN 1991-1-1 et de son annexe nationale NF P 06-111-2.

Vis-à-vis des actions sismiques, on pourra appliquer les dispositions précisées en [ANNEXE C] de ce document.

En présence d'un joint de dilatation sur le gros œuvre, deux ossatures indépendantes pour la façade (par exemple : le montant est doublé) sont généralement prévues.

Note

Les composants présents dans la lame d'air doivent être conçus avec les mêmes exigences que des éléments mis en œuvre en extérieur (par exemple vis-à-vis de la corrosion, de la température, des rayonnements UV...).

6.2. • Sécurité des personnes

Lorsque la conception de la façade double peau assure la protection contre les chutes des personnes, il y a lieu de respecter les spécifications minimales décrites dans la norme NF DTU 33.1 P1-1.

6.2.1. • Cas des façades double peau mince

Dans le cas des façades double peau mince, la peau intérieure ou extérieure peut assurer à elle seule la fonction de protection.

Dans le cas où la fonction de sécurité aux chutes des personnes est assurée par la peau extérieure, un seul réceptacle est requis au-dessus d'une zone d'activité afin de récupérer les éventuels bris de verre de la peau intérieure. Pour le dimensionnement du réceptacle, on pourra se référer au § 6.2 de la norme FD DTU 39 P5.

Si la peau assurant la fonction de sécurité aux chutes des personnes est pourvue de traverses intermédiaires, un essai M50/700 joules au centre géométrique du remplissage et un essai M50/900 joules au centre de la traverse intermédiaire sont requis.

Si cette peau n'est pas équipée de traverse intermédiaire, un essai M50/900 joules à 1,00 mètre du sol fini est requis.

6.2.2. • Cas des façades double peau épaisse

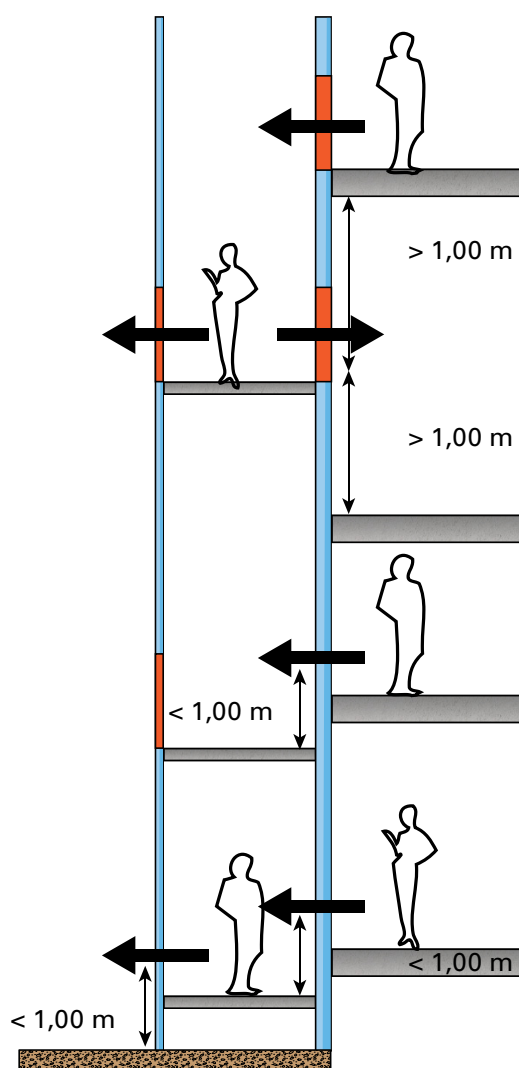
Pour les façades double peau épaisse, il conviendra de définir si l'accessibilité entre les deux peaux est de type public ou uniquement pour l'entretien.

Note

Les parties ajourées des planchers situées dans la lame d'air ne doivent pas permettre le passage d'une sphère de diamètre 20 mm.

6.2.2.1. • Cas des façades double peau épaisse accessibles au public

Chaque peau doit être traitée séparément en fonction des exigences vis-à-vis de la sécurité aux chutes des personnes.



▲ Figure 8 : Cas de risque de chute d'un usager

Dans le cas d'une personne à l'intérieur du bâtiment et si la sécurité des personnes est assurée par la peau intérieure alors, la façade intérieure doit être conforme aux recommandations de la norme NF DTU 33.1.

Dans le cas d'une personne à l'intérieur de la lame d'air, et si la passerelle est à une hauteur supérieure ou égale à 1,00 m du sol fini, alors les façades intérieure et extérieure doivent assurer la sécurité vis-à-vis des chutes des personnes et être conformes aux recommandations de la norme NF DTU 33.1.

Dans le cas d'une personne à l'intérieur du bâtiment, et si la passerelle est à une hauteur inférieure à 1,00 m du sol fini, alors la façade intérieure n'est pas obligée d'assurer la sécurité vis-à-vis des chutes de personnes. Celle-ci peut être assurée par la peau extérieure dont la hauteur de protection est définie selon la profondeur suivant la norme NF P 01-012.

Dans le cas d'une personne située à l'intérieur de la lame d'air, et si la passerelle est à une hauteur inférieure à 1,00 m du sol fini, la peau extérieure n'est pas obligée d'assurer la sécurité vis-à-vis des chutes des personnes.

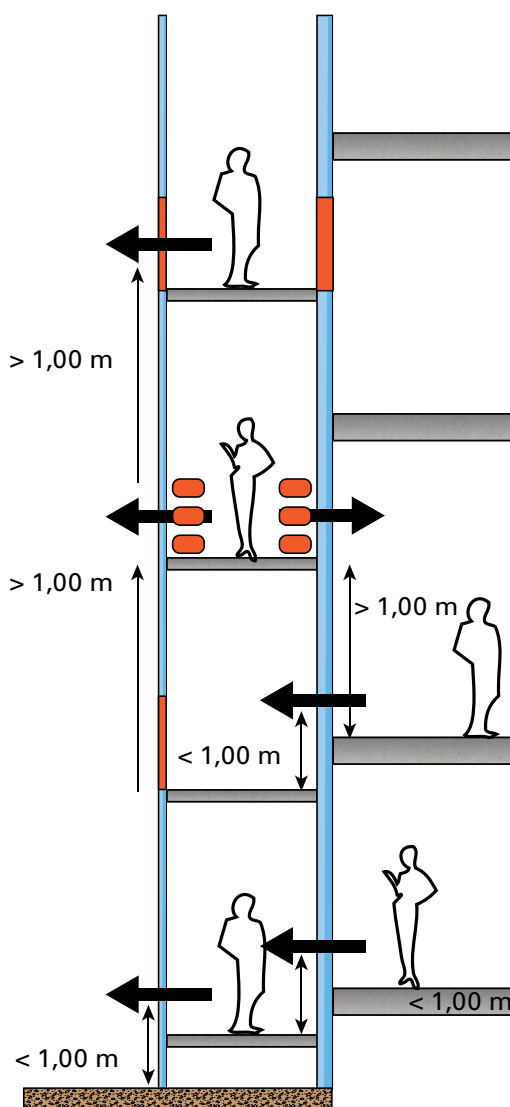
6.2.2.2. • Cas de la façade double peau épaisse accessible uniquement pour l'entretien

La peau intérieure ou extérieure peut assurer à elle seule la fonction de protection vis-à-vis des chutes des personnes.

Si la peau intérieure n'assure pas la sécurité vis-à-vis des chutes des personnes, alors la peau extérieure devra assurer la sécurité aux chutes pour le personnel d'entretien et des personnes à l'intérieur du bâtiment conformément à la norme NF DTU 33.1.

Dans le cas où la hauteur de chute est supérieure ou égale à 1,00 mètre, la sécurité du personnel d'entretien sur les passerelles situées dans la lame d'air est assurée par des protections résiduelles, type garde-corps industriel conforme à la norme NF E 85-015 ou par des Equipements de Protection Individuelle (EPI) (type « ligne de vie »...).

Dans le cas d'un usager à l'intérieur du bâtiment, et si la passerelle est à une hauteur inférieure à 1,00 m du sol fini, alors la façade intérieure n'est pas obligée d'assurer la sécurité vis-à-vis des chutes de personnes. Celle-ci peut être assurée par la peau extérieure dont la hauteur de protection est définie selon la profondeur suivant la norme NF P 01-012.



▲ Figure 9 : Cas de risque de chute d'un personnel d'entretien

Dans le cas de personnel d'entretien situé à l'intérieur de la lame d'air, et si la passerelle est à une hauteur inférieure à 1,00 m du sol fini, la peau extérieure n'est pas obligée d'assurer la sécurité vis-à-vis des chutes des personnes.

6.3. • Sécurité incendie

La sécurité incendie relève de dispositions réglementaires définies dans les arrêtés relatifs à chaque type de bâtiment.

Les exigences liées à la sécurité incendie doivent être définies dans les attendus du permis de construire.

Les principaux points à traiter sont :

- la limitation de la propagation du feu ;
- le traitement de l'étanchéité aux fumées et aux gaz chauds par la jonction façade/plancher ;
- l'accessibilité des secours en façade ;
- le désenfumage des locaux ;
- l'évacuation des personnes par les passerelles accessibles au public.

Note

Les dispositions suivantes sont en cours de validation auprès des autorités

6.3.1. • Cas de dispense

Plusieurs cas de dispense existent :

- l'installation d'un système d'extinction automatique de type sprinkleur ou tout autre système d'extinction validé par la commission de sécurité dans les locaux et compartiments adjacents à la façade double peau, dispense de toutes mesures décrites ci-après ;
- les façades intérieures de la double peau classées E(i → o) 60 ou au moins égal au degré de stabilité au feu du bâtiment dispense de toutes mesures définies ci-après ;

6.3.2. • Cas sans exigence réglementaire de C+D

Seule la gestion de la propagation des fumées est à considérer. Les façades double peau dont la peau extérieure présente de façon permanente, ou obtenue par asservissement, des vides supérieurs à 50 % également répartis, ne font pas l'objet d'exigences particulières de ce point de vue. Il en va de même pour les bâtiments de trois niveaux au plus dont la façade double peau est munie d'entrée(s) d'air en partie basse et d'évacuations en partie haute, sur toute sa longueur.

Les façades double peau des bâtiments de plus de trois niveaux, chaque niveau étant inférieur à 4 m de hauteur, font l'objet :

- soit d'un recoupement horizontal tous les trois niveaux. Le système de gestion thermique et aérodynamique de l'air entre les deux peaux doit assurer le contrôle des fumées horizontalement sur un développé de façade maximal de 20 m ;

- soit d'un recoupement vertical tous les 20 m avec désenfumage naturel de ce volume muni d'entrée(s) d'air en partie basse et d'évacuations en partie haute, sur sa longueur.

6.3.3. • Cas avec exigence réglementaire de C+D

Dans ce cas, la gestion de la propagation du feu et des fumées est à considérer.

La façade intérieure de la double peau classée E(o → i) 60 ou au moins égal au degré de stabilité au feu du bâtiment implique le désenfumage de l'espace entre les deux peaux. Cette disposition exclut la présence d'ouvrants de confort.

Le C+D est réalisé à chaque étage. De plus, un recoupement est réalisé, *a minima* tous les deux niveaux, par un D jusqu'au bout de la façade extérieure et l'étanchéité est effectuée par calfeutrement pour éviter le passage des fumées à l'étage du dessus. Le C éventuel est assuré sur la façade intérieure au niveau du plancher haut. Cette solution devra être validée par un essai LEPIR II et ne s'applique pas dans les locaux à sommeil.

La création d'un obstacle du passage du feu d'un étage à l'autre est faite par la réalisation du C+D. De plus, un recoupement est réalisé, à tous les niveaux, par un D jusqu'au bout de la façade extérieure et l'étanchéité est effectuée par calfeutrement pour éviter le passage des fumées à l'étage du dessus. Le C(i → o) éventuel est assuré sur la façade intérieure en retombée du plancher haut.

6.3.4. • Autres dispositions

6.3.4.1. • Accessibilité du bâtiment et des issues

Si le plancher est étanche aux flammes au droit des baies d'intervention pompier, et continu entre 2 baies décalées entre les peaux intérieure et extérieure, il est à sécuriser contre la chute.

6.3.4.2. • Utilisation de la double peau

Le volume d'air ne doit comporter aucune installation technique présentant un risque d'incendie et d'enfumage autres que celles nécessaires au fonctionnement des équipements intégrés à la façade.



6.4. • Thermique

6.4.1. • Contexte réglementaire

6.4.1.1. • Réglementations Thermiques (RT) dans le neuf et dans l'existant

La réglementation thermique se décline en une réglementation concernant les bâtiments neufs (RT 2012) et en deux réglementations pour les bâtiments existants (RT existant globale et RT existant par élément).

Bâtiments neufs

L'application de la RT 2012 couverte par les arrêtés du 26 octobre 2010 et du 28 décembre 2012 s'échelonne selon les catégories et l'usage des bâtiments entre le 27 octobre 2011 et le 1^{er} janvier 2013.

Bâtiments existants

La RT existant globale couverte par l'arrêté du 8 juin 2008 s'applique aux bâtiments construits après 1948 et aux rénovations importantes lorsque la surface du bâtiment est supérieure à 1000 m² et lorsque le coût des travaux est supérieur à 25 % de la valeur du bâtiment concerné.

La RT existant par élément couverte par l'arrêté du 3 mai 2007 s'applique aux cas de rénovation non visés par la RT existant globale.

6.4.1.2. • Respect des exigences globales

Bâtiments neufs

La RT 2012 fixe des exigences globales à ne pas dépasser sur le besoin bioclimatique (Bbio), les ponts thermiques (Ratio ψ), la perméabilité à l'air, la consommation en énergie primaire (Cep) et la Température intérieure de confort (Tic).

Bâtiments existants

La RT existant globale fixe des exigences globales à ne pas dépasser sur la déperdition moyenne par transmission à travers l'enveloppe (Ubât), la consommation en énergie primaire (Cep) et la Température intérieure de confort (Tic). Elle fixe par ailleurs une exigence de réduction de la Cep initiale.

La RT existant par élément ne fixe pas d'exigence globale à l'échelle du bâtiment.

6.4.1.3. • Respect des exigences minimales et valeurs limites concernant le procédé

Bâtiments neufs

À l'inverse, la RT 2012 ne fixe pratiquement plus d'exigence à l'échelle des parois mais conserve une exigence minimale sur le pont thermique du plancher intermédiaire.

Bâtiments existants

La RT existant globale fixe des coefficients de transmission surfacique U maximaux à ne pas dépasser à l'échelle des parois.

Pour les parois vitrées, la réglementation thermique par éléments fixe des coefficients de transmission surfacique U maximaux à ne pas dépasser pour les composants qui ont été remplacés ou installés.

Les façades double peau sont soumises aux exigences minimales synthétisées dans le (Tableau 1).

	RT	Exigences	
		U en W/(m².K)	ψ en W/(m.K)
Neuf	2005	$U_{cw} \leq 2,60$	$\psi \leq 0,65$ pour dans le cas des maisons individuelles $\psi \leq 1,00$ dans le cas des bâtiments d'habitation autres que les maisons individuelles $\psi \leq 1,20$ dans le cas des bâtiments à usage autres que d'habitation
	2012	Aucune exigence	$\psi \leq 0,6$ pour les planchers intermédiaires
Existant	Globale	$U_{cw} \leq 2,60$	Aucune exigence
	Par élément	Aucune exigence	Aucune exigence

▲ **Tableau 1** : Exigences minimales applicables aux façades double peau

Dans le cas (rare) de façades double peau donnant sur un local destiné au sommeil et de catégorie CE1, la mise en place de protections solaires est obligatoire de sorte que le facteur solaire S_{cws} de la façade, protections solaires déployées, soit inférieur aux valeurs suivantes (Tableau 2).

Zones H1a et H2a	Toutes altitudes		
Zones H1b et H2b	Altitude > 400 m	Altitude ≤ 400 m	
Zones H1c et H2c	Altitude > 800 m	Altitude ≤ 800 m	
Zones H2d et H3		Altitude > 400 m	Altitude ≤ 400 m
1– BAIES EXPOSÉES BR1 HORS LOCAUX À OCCUPATION PASSAGÈRE			
Baie verticale nord	0,65	0,45	0,25
Baie verticale autre que nord	0,45	0,25	0,15
Baie horizontale	0,25	0,15	0,10



Zones H1a et H2a	Toutes altitudes		
Zones H1b et H2b	Altitude > 400 m	Altitude ≤ 400 m	
Zones H1c et H2c	Altitude > 800 m	Altitude ≤ 800 m	
Zones H2d et H3		Altitude > 400 m	Altitude ≤ 400 m
2– BAIES EXPOSÉES BR2 OU BR3 HORS LOCAUX À OCCUPATION PASSAGÈRE			
Baie verticale nord	0,45	0,25	0,25
Baie verticale autre que nord	0,25	0,15	0,15
Baie horizontale	0,15	0,10	0,10
3– BAIES DE LOCAUX À OCCUPATION PASSAGÈRE			
Baie verticale	0,65	0,65	0,45
Baie horizontale	0,45	0,45	0,45

▲ **Tableau 2 :** Facteurs solaires maximaux admissibles pour une façade double peau avec protection solaire déployée donnant sur un local destiné au sommeil de catégorie CE1

6.4.2. • Performances thermiques intrinsèques du procédé

La performance énergétique intrinsèque des façades double peau est caractérisée par trois coefficients :

- un coefficient de transmission thermique surfacique moyen U_{cw} s'exprimant en $W/(m^2.K)$, qui caractérise les déperditions thermiques de l'intérieur vers l'extérieur ;
- un facteur de transmission de l'énergie solaire S_{cw} (sans unité), qui caractérise la capacité de la façade à capter / limiter les apports solaires, permettent ainsi de profiter des apports solaires gratuits en hiver et de limiter le recours aux systèmes de refroidissement en été ;
- un facteur de transmission lumineuse TL_{cw} (sans unité), qui caractérise la capacité de la façade à capter / limiter les apports lumineux, permettant ainsi de limiter l'utilisation de l'éclairage artificiel dans le bâtiment.

Les facteurs de transmission solaire et lumineuse se décomposent en plusieurs composantes caractérisant la nature de l'énergie solaire et de la lumière transmises.

Les paramètres pouvant impacter de façon importante la performance énergétique des façades double peau sont :

- la nature du vitrage utilisé en particulier pour la peau intérieure (simple, double, double avec faible émissivité, double avec faible émissivité et remplissage gaz lourd, triple, vitrage à contrôle solaire...) ;
- le type de profilé utilisé (avec ou sans rupture de pont thermique) ;
- la géométrie de la façade (nombre de profilés, ratio clair moyen...) ;

- les sections de ventilation de l'espace d'air entre peaux en parties haute et basse de la façade ;
- la présence ou non de protections solaires pour réduire les apports solaires estivaux et limiter ainsi le recours au système de refroidissement ;
- la nature des protections solaires employées en particulier leurs propriétés diffusantes pour obtenir une ambiance lumineuse intérieure de qualité et limiter ainsi le recours à l'éclairage artificiel ;
- le type de ventilation de l'espace d'air entre les peaux (forcée ou naturelle) ainsi que le degré de ventilation (fortement ou faiblement).

6.5. • Étanchéité à l'eau et perméabilité à l'air

6.5.1. • Étanchéité à l'eau

L'étanchéité à l'eau de la façade double peau est assurée :

- par la paroi intérieure, si les joints (espacement entre les éléments constituant la paroi extérieure) sont supérieurs à 20 mm. Dans ce cas, la paroi intérieure devra avoir un classement AEV conformément à la norme européenne NF EN 13830 ;
- par la paroi extérieure, si les joints sont inférieurs ou égaux à 20 mm. Dans ce cas, la paroi intérieure devra avoir au minimum un classement R4 conformément à la norme européenne NF EN 13830.

Lorsqu'il y a pénétration des systèmes de reprise de la peau extérieure (exemple : couteaux) au travers de la peau intérieure, une attention particulière doit être apportée à la réalisation de l'étanchéité de la peau intérieure.

Note

La conception de la façade double peau ne doit pas permettre de zone de rétention d'eau.

6.5.2. • Perméabilité à l'air

6.5.2.1. • Assurer l'étanchéité

La perméabilité à l'air dans le cas d'une façade double peau ventilée sur l'extérieur, est assurée par la peau intérieure.

Pour les parties fixes et ouvrantes de la peau intérieure, les performances de perméabilité à l'air sont évaluées et classées conformément aux normes NF EN 12152 et NF EN 12153.

Pour les ouvrants de la peau intérieure, leurs performances peuvent aussi être évaluées conformément aux normes NF EN 12207, NF P 20-302 et NF EN 1026.

6.5.2.2. • Risque de condensation

Dans le cas d'une façade ventilée et épaisse, la face 1 de la peau extérieure peut condenser pendant une période très limitée. Ce phénomène est non durable et réversible.

6.6. • Acoustique

6.6.1. • Trois critères acoustiques

Trois contraintes acoustiques sont à surveiller pour ce type d'ouvrage :

- protéger les occupants du bâtiment de l'environnement extérieur ;
- gérer la transmission acoustique entre deux pièces contiguës en façade ;
- gérer le bruit généré par la façade sous l'action du vent.

6.6.2. • Protection acoustique vis-à-vis de l'espace extérieur

Il est important qu'une façade remplisse sa fonction de protection acoustique afin de ne pas dépasser un niveau de pression acoustique intérieure incompatible avec l'activité du lieu (par exemple : 30 dB en chambre, 35-40 dB en bureau, etc.).

Note

Pour décrire l'exigence acoustique sur la transmission directe d'une façade double peau, on parle d'indice d'affaiblissement acoustique R_w (C ; C_{tr}). Cet indice sera exprimé en décibel (dB). Lorsque cela est nécessaire, l'indice d'affaiblissement acoustique doit être déterminé par des essais en laboratoire qui seront réalisés suivant la norme NF EN ISO 10140-2, et les résultats obtenus à la suite de ces essais devront être exprimés conformément à la norme NF EN ISO 717-1.

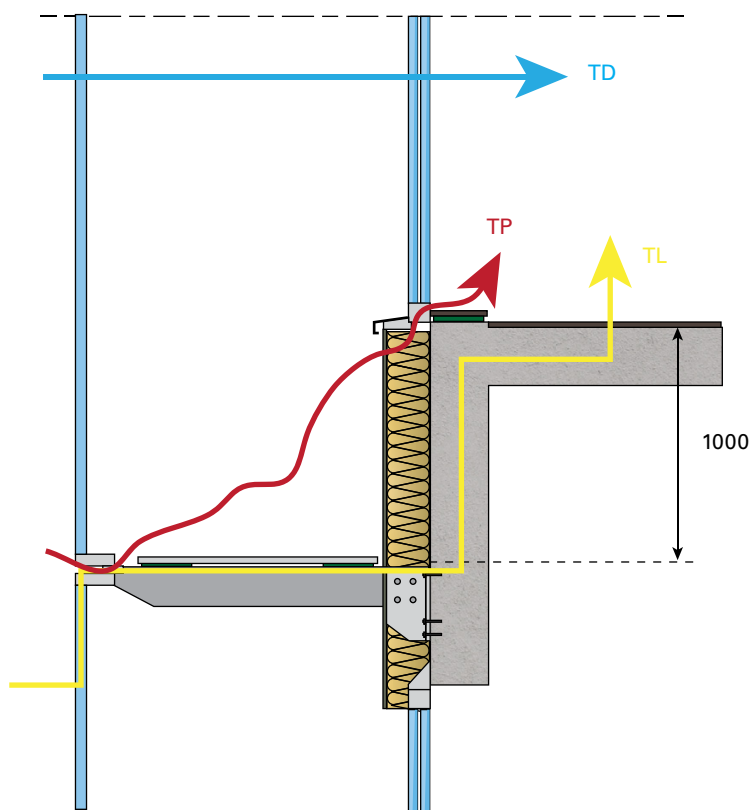
À ce jour, quatre types de bâtiments sont réglementés avec un niveau d'isolement ($D_{nT,A,tr}$) minimum de 30 dB partout en France :

- habitations (arrêté du 30 juin 1999 relatif aux caractéristiques acoustiques des bâtiments d'habitation) ;

- établissements d'enseignement (arrêté du 25 avril 2003 relatif à la limitation du bruit dans les établissements d'enseignement) ;
- établissements de santé (arrêté du 25 avril 2003 relatif à la limitation du bruit dans les établissements de santé) ;
- hôtels (arrêté du 25 avril 2003 relatif à la limitation du bruit dans les hôtels).

Cet isolement acoustique peut être affecté par plusieurs voies de transmission des bruits :

- les transmissions directes ;
- les transmissions latérales (généralement faibles pour ce type de système) ;
- les transmissions parasites.



▲ Figure 10 : Chemins de transmissions acoustiques au travers d'une façade double peau

Les transmissions directes sont principalement dues aux composants vitrés, aux éléments de remplissages, aux profilés, aux entrées d'air et à la distance entre les deux peaux.

Les transmissions parasites peuvent être liées à des défauts d'étanchéité. Ce type de défaut est facilement identifiable.

Pour les systèmes ventilés, la présence des ouvertures (intérieure, extérieure ou les deux) sera nécessaire pour les essais d'indice d'affaiblissement acoustique pour être sûr de ne pas surévaluer la performance du système. Attention tout particulièrement dans les systèmes de ventilation intérieur/extérieur (ou vice versa).



6.6.3. • Amélioration de l'isolation acoustique

Afin d'améliorer l'isolation acoustique des façades double peau, quelques solutions existent (liste non exhaustive) :

- écarter les deux peaux de la façade ;
- quand la façade double peau est ventilée, bien concevoir celle-ci, notamment dans les cas de ventilation intérieur/extérieur ;
- utiliser des vitrages plus épais ;
- favoriser des vitrages asymétriques dans les limites des règles mécaniques ;
- utiliser des vitrages feuilletés avec un intercalaire PVB acoustique ;
- assurer une bonne étanchéité à l'air entre les parties ouvrantes et les parties fixes ;
- assurer une bonne étanchéité à l'air entre la façade double peau et le gros œuvre ;
- apporter une attention particulière aux raccordements entre l'ossature et les remplissages.

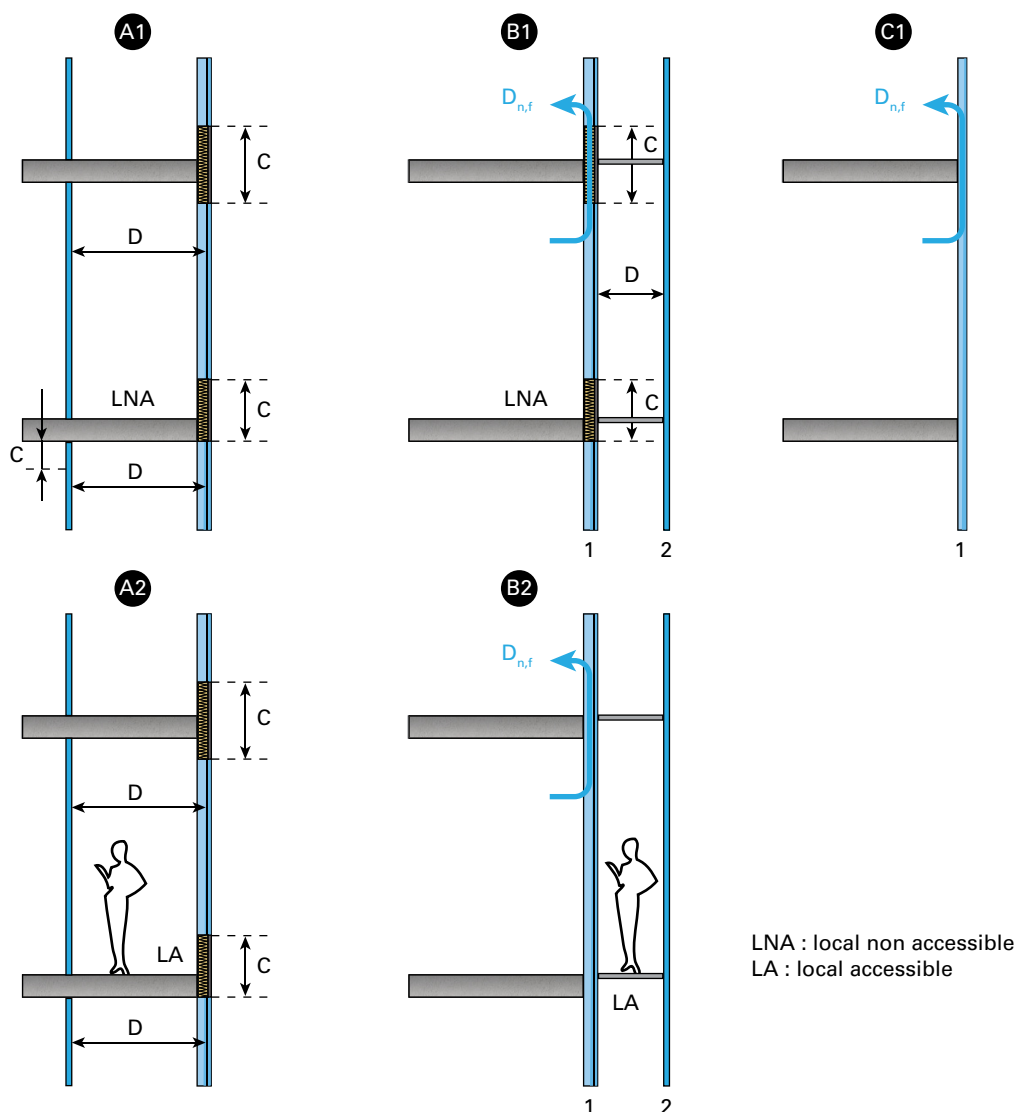


Les vitrages feuilletés acoustiques ne sont pas nécessairement des vitrages feuilletés de sécurité pour la sécurité vis-à-vis des risques de chutes des personnes.

6.6.4. • Gérer la transmission acoustique entre deux pièces contiguës en façade

La contribution d'une façade double peau à l'isolement entre deux pièces contiguës en façade dépend du type de façade double peau rencontré. Si l'on prend la classification de la (Figure 11), les cas où la façade contribue significativement à cet isolement sont principalement les cas B1, B2 et C1. Dans ces cas, où la peau intérieure de la façade double peau est filante devant le nez du plancher et/ou du refend, la contribution acoustique de ce système à l'isolement intérieur se caractérise à l'aide d'une mesure en laboratoire de l'isolement latéral $D_{n,f}$ selon la norme NF EN ISO 10848-2.

Il faut ensuite utiliser les méthodes de calculs européennes NF EN ISO 12354-1 à 6 (implémentées notamment dans le logiciel AcouBAT) pour simuler l'isolement final entre les pièces du projet. On retiendra que pour un isolement $D_{nT,A} \geq 53$ dB, il faut généralement un isolement latéral de la façade $D_{n,f,w} + C \geq 56$ dB.



▲ Figure 11 : Types de façades double peau rencontrés et contribution principale à l'isolement entre pièces

Pour les systèmes ventilés, présentant au moins un échange avec l'intérieur, l'interphonie par les ouvertures de la peau intérieure devra être intégrée dans l'essai d'isolement latéral normalisé $D_{n,f}$ pour les façades concernées (types B et C de la (Figure 11)).

Pour améliorer l'isolement latéral de ce type de façade, il faut réussir à la fois à limiter la « continuité vibratoire » de la façade entre les deux pièces et à bien traiter la jonction du nez de refend ou de dalle. Pour la jonction verticale entre deux pièces côte à côte, il faut privilégier par exemple l'usage de deux demi-meneaux au lieu d'un seul monolithique au droit du séparatif. Comme il n'est pas facile de connaître le calepinage en amont, il faut privilégier l'usage de demi-meneau une trame sur deux au minimum. Pour ce qui est du traitement entre le plancher ou refend et la façade, les solutions existent, il faut juste y penser et bien le dimensionner (ex. : plaque métallique/plâtre/... étanche sur les deux faces du séparatif avec un produit de type laine minérale entre les deux).

6.6.5. • Gérer le bruit généré par la façade sous l'action du vent

Un certain nombre de dispositifs utilisés en façade peuvent, sous l'effet du vent, générer des nuisances sonores importantes. Celles-ci dépendent d'un grand nombre de paramètres et sont encore assez difficile à prévoir correctement. Parmi ceux-ci on peut citer, la vitesse et la direction du vent, le caractère turbulent ou laminaire de ce dernier, la présence en façade d'éléments « saillants », tubulaires ou encore d'arêtes vives. La nature des phénomènes sonores observés est aussi très diverse, d'un sifflement (très sélectif fréquemment) à des chocs ou des nuisances vibratoires transmises à la structure, tout est dans la nature.

Pour les prévenir ou y remédier, des recherches sont en cours au CSTB et devraient aboutir dans les prochaines années sur des outils opérationnels pour répondre à certaines de ces questions. Il existe d'ores et déjà des méthodes d'évaluation en soufflerie pour identifier des problèmes de sifflement notamment (plaques perforées, caillebotis, résille, brise-soleil,...).

Pour limiter ce type de nuisances, dans les zones exposées à des vitesses de vent significatives, il faut limiter, par exemple, l'usage d'arêtes vives ou d'éléments tubulaires ouverts.

6.7. • Sécurité vis-à-vis des risques électriques

Toute installation électrique devra être conçue et réalisée par une entreprise habilitée.

Les occupants ne doivent subir aucun dommage corporel pouvant résulter des installations électriques mises en œuvre dans les façades double peau.

Le respect des prescriptions définies dans la norme NF C15-100, pour le dimensionnement et la pose des matériels, permet de s'assurer de la sécurité. Dans ce cadre, il convient de respecter notamment les dispositions suivantes :

- les ossatures de la façade ne doivent pas être utilisées comme conducteurs de descente du système de protection contre la foudre ;
- en cas de montage de matériels électriques sur les ossatures métalliques de la façade, celles-ci doivent être reliées à un conducteur de protection. Il en est de même si les ossatures sont utilisées pour le passage des conducteurs, sauf si ces conducteurs sont de classe 2 et qu'ils ne comportent aucun raccordement sur la traversée de l'ouvrage ;

- les matériels électriques mis en place doivent être choisis en fonction des conditions de service et influences externes (selon chapitre 512 de la norme NF C 15-100) ;
- le choix des types de canalisations électriques doit être fait en fonction de leurs conditions de mise en œuvre (selon chapitre 521 de la norme NF C 15-100) ;
- les canalisations doivent être réalisées de manière à pouvoir remplacer les conducteurs détériorés.

Pour les installations photovoltaïques, il conviendra de se référer à l'Avis Technique du fabricant ainsi qu'au guide UTE C15-712-1.

6.8. • Analyse économique

6.8.1. • Avantages d'une façade double peau

Les principaux avantages d'une façade double peau sont :

- l'aspect esthétique de la façade extérieure. La façade double peau permet de séparer l'aspect fonctionnel de la peau intérieure et l'aspect esthétique de la peau extérieure ;
- la protection de la peau intérieure face aux intempéries.

Selon la conception des façades double peau, la protection apportée par la peau extérieure permet donc :

- la mise en place de protections solaires protégées dans la lame d'air ;
- le rafraîchissement diurne et/ou nocturne simplifié et facilité par l'intermédiaire d'ouvrants de confort sur la peau intérieure. Les systèmes de « free-cooling » peuvent permettre de limiter le recours à la climatisation ;
- l'amélioration du confort d'été dans les bâtiments par diminution de la température de surface des vitrages de la peau intérieure par l'intermédiaire de la circulation d'air dans la lame d'air ;
- l'amélioration de l'isolation thermique pour le confort d'hiver ;
- l'amélioration des performances acoustiques sous condition de perméabilité de la paroi extérieure ;
- la possibilité de production d'énergie annexe sur la peau extérieure du type vitrages photovoltaïques, micro-algues...

6.8.2. • Inconvénients d'une façade double peau

Les inconvénients que peut présenter la mise en œuvre d'une façade double peau sont :

- la perte de surface utile due à l'épaisseur de la lame d'air entre les deux peaux de la façade. Toutefois, cela n'impacte pas le calcul de surface utile réglementaire ;
- le surcoût : entre 1,5 fois à 2 fois le coût d'une façade simple peau, qui est dû à l'installation de deux façades ;
- l'entretien plus important car il y a quatre faces de vitrages à nettoyer au lieu de deux dans le cas d'une façade simple peau ;
- la gestion de la protection feu et du désenfumage ;
- l'intégration d'ouvrants pompiers du fait de la nécessité de traverser les deux peaux pour accéder à l'intérieur du bâtiment ;
- la difficulté de la conception pour permettre l'accessibilité à la lame d'air aux utilisateurs et aux personnes à mobilité réduite.

6.9. • Impacts environnementaux et sanitaires

6.9.1. • Santé

Les matériaux constitutifs de la façade double peau ne doivent pas être susceptibles d'émettre, dans des conditions normales d'emploi, des gaz nocifs, des radiations ou des poussières nocives. Ils doivent également présenter, indépendamment ou en association (remplissages composés par exemple), une stabilité physico-chimique convenable et durable dans les conditions normales d'emploi et, en particulier, sous l'effet des températures supportées par ces matériaux.

Note 1

Certains produits et revêtements de surface, indépendamment de ces critères, peuvent être interdits par le Code de la Santé et du Travail, soit parce qu'ils renferment des substances dangereuses, soit parce que leur mise en œuvre est considérée comme dangereuse.

Note 2

Les produits utilisés peuvent respecter le Document Guide H 99/363 : approche harmonisée relative aux substances dangereuses dans le cadre de la directive 89/106/CEE relative aux produits de construction.

**Note 3**

En France, le Règlement de Produits de Construction n° 305/2011 du Parlement européen et du Conseil du 9 mars 2011 établit des conditions harmonisées de commercialisation pour les produits de construction et abroge la directive 89/106/CEE du Conseil.

Les produits constitutifs de la face intérieure de la peau intérieure de la façade double peau doivent respecter le décret n° 2011-321 du 23 mars 2011 et l'arrêté du 19 avril 2011 relatifs à l'étiquetage des produits de construction ou des revêtements de mur ou de sol et des peintures et vernis sur leurs émissions de polluants volatils.

6.9.2. • Hygiène

Sauf spécification particulière, la température superficielle du parement intérieur de la paroi intérieure des remplissages est calculée pour une ambiance intérieure hivernale de 20 °C et 40 % HR.

Les façades double peau ne sont pas conçues pour contribuer aux apports d'air nécessaires à la ventilation des locaux, en dehors des possibilités d'aération naturelle par l'ouverture des ouvrants.

6.9.3. • Environnement

Les procédés de façades double peau peuvent disposer d'une fiche EPD (Environmental Product Declaration) ou de Fiches de Déclaration Environnementales et Sanitaires (FDES).

6.10. • Énergies renouvelables

La peau extérieure peut recevoir des remplissages de type :

- photovoltaïques ;
- panneaux solaires (production d'eau chaude) ;
- culture de micro-algues ;
- bactéries ;
- végétaux.

Pour certains, ces remplissages sont très innovants et n'ont jamais fait l'objet d'études particulières.

Dans le cas où on souhaite mettre en œuvre ces types de remplissages dans une façade double peau, ceux-ci devront faire l'objet d'études particulières adaptées à chaque type de remplissage.

Principe de mise en œuvre des façades double peau

7



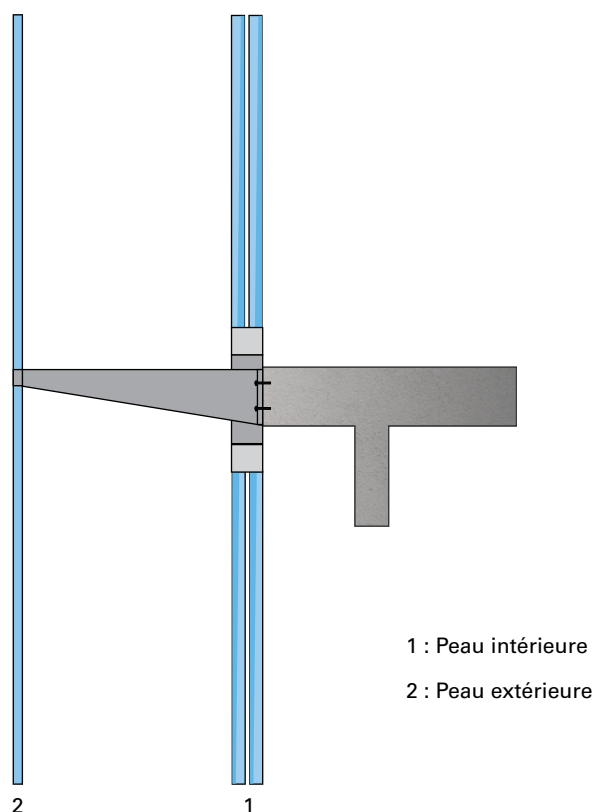
7.1. • Généralités

Les conditions de mise en œuvre doivent respecter les spécifications de la norme NF DTU 33.1 (voir [ANNEXE E] de ce guide) pour les façades et de la norme NF DTU 36.5 pour les fenêtres et portes éventuellement incorporées.

7.2. • Mise en œuvre des façades double peau

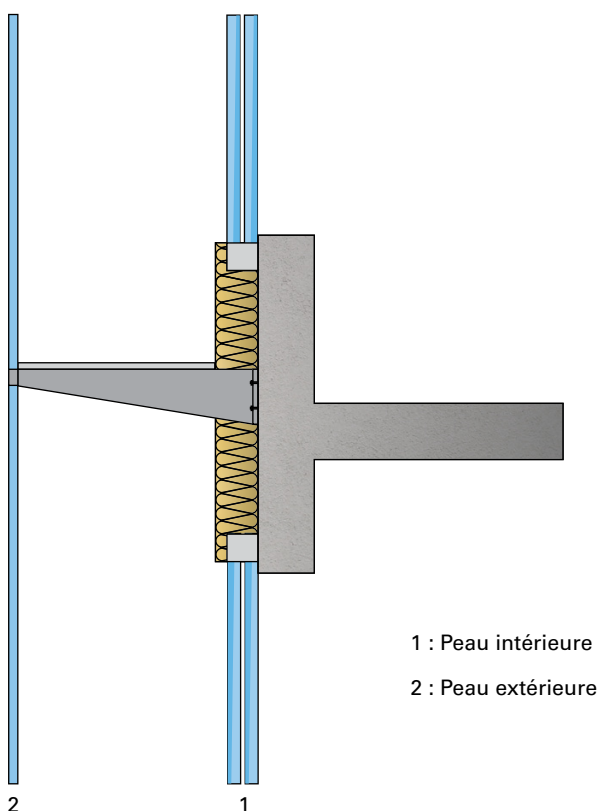
Pour les bâtiments à ossature béton, il peut s'avérer nécessaire de mettre en œuvre des poutres de rives de forte section pour permettre l'ancrage de la façade double peau, avec pré-scellement ou rail incorporé.

Dans le cas de pré-scellements ou de rails incorporés, une attention particulière doit être apportée au positionnement et aux tolérances de pose (ces prescriptions sont définies dans les ATE correspondants).



▲ Figure 12 : Principe de fixation d'une façade double peau par console

La (Figure 13) présente une double peau sur structure béton associant une bande horizontale vitrée et un mur rideau extérieur.

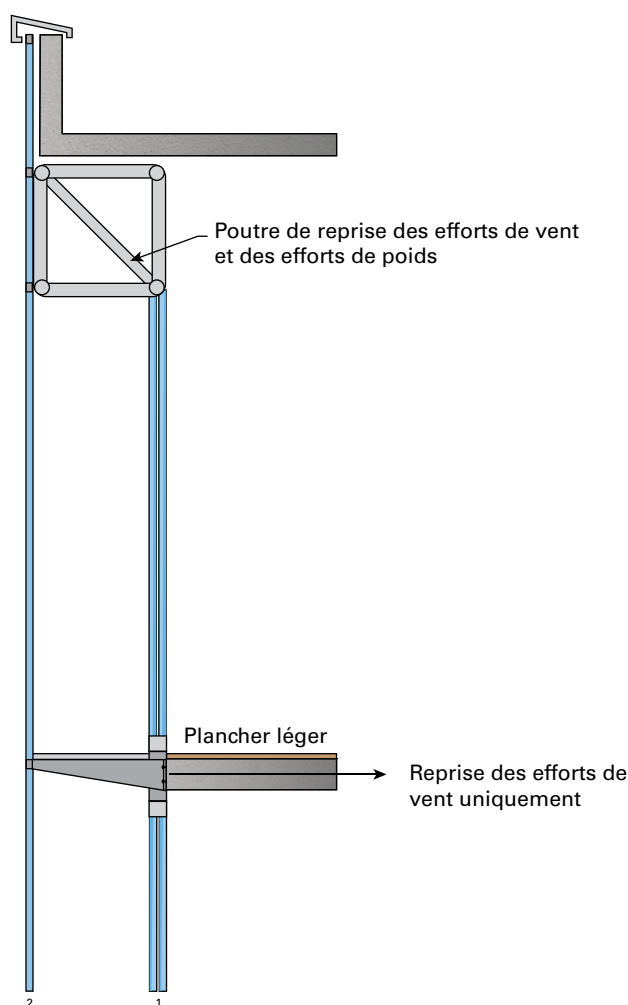


▲ Figure 13 : Principe d'une façade double peau sur ossature bétonnée

7.2.1. • Façade double peau « suspendue » en tête de façade

Le principe permet d'alléger les façades double peau ; la reprise du poids propre et des charges d'exploitation de la façade double peau s'effectuant en partie haute de la façade.

Ce principe nécessite la mise en œuvre en partie haute de la façade, d'une structure primaire conséquente reprenant l'intégralité du poids de la façade ; les planchers intermédiaires reprenant uniquement les efforts au vent.



▲ Figure 14 : Principe d'une façade double peau suspendue

7.2.2. • Façade double peau « suspendue » par niveaux

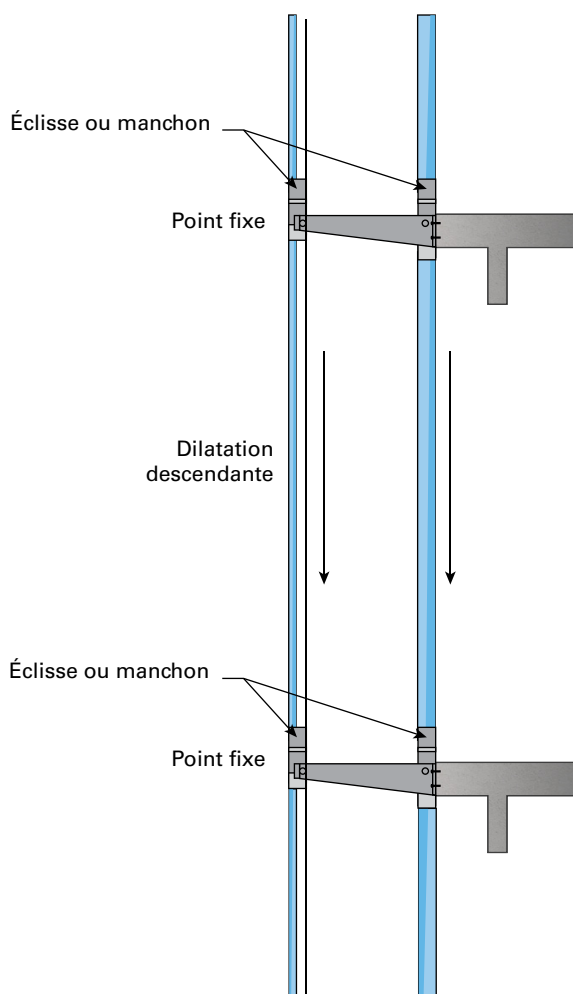
Le principe permet la reprise du poids propre et des charges d'exploitation de la façade double peau à chaque niveau d'étage :

- la structure haute peut être plus légère ;
- le plancher des étages assure la reprise des efforts de vent, du poids propre et des charges d'exploitation du niveau d'étage ;

- la façade double peau est recoupée à chaque étage ou tous les deux étages ; soit la dilatation est descendante (point fixe en partie haute), soit elle est montante (point fixe en partie basse).

Note

L'éclissage doit reprendre les déformations sous charges d'exploitation de la structure.



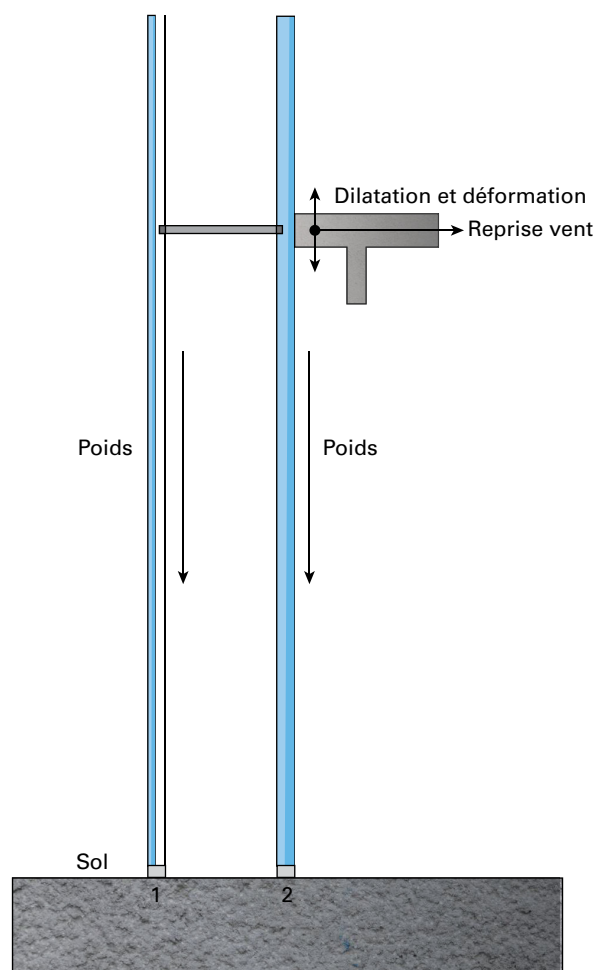
▲ Figure 15 : Principe d'une double peau

7.2.3. • Façade double peau « posée »

Le principe permet la reprise du poids de la double peau depuis le sol : les planchers des étages et la structure haute sont donc plus légers.

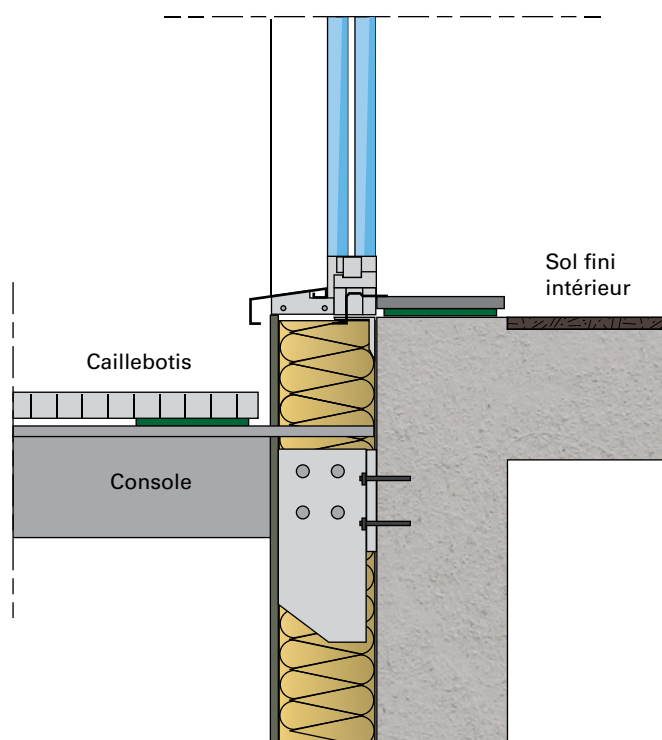
Note

Dans le cas de déplacements différentiels entre les peaux intérieure et extérieure, les systèmes de liaison devront être conçus pour reprendre ces déplacements.



▲ Figure 16 : Principe d'une façade double peau posée

7.2.4. • Principe de fixation d'une console



▲ Figure 17 : Principe de fixation d'une console



7.3. • Mise en œuvre des stores

Le choix du store devra prendre en compte les paramètres suivants :

- corrosion ;
- effet du vent ;
- projection d'eau ;
- effet de la température ;
- résistance aux rayonnements UV ;
- etc.

En dehors de l'effet de la température, des stores de qualité « extérieure », conformément à la norme NF EN 13561, prennent déjà en compte les paramètres ci-dessus.

Entretien, maintenance



Pour les façades double peau épaisses dont la lame d'air est supérieure à 600 mm entre les peaux, localement le passage libre ne doit pas être inférieur à 500 mm en largeur et à 1 900 mm en hauteur pour l'entretien (d'après la norme NF E85-014).

Les moyens d'entretien et de maintenance de la façade double peau doivent être prévus dès la conception.

8.1. • Responsabilités

L'entretien et la maintenance des façades double peau doivent faire l'objet d'une réflexion particulière du concepteur et du maître d'ouvrage afin de s'assurer de la durabilité de l'ouvrage.

Il s'agit entre autres :

- des moyens de nettoyage des 4 faces et des protections solaires ;
- des moyens d'accès au composant nécessitant un entretien.

Dans un cadre réglementaire, il conviendra de s'assurer des compétences d'un coordinateur SPS pour l'établissement d'un DIUO (Document d'Interventions Ultérieures sur les Ouvrages) précisant la méthodologie prévue.

Le maître d'œuvre se doit d'attirer l'attention du maître d'ouvrage sur les éventuelles difficultés de maintenance des produits mis en œuvre dans la double peau.

La maintenance de la façade doit être effectuée conformément à la norme NF DTU 33.1 reprise dans l' de ce guide.

8.2. • Entretien courant

Les préconisations d'entretien et de maintenance de façades de la norme NF DTU 33.1 sont reprises dans l'[ANNEXE F].

Les principales fonctions de cet entretien courant sont de :

- préserver la transmission lumineuse de la façade ;
- préserver son esthétisme ;
- contrôler le vieillissement des produits ;
- alerter sur d'éventuels défauts de sécurité ou autre.

8.3. • Mode de nettoyage

Le nettoyage peut s'effectuer :

- pour la peau intérieure, de l'intérieur du bâtiment depuis les niveaux d'étages ;
- pour la face intérieure de la peau extérieure, de l'intérieur du bâtiment dans le cas où des ouvrants sont mis en œuvre dans la peau intérieure ;
- dans l'espace entre les 2 façades à partir de caillebotis dans le cas où la façade double peau est accessible ;
- pour la face extérieure de la peau extérieure, à partir d'une nacelle d'entretien.

Le Code du Travail (article R 235-3-2) stipule dans les règles auxquelles sont tenus de se conformer les maîtres d'ouvrages entreprenant la construction ou l'aménagement de bâtiments, que les bâtiments et leurs équipements doivent être conçus et réalisés de façon telle que les surfaces vitrées en élévation ou en toiture puissent être nettoyées sans danger pour les travailleurs effectuant ce travail et pour ceux présents dans le bâtiment et autour de celui-ci, en choisissant chaque fois que possible, des solutions de protection collective.

Le nettoyage par alpiniste n'est pas conseillé, sauf dans le cas d'étude particulière.

Annexes



[ANNEXE A] : Détermination des actions du vent à prendre en compte pour le dimensionnement

[ANNEXE B] : Détermination des efforts de vent sur les brise-soleil

[ANNEXE C] : Façades légères en zone sismique

[ANNEXE D] : Méthode de calcul thermique

[ANNEXE E] : Mise en œuvre

[ANNEXE F] : Entretien et maintenance



ANNEXE A : DÉTERMINATION DES ACTIONS DU VENT À PRENDRE EN COMPTE POUR LE DIMENSIONNEMENT

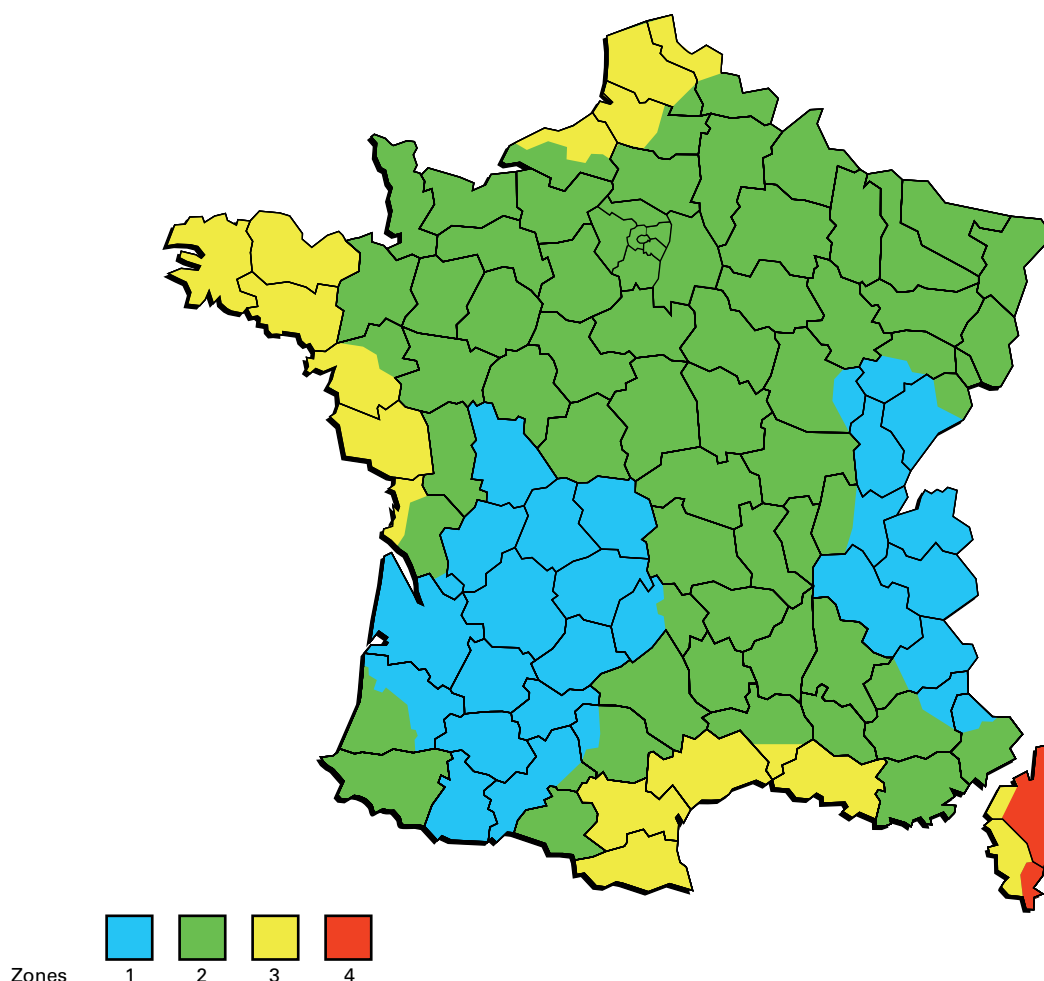
Les pressions de vent sont déterminées dans les tableaux des pressions de vent W50 applicables aux façades légères et déterminées selon l'Eurocode vent NF EN 1991-1-4 (Eurocode 1) et son Annexe nationale NF EN 1991-1-4/NA – Fiche technique n° 45 – indice B – octobre 2010

L'objet de cette fiche est de fournir dans les tableaux ci-après les pressions de vent calculées selon l'Annexe nationale NF EN 1991-1-4, avec une vitesse de référence du vent correspondant à une probabilité annuelle de dépassement égale à 0,02 (événement de période de retour égale à 50 ans soit W_{50}).

Les tableaux proposés ci-après sont applicables aux façades légères de bâtiments fermés (selon § 7.2. de l'Eurocode vent), et utilisables avec les méthodes de calculs de la norme NF DTU 33.1.

En dérogation de la norme NF DTU 33.1, on pourra utiliser les valeurs des (Tableau 7), (Tableau 8), (Tableau 11) et (Tableau 12) pour le vent normal (VN) et les valeurs des (Tableau 9), (Tableau 10), (Tableau 13) et (Tableau 14) pour le vent extrême (VE).

À défaut de charges définies dans les DPM, les pressions de vent des tableaux ci-après s'appliquent.



▲ Figure 18 : Zonage Eurocode (carte identique à celle du NV 65 – février 2009)

Départements d'outre-mer

La Guyane, la Guadeloupe, la Martinique et la Réunion constituent chacune une région au sens de la NF EN 1991-1-4 NA. À défaut de charges définies dans les DPM, les pressions de vent des tableaux ci-après s'appliquent.

Catégorie de terrain à considérer

Les catégories de terrain à considérer sont détaillées ci-dessous, elles correspondent aux cas suivants. On distingue cinq catégories de terrain :

Catégorie de terrain	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	Campagnes avec des haies, vignobles, bocage, habitat dispersé
IIIb	Zones urbanisées ou industrielles, bocages denses, 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

▲ Tableau 3 : Catégories de terrain

Note

Concernant le littoral du Bassin méditerranéen les vents forts viennent de l'intérieur des terres (région 3 et 4 [hors Corse]), les façades sont alors considérées comme en catégorie de terrain II, et non 0.

Rayon R dans lequel la rugosité du terrain est à qualifier

Le choix de la catégorie de terrain à appliquer est à réaliser en prenant en compte la rugosité la plus faible sur une distance égale au rayon R autour du bâtiment définie dans le (Tableau 4) :

Hauteur H du bâtiment	$H \leq 9$ m	$9 < H \leq 18$ m	$18 < H \leq 28$ m	$28 < H \leq 50$ m	$50 < H \leq 100$ m
Rayon R	R = 320 m	R = 750 m	R = 1 250 m	R = 2 500 m	R = 5 800 m

▲ Tableau 4 : Définition du rayon de la zone de catégorie de terrain

Hauteur H du bâtiment

C'est la hauteur H du bâtiment au-dessus du sol qui détermine la pression du vent pour tous les éléments de façade de ce bâtiment.

On distingue cinq classes de hauteur de bâtiment :

- $H \leq 9$ m ;
- $9 < H \leq 18$ m ;
- $18 < H \leq 28$ m ;
- $28 < H \leq 50$ m ;
- $50 < H \leq 100$ m.

Note

La pression de vent à considérer dans le cas des bâtiments de plus de 100 m de hauteur doit être précisée dans les DPM.

Pressions de vent (Pa) de référence suivant l'Eurocode et son Annexe nationale

Les pressions de vent des (Tableau 5) et (Tableau 6) sont établies avec les hypothèses simplificatrices suivantes :

- W50 (période de retour : 50 ans) ;
- coefficient d'orographie $Co(z) = 1$ (sans dénivellation, ni obstacle) ;
- $C_{season} = 1$ (méconnaissance de la période de réalisation)
- coefficient de direction $C_{dir} = 1$



Région	$V_{b,0}$ (m/s)	q_b (Pa)	Pression de vent W50					Catégorie de terrain
			Inf. à 9 m	9 à 18 m	18 à 28 m	28 à 50 m	50 à 100 m	
1 <i>Région 1</i>	22	296,5	383	417	505	630	793	IV
			399	532	623	753	920	IIIb
			524	660	753	883	1 050	IIIa
			676	810	900	1 026	1 185	II
			842	964	1 046	1 158	1 298	0
2 <i>Région 2</i>	24	352,8	456	497	601	750	944	IV
			475	633	742	896	1 095	IIIb
			624	786	897	1 051	1 250	IIIa
			804	963	1 071	1 221	1 410	II
			1 002 (*)	1 148 (*)	1 245 (*)	1 378 (*)	1 545 (*)	0
3 <i>Région 3</i>	26	414,1	535	583	705	880	1 108	IV
			558	743	871	1 051	1 285	IIIb
			732	922	1 052	1 234	1 467	IIIa
			944	1 131	1 257	1 433	1 655	II
			1 177 (*)	1 347 (*)	1 461 (*)	1 617 (*)	1 813 (*)	0
4 <i>Région 4</i>	28	480,2	620	676	818	1 020	1 285	IV
			647	861	1 010	1 219	1 491	IIIb
			849	1 070	1 220	1 431	1 701	IIIa
			1 095	1 311	1 458	1 661	1 919	II
			1 364	1 562	1 694	1 875	2 102	0

(*) : dans le Bassin méditerranéen (hors Corse), la catégorie de terrain (0) n'existe pas et est remplacée par la catégorie (II).

▲ Tableau 5 : Pressions de vent à l'ELU – France métropolitaine

Région	$V_{b,0}$ (m/s)	q_b (Pa)	Pression de vent W50					Catégorie de terrain
			Inf. à 9 m	9 à 18 m	18 à 28 m	28 à 50 m	50 à 100 m	
5 <i>Guadeloupe</i>	36	793,8	1 025	1 117	1 352	1 687	2 125	IV
			1 069	1 424	1 669	2 015	2 464	IIIb
			1 404	1 768	2 018	2 366	2 812	IIIa
			1 809	2 168	2 411	2 746	3 173	II
			2 256	2 582	2 800	3 099	3 475	0
5 <i>Guyane</i>	17	352,8	229	249	302	376	474	IV
			238	317	372	449	549	IIIb
			313	394	450	528	627	IIIa
			403	483	538	612	708	II
			503	576	624	691	775	0
5 <i>Martinique</i>	32	627,2	810	883	1 069	1 333	1 679	IV
			845	1 125	1 319	1 592	1 947	IIIb
			1 109	1 397	1 594	1 869	2 222	IIIa
			1 430	1 713	1 905	2 170	2 507	II
			1 782	2 040	2 213	2 449	2 746	0
5 <i>Réunion</i>	34	708,1	915	997	1 206	1 504	1 895	IV
			953	1 270	1 489	1 798	2 198	IIIb
			1 252	1 577	1 800	2 110	2 509	IIIa
			1 614	1 934	2 150	2 450	2 830	II
			2 012	2 303	2 498	2 765	3 100	0

▲ Tableau 6 : Pressions de vent à l'ELU – Départements et régions d'outre-mer

Pressions de vent (Pa) caractéristiques (ELS) à considérer pour les calculs de performances vis-à-vis des déformations

Les pressions de vent des (Tableau 7) et (Tableau 8) sont établies à partir des pressions du (Tableau 5) et (Tableau 6) avec les hypothèses simplificatrices suivantes :

- $C_{pe} = -1,3$ (dépression maximale de rive de bâtiment pour une surface de l'élément considéré de 3 m^2 , convient également aux constructions élancées $h / a > 2$) ;
- $C_{pi} = +0,2$ (valeur par défaut) ;
- $C_{sCd} = 1$ (élément de remplissage).

	Catégorie de terrain	Pressions sur l'élément de façade à l'ELS				
		Inf. à 9 m	9 à 18 m	18 à 28 m	28 à 50 m	50 à 100 m
Région 1	IV	574	626	758	945	1 190
	IIIb	599	797	935	1 129	1 380
	IIIa	786	990	1 130	1 325	1 576
	II	1 014	1 214	1 350	1 538	1 777
	0	1 264	1 446	1 569	1 736	1 947
Région 2	IV	684	745	902	1 124	1 416
	IIIb	713	949	1 113	1 344	1 643
	IIIa	936	1 179	1 345	1 577	1 875
	II	1 206	1 445	1 607	1 831	2 115
	0	1 504 (*)	1 721 (*)	1 867 (*)	2 066 (*)	2 317 (*)
Région 3	IV	802	874	1 058	1 320	1 662
	IIIb	836	1 114	1 306	1 577	1 928
	IIIa	1 098	1 383	1 579	1 851	2 201
	II	1 416	1 696	1 886	2 149	2 483
	0	1 765 (*)	2 020 (*)	2 191 (*)	2 425 (*)	2 719 (*)
Région 4	IV	930	1 014	1 227	1 530	1 928
	IIIb	970	1 292	1 515	1 829	2 236
	IIIa	1 274	1 604	1 831	2 147	2 552
	II	1 642	1 967	2 187	2 492	2 879
	0	2 047	2 343	2 541	2 812	3 153

(*) Dans le Bassin méditerranéen (hors Corse), la catégorie de terrain (0) n'existe pas et est remplacée par la catégorie (II)

▲ **Tableau 7** : Pressions de vent caractéristique à l'ELS – France métropolitaine

	Catégorie de terrain	Pressions sur l'élément de façade à l'ELS				
		Inf. à 9 m	9 à 18 m	18 à 28 m	28 à 50 m	50 à 100 m
Guadeloupe	IV	1 538	1 676	2 029	2 530	3 187
	IIIb	1 603	2 135	2 504	3 023	3 696
	IIIa	2 106	2 652	3 026	3 548	4 219
	II	2 714	3 252	3 616	4 120	4 759
	0	3 383	3 873	4 201	4 649	5 213



	Catégorie de terrain	Pressions sur l'élément de façade à l'ELS				
		Inf. à 9 m	9 à 18 m	18 à 28 m	28 à 50 m	50 à 100 m
Guyane	IV	343	374	452	564	711
	IIIb	358	476	558	674	824
	IIIa	470	591	675	791	941
	II	605	725	806	919	1 061
	0	754	864	937	1 037	1 162
Martinique	IV	1 215	1 324	1 603	1 999	2 518
	IIIb	1 267	1 687	1 979	2 389	2 920
	IIIa	1 664	2 095	2 391	2 804	3 333
	II	2 145	2 569	2 857	3 255	3 761
	0	2 673	3 060	3 319	3 673	4 119
Réunion	IV	1 372	1 495	1 810	2 257	2 843
	IIIb	1 430	1 905	2 234	2 697	3 297
	IIIa	1 878	2 365	2 699	3 165	3 763
	II	2 421	2 901	3 225	3 675	4 245
	0	3 018	3 455	3 747	4 147	4 650

▲ **Tableau 8** : Pressions de vent caractéristiques à l'ELS – Départements et régions d'outre-mer

Pressions de vent (Pa) caractéristiques (ELU) à considérer pour les calculs de performances vis-à-vis de la sécurité au vent.

Les pressions de vent du (Tableau 9) sont établies à partir des pressions du (Tableau 6) en les multipliant par un coefficient majorateur de 1,5.

	Catégorie de terrain	Pression sur l'élément de façade à l'ELU				
		Inf. à 9 m	9 à 18 m	18 à 28 m	28 à 50 m	50 à 100 m
Région 1	IV	862	939	1 136	1 417	1 785
	IIIb	898	1 196	1 403	1 694	2 071
	IIIa	1 180	1 486	1 695	1 988	2 363
	II	1 520	1 822	2 026	2 308	2 666
	0	1 895	2 170	2 353	2 604	2 920
Région 2	IV	1 025	1 117	1 352	1 687	2 125
	IIIb	1 069	1 424	1 669	2 015	2 464
	IIIa	1 404	1 768	2 018	2 366	2 812
	II	1 809	2 168	2 411	2 746	3 173
	0	2 256 (*)	2 582 (*)	2 800 (*)	3 099 (*)	3 475 (*)
Région 3	IV	1 203	1 311	1 587	1 979	2 493
	IIIb	1 255	1 671	1 959	2 365	2 892
	IIIa	1 648	2 075	2 368	3 776	3 301
	II	2 124	2 544	2 829	3 223	3 724
	0	2 647 (*)	3 030 (*)	3 287 (*)	3 638 (*)	4 079 (*)
Région 4	IV	1 396	1 521	1 841	2 296	2 892
	IIIb	1 455	1 938	2 272	2 743	3 354
	IIIa	1 911	2 406	2 746	3 220	3 828
	II	2 463	2 951	3 281	3 738	4 319
	0	3 070	3 514	3 812	4 219	4 730

(*) Dans le Bassin méditerranéen (hors Corse), la catégorie de terrain (0) n'existe pas et est remplacée par la (II).

▲ **Tableau 9** : Pressions de vent caractéristiques à l'ELU pour le calcul vis-à-vis de la sécurité – France métropolitaine

	Catégorie de terrain	Pression sur l'élément de façade à l'ELU				
		Inf. à 9 m	9 à 18 m	18 à 28 m	28 à 50 m	50 à 100 m
Guadeloupe	IV	2 307	2 514	3 043	3 795	4 780
	IIIb	2 405	3 203	3 756	4 535	5 544
	IIIa	3 159	3 978	4 556	5 323	6 128
	II	4 071	4 878	5 424	6 179	7 139
	0	5 075	5 809	6 301	6 974	7 819
Guyane	IV	515	561	679	846	1 066
	IIIb	536	714	838	1 011	1 236
	IIIa	704	887	1 012	1 187	1 411
	II	908	1 088	1 210	1 378	1 592
	0	1 132	1 295	1 405	1 555	1 744
Martinique	IV	1 823	1 987	2 404	2 998	3 777
	IIIb	1 900	2 531	2 968	3 583	4 381
	IIIa	2 496	3 143	3 587	4 206	5 000
	II	3 217	3 854	4 286	4 882	5 641
	0	4 010	4 590	4 979	5 510	6 178
Réunion	IV	2 058	2 243	2 714	3 385	4 264
	IIIb	2 145	2 857	3 350	4 045	4 945
	IIIa	2 817	3 548	4 049	4 748	5 645
	II	3 631	4 351	4 838	5 512	6 368
	0	4 527	5 182	5 620	6 220	6 975

▲ **Tableau 10** : Pressions de vent caractéristiques à l'ELU pour le calcul vis-à-vis de la sécurité – Départements et régions d'outre-mer

Cas des façades multiples et multi-parois (suivant NF DTU 33.1)

Cas général

Les pressions de vent des (Tableau 7), (Tableau 8), (Tableau 9) et (Tableau 10) s'appliquent aux peaux intérieure et extérieure de la façade multiple ou multi-parois.

Cas particulier

La mise en communication, avec l'extérieur, d'une lame d'air de façade peut dans certains cas modifier les effets de vent sur la paroi extérieure, sous réserve de respecter les conditions suivantes :

- la peau extérieure est perméable selon le § 7.2.10 de l'Eurocode NF EN 1991-1-4, c'est-à-dire si la surface totale des orifices est supérieure à 0,1 % de la surface de la peau.
- la peau intérieure est étanche à l'air selon la norme NF DTU 33.1 ;
- la lame d'air est de largeur inférieure à 1 500 mm ;
- la lame d'air sensiblement plane doit être fermée par un encadrement périphérique dont la perméabilité à l'air est équivalente à celle de la peau intérieure (dans les angles de bâtiment,

il doit être prévu un fractionnement vertical de la lame d'air le long de l'arrête du dièdre) ;

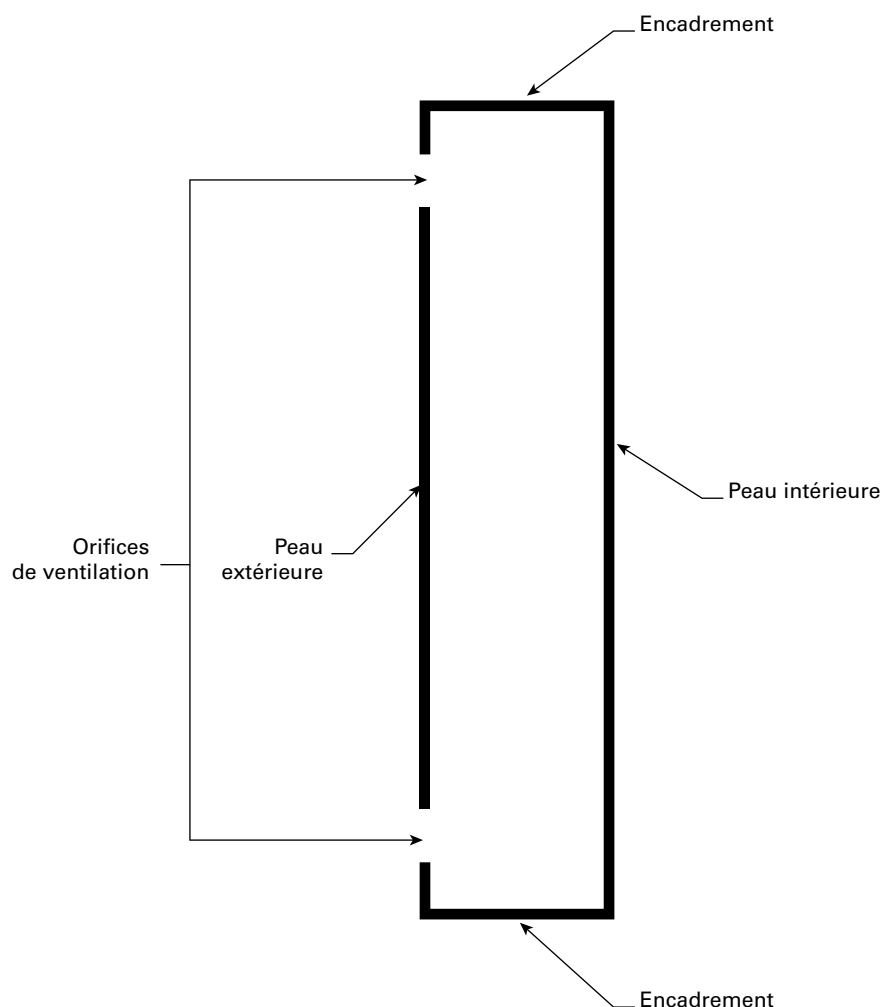
- la peau intérieure ne possède pas d'ouvrants de confort ;
- les orifices de ventilation de la lame d'air doivent être placés sur la seule paroi sensiblement plane extérieure, être équitablement répartis et distants d'au plus 4 mètres.

Dans ce cas :

- les tableaux de pressions (Tableau 11), (Tableau 12), (Tableau 13) et (Tableau 14) s'appliquent à la paroi extérieure ;
- les tableaux de pressions (Tableau 7), (Tableau 8), (Tableau 9) et (Tableau 10) s'appliquent sur la paroi intérieure.

Il faut noter que pour de tels éléments et dans ces cas de calcul, il est indispensable d'attirer l'attention du maître d'ouvrage sur la nécessité, en cas de bris de la paroi intérieure, de remplacer rapidement celle-ci puisque la résistance de la paroi extérieure a été calculée en tenant compte de l'existence d'une lame d'air (ce qui n'est plus le cas lorsque la paroi intérieure est brisée).

La (Figure 19) illustre un exemple de façade multiple répondant aux conditions énoncées ci-dessus.



▲ Figure 19 : Exemple de façade multiple répondant aux conditions énoncées ci-dessus

Les pressions de vent des (Tableau 11) et (Tableau 12) sont établies à partir des pressions du (Tableau 5) avec les hypothèses simplificatrices suivantes :

- $C_{pe} = 0,6$ (correspond à $2/3$ de C_{pe} en pression, supérieur au $1/3$ de C_{pe} en dépression) ;
- $C_{pi} = +0$;
- Valeur minimum de 400 Pa.

Pressions de vent (Pa) caractéristiques (ELS) à considérer pour les calculs de performances vis-à-vis des déformations de la peau extérieure d'une façade multiple ou multi-parois

	Catégorie de terrain	Pression sur la peau extérieure à l'ELS				
		Inf. à 9 m	9 à 18 m	18 à 28 m	28 à 50 m	50 à 100 m
Région 1	IV	400	400	400	400	476
	IIIb	400	400	400	452	552
	IIIa	400	400	452	530	630
	II	405	486	540	615	711
	0	505	579	628	695	779
Région 2	IV	400	400	400	450	567
	IIIb	400	400	445	537	657
	IIIa	400	471	538	631	750
	II	483	578	643	732	846
	0	601 (*)	689 (*)	747 (*)	827 (*)	927 (*)
Région 3	IV	400	400	423	528	665
	IIIb	400	446	522	631	771
	IIIa	439	553	631	740	880
	II	566	678	754	860	993
	0	706 (*)	808 (*)	876 (*)	970 (*)	1 088 (*)
Région 4	IV	372	406	491	612	771
	IIIb	388	517	606	732	894
	IIIa	510	642	732	859	1 021
	II	657	787	875	997	1 152
	0	819	937	1 016	1 125	1 261

(*) Dans le Bassin méditerranéen (hors Corse), la catégorie de terrain (0) n'existe pas et est remplacée par la catégorie (II).

▲ **Tableau 11** : Pressions de vent sur la peau extérieure à l'ELS pour le calcul des déformations – France métropolitaine

	Catégorie de terrain	Pression sur la peau extérieure à l'ELS				
		Inf. à 9 m	9 à 18 m	18 à 28 m	28 à 50 m	50 à 100 m
Guadeloupe	IV	615	670	811	1 012	1 275
	IIIb	641	854	1 002	1 209	1 478
	IIIa	842	1 061	1 211	1 419	1 687
	II	1 086	1 301	1 446	1 648	1 904
	0	1 353	1 549	1 680	1 860	2 085
Guyane	IV	400	400	400	400	400
	IIIb	400	400	400	400	400
	IIIa	400	400	400	400	400
	II	400	400	400	400	425
	0	400	400	400	415	465
Martinique	IV	486	530	641	800	1 007
	IIIb	507	675	791	955	1 168
	IIIa	666	838	956	1 121	1 333
	II	858	1 028	1 143	1 302	1 504
	0	1 069	1 224	1 328	1 469	1 647
Réunion	IV	549	598	724	903	1 137
	IIIb	572	762	893	1 079	1 319
	IIIa	751	946	1 080	1 266	1 505
	II	968	1 160	1 290	1 470	1 698
	0	1 207	1 382	1 499	1 659	1 860

▲ **Tableau 12** : Pressions de vent sur la peau extérieure à l'ELS pour le calcul des déformations – Départements et régions d'outre-mer

Pressions de vent (Pa) caractéristiques (ELU) à considérer pour les calculs de performances vis-à-vis de la sécurité au vent de la peau extérieure d'une façade multiple ou multi-parois

Les pressions de vent des (Tableau 13) et (Tableau 14) sont établies à partir des pressions du tableau 4 en les multipliant par un coefficient majorateur de 1,5.

	Catégorie de terrain	Pression sur l'élément de façade à l'ELU				
		Inf. à 9 m	9 à 18 m	18 à 28 m	28 à 50 m	50 à 100 m
Région 1	IV	600	600	600	600	714
	IIIb	600	600	600	677	828
	IIIa	600	600	678	795	945
	II	608	729	810	923	1 066
	0	758	868	941	1 042	1 168
Région 2	IV	600	600	600	675	850
	IIIb	600	600	668	806	986
	IIIa	600	707	807	946	1 125
	II	724	867	964	1 099	1 269
	0	902 (*)	1 033 (*)	1 120 (*)	1 240 (*)	1 390 (*)
Région 3	IV	600	600	635	792	997
	IIIb	600	668	784	946	1 157
	IIIa	659	830	947	1 111	1 320
	II	849	1 018	1 132	1 289	1 490
	0	1 059 (*)	1 212 (*)	1 315 (*)	1 455 (*)	1 631 (*)
Région 4	IV	558	608	736	918	1 157
	IIIb	582	775	909	1 097	1 342
	IIIa	764	963	1 098	1 288	1 531
	II	985	1 180	1 312	1 495	1 727
	0	1 228	1 406	1 525	1 687	1 892

(*) Dans le Bassin méditerranéen (hors Corse), la catégorie de terrain (0) n'existe pas et est remplacée par la catégorie (II).

▲ **Tableau 13** : Pressions de vent caractéristiques sur la peau extérieure – Performance vis-à-vis de la sécurité – France métropolitaine

	Catégorie de terrain	Pression sur l'élément de façade à l'ELU				
		Inf. à 9 m	9 à 18 m	18 à 28 m	28 à 50 m	50 à 100 m
Guadeloupe	IV	923	1 006	1 217	1 518	1 912
	IIIb	962	1 281	1 502	1 814	2 218
	IIIa	1 263	1 591	1 816	2 129	2 531
	II	1 628	1 951	2 170	2 472	2 856
	0	2 030	2 324	2 520	2 789	3 128
Guyane	IV	600	600	600	600	600
	IIIb	600	600	600	600	600
	IIIa	600	600	600	600	600
	II	600	600	600	600	637
	0	600	600	600	622	697
Martinique	IV	729	795	962	1 199	1 511
	IIIb	760	1 012	1 187	1 433	1 752
	IIIa	998	1 257	1 435	1 682	2 000
	II	1 287	1 542	1 714	1 953	2 256
	0	1 604	1 836	1 991	2 204	2 471
Réunion	IV	823	897	1 086	1 354	1 706
	IIIb	858	1 143	1 340	1 618	1 978
	IIIa	1 127	1 419	1 620	1 899	2 258
	II	1 453	1 740	1 935	2 205	2 547
	0	1 811	2 073	2 248	2 488	2 790

▲ **Tableau 14** : Pressions de vent caractéristiques sur la peau extérieure – Performance vis-à-vis de la sécurité – Départements et régions d'outre-mer

ANNEXE B – DÉTERMINATION DES EFFORTS DE VENT SUR LES BRISE-SOLEIL

Les efforts de vent sur les brise-soleil sont déterminés dans la Fiche technique n° 43 – indice B – février 2012

Définition (selon le *Petit Larousse*) :

« Brise-soleil : Dispositif externe, en général fixe, limitant l'arrivée des rayons du soleil sur une baie ou une rangée de baies. »

Typologie/Fonction

Les brise-soleil sont généralement constitués de lames en profilés ou en plaques pleines ou ajourées.

Le présent document ne s'applique qu'aux brise-soleil en métal ou en verre.

Fixés en façade, en toiture, ou encore en pergola, ils peuvent être constitués de séries de lames verticales, horizontales, obliques, à angles fixes ou orientables.

Ils ont pour fonction d'assurer à la fois un confort thermique et un confort visuel pour les occupants en limitant le rayonnement solaire et l'éblouissement.

Références

- Règles AL76 (1976) : Règles de conception et de calcul des charpentes en alliages d'aluminium
- Règles NV65 (2000) : Règles définissant les effets de la neige et du vent sur les constructions
- NF EN 1991-1-1 (2003) : Bases du calcul et actions sur les structures
- NF EN 1991-1-4 (2005) : Actions sur les structures – Partie 1-4 : Actions du vent
- NF EN 1991-1-4/NA : Actions sur les structures – Partie 1-4 : Actions du vent – Annexe Nationale
- NF EN 1999-1-8 (2007) : Conception et dimensionnement des structures en aluminium

Mode de calcul des actions du vent

La détermination de la pression du vent du site de l'ouvrage se fait soit :

- selon les règles NV 65 (DTU P 06-002) noté Vent Normal (VN) ;
- selon la NF EN 1991-1-4 et son Annexe Nationale noté W_{50} (période de retour égale à 50 ans) : voir le tableau 1 de la fiche technique n° 45.

Méthode simplifiée

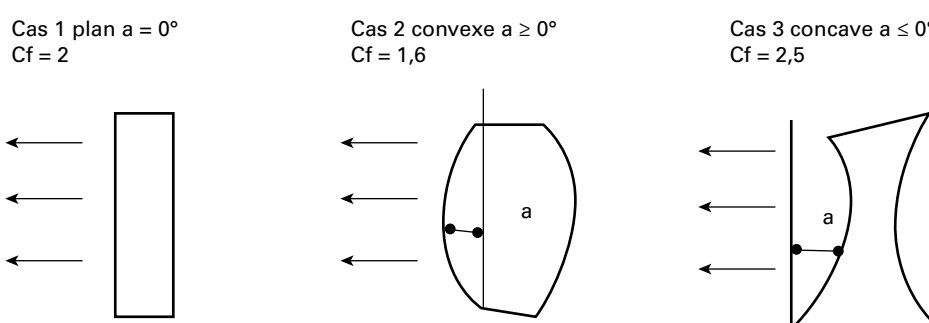
La méthode proposée ci-après ne s'applique pas aux lames verticales situées en rives de bâtiment.

Par simplification, le brise-soleil est considéré comme un élément isolé d'une largeur (e) et de longueur (l).

La charge due au vent sur le brise-soleil (F) est une charge répartie par unité de longueur définie par :

- $F = V_n \times C_f \times e$ suivant les règles NV 65 ;
- $F = W_{50} \times C_f \times e$ suivant la NF EN 1991-1-4.

C_f correspondant au coefficient de forme du brise-soleil à appliquer suivant les cas ci-dessous :



▲ Figure 20 : Typologie de brise-soleil

Méthode détaillée

On pourra appliquer :

- les règles NV 65 : annexe 9 (« Actions du vent sur les constructions en treillis ») ou l'annexe 12 (« Actions du vent sur toiture isolées ») ;
- la NF EN 1991-1-4/AN : § 7.6 et § 7.7 ;
- des résultats d'essais en souffleries.

Actions de la neige

Les actions de la neige sont déterminées suivant les règles en vigueur sans prendre en compte les coefficients de distribution liés au vent. Par contre, on considérera le glissement des toitures supérieures si applicable.

On ne combinera pas les actions de la neige et du vent.

Critères et vérification

Pour la déformation

La déformation calculée sous l'action du vent ou de la neige ne devra pas dépasser :

- $1/300^e$ de la portée pour les éléments horizontaux ;
- $1/500^e$ de la portée pour les éléments verticaux.

Note

Une déformation plus importante peut être acceptée dans le cas d'un calcul détaillé avec vérification de l'effet vibratoire ou par essais sans pouvoir dépasser une flèche maximum de $1/100^e$.

Un coefficient minorateur de 0,5 sur la charge de vent (F) peut être appliqué pour les brise-soleil disposés totalement au maximum à 1,5 m du nu de la façade et dans la zone A suivant la (Figure 21).

Note

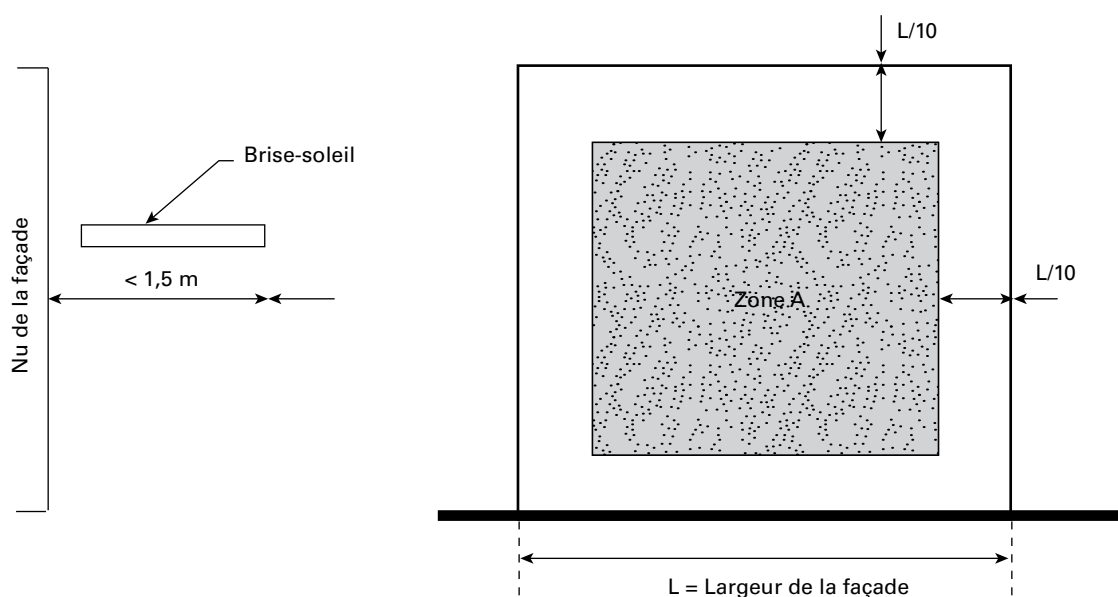
Lorsque les lames sont verticales un coefficient minorateur ne peut pas être envisagé.

Pour la résistance mécanique

La contrainte calculée, tenant compte des combinaisons et pondérations adaptées aux règles choisies pour la détermination des charges, sera inférieure ou égale à la contrainte limite d'utilisation du matériau.

Pour l'esthétique

La déformation (flèche) calculée sous poids propre, ne devra pas dépasser $1/500^e$ de la portée.



▲ Figure 21 : Schémas de positionnement des brise-soleil sur la façade

Vibrations

Dans le cas de la méthode simplifiée, il n'est pas nécessaire de vérifier l'effet vibratoire.

Structure porteuse

Parallèlement à la justification des lames il y a lieu d'effectuer une vérification des profils porteurs sous les sollicitations poids, neige et vent :

- contrainte de flexion dans les membrures ;
- vérification des attaches (réactions d'appui sur la façade) ;
- non-dégradation de l'étanchéité en fonction des efforts apportés par les lames.

ANNEXE C – FAÇADES LÉGÈRES EN ZONE SISMIQUE

Stabilité en zone sismique

La stabilité des façades légères en zone sismique est déterminée selon la Fiche 49 – indice A – Façades légères en zone sismique – 2013/10

L'Avis Technique est basé sur l'arrêté du 22 octobre 2010.

Le domaine d'emploi du procédé de façade double peau est limité aux zones et catégories de bâtiments définies dans le (Tableau 15), en considérant la limite de déplacement entre étages pour les éléments non structuraux composés de matériaux fragiles.

Les effets de l'action sismique sont à prendre en compte pour les zones de sismicité et les catégories de bâtiments définies dans le (Tableau 15) :

Zone de sismicité	Catégorie d'importance de bâtiment			
	I	II	III	IV ⁽¹⁾
Zone 1	Sans prescription	Sans prescription	Sans prescription	Sans prescription
Zone 2	Sans prescription	Sans prescription	Selon Dossier Technique § 4	Selon Dossier Technique § 4
Zone 3	Sans prescription	Selon Dossier Technique	Selon Dossier Technique	Selon Dossier Technique
Zone 4	Sans prescription	Selon Dossier Technique	Selon Dossier Technique § 4	Selon Dossier Technique
Zone 5	Sans prescription	Selon Dossier Technique	Selon Dossier Technique § 4	Selon Dossier Technique

⁽¹⁾ Cette annexe ne traite pas des mesures préventives spécifiques qui peuvent être appliquées aux bâtiments de catégorie d'importance IV pour garantir la continuité de leur fonctionnement en cas de séisme.

▲ Tableau 15 : Prise en compte de l'aléa sismique

En complément, les cas particuliers ci-dessous sont dispensés de ces dispositions :

- en zone de sismicité 2 : pour les établissements scolaires remplissant les conditions du § 1.1 des Règles de Construction Parasismiques PS-MI 89 révisées 92 (NF P06-014) ;
- en zones de sismicité 3 et 4 : pour les bâtiments de catégorie d'importance II remplissant les conditions du § 1.1 des Règles de Construction Parasismiques PS-MI 89 révisées 92 (NF P06-014) ;
- en zones de sismicité 5 : pour les maisons individuelles appartenant à la catégorie d'importance II remplissant les conditions des règles CP-MI Antilles.

Cette annexe ne traite pas des mesures préventives spécifiques, à définir par le maître d'ouvrage dans les documents particuliers du marché, qui peuvent être demandées notamment dans le cas de

bâtiments de catégorie d'importance IV pour garantir la continuité de leur fonctionnement en cas de séisme.

Types de bâtiments

Les produits de la façade double vis-à-vis du risque sismique peuvent être mis en œuvre dans les bâtiments suivants :

Bâtiments neufs

Les bâtiments neufs dimensionnés conformément au § 4.4.3 (Limitation des dommages) de l'Eurocode 8 (EC8¹), en considérant la limite de déplacement entre étages, dr , pour les éléments non structuraux composés de matériaux fragiles.

La limite de déplacement entre étages de l'ossature primaire est fixée à :

$$dr.v \leq 0,005.h$$

avec $v = 0,4$ selon l'arrêté du 22 octobre 2010, soit :

$$dr \leq 1,25.h/100$$

avec :

dr : le déplacement de calcul entre étages défini en 4.4.2.2(2) de l'EC8 ;

h : la hauteur entre étages ;

v : 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.

Bâtiments existants

En l'absence de connaissance concernant le comportement sismique du bâtiment existant, les déformations entre étages sont considérées forfaitairement équivalentes à celles d'un bâtiment neuf pour la mise en œuvre de façades légères définies au paragraphe ci-dessus [Bâtiments neufs].

Note

Un bâtiment existant est moins ductile qu'un bâtiment récent construit selon les normes parasismiques modernes. Les déformations prises en compte pour un bâtiment neuf tel qu'indiquées au paragraphe ci-dessus [Bâtiments neufs] enveloppent celles des bâtiments existants.

Détermination de l'action sismique

Les effets de l'action sismique sont déterminés en appliquant une force F_a horizontale située au centre de gravité de l'élément et orientée

■ 1 NF EN 1998-1 et NF EN 1998-1/NA.

soit dans son plan ($F_{a \text{ parallèle}}$) soit perpendiculairement à son plan ($F_{a \text{ perpendiculaire}}$).

La force sismique, F_a , est donnée par la formule :

$$F_a = (5,5 \times \gamma_1 \times S \times a_{gr} / g) \times (W_a / q_a)$$

$$F_a = K_a \times (W_a / q_a)$$

Avec :

a_{gr} : accélération maximale de référence au niveau du sol de classe A en m/s^2 ;

γ_1 : coefficient d'importance du bâtiment ;

S : paramètre de sol ;

W_a : poids de l'élément en daN ;

Q_a : coefficient de comportement de l'élément non structural pris égal à 2 ;

g : accélération de l'apesanteur prise égale à $9,81 m/s^2$;

K_a : coefficient dont les valeurs sont données dans le (Tableau 16).

	Calcul de $k_a = 5,5 \times \gamma_i \times S \times a_{gr}/g$				
Zone de sismicité	Coefficient d'importance γ_i			Classe de sol	S
	II	III	IV		
2 (faible) $a_{gr} \text{ (m.s}^{-2}\text{)} = 0,7$		0,47	0,55	A	1
		0,64	0,74	B	1,35
		0,71	0,82	C	1,5
		0,75	0,88	D	1,6
		0,85	0,99	E	1,8
3 (modérée) $a_{gr} \text{ (m.s}^{-2}\text{)} = 1,1$	0,62	0,74	0,86	A	1
	0,83	1,00	1,17	B	1,35
	0,93	1,11	1,30	C	1,5
	0,99	1,18	1,38	D	1,6
	1,11	1,33	1,55	E	1,8
4 (moyenne) $a_{gr} \text{ (m.s}^{-2}\text{)} = 1,6$	0,90	1,08	1,26	A	1
	1,21	1,45	1,70	B	1,35
	1,35	1,61	1,88	C	1,5
	1,44	1,72	2,01	D	1,6
	1,61	1,94	2,26	E	1,8
5 (forte) $a_{gr} \text{ (m.s}^{-2}\text{)} = 3,0$	1,68	2,02	2,35	A	1
	2,02	2,42	2,83	B	1,2
	1,93	2,32	2,71	C	1,15
	2,27	2,72	3,18	D	1,35
	2,35	2,83	3,30	E	1,4

▲ Tableau 16 : Valeur du coefficient K_a

Cette formule est obtenue à partir de la formule de l'Eurocode 8 § 4.3.5 en appliquant les conditions les plus défavorables, soit la période

propre du bâtiment ($T_a = T1$) et la position de l'élément en haut du bâtiment ($Z = H$).

Pour les bâtiments existants, et en l'absence de précision sur la nature du sol dans les DPM, la force F_a est calculée en considérant un sol de classe E.

La vérification sismique doit prendre en compte l'action sismique et le poids propre, sans pondération.

$$F_{a \text{ parallèle}} \llcorner + \llcorner G \quad \text{et} \quad F_{a \text{ perpendiculaire}} \llcorner + \llcorner G$$

Si l'action sismique $F_{a \text{ perpendiculaire}}$ est inférieure à l'action due au vent ELU, seule la vérification sous charge de vent ELU est suffisante.

Ancrage et attache de la façade à l'ossature primaire

L'effort sismique au niveau de l'ancrage au gros œuvre (cheville et attache) est à pondérer par un coefficient $K_{alea} = 1,5$ pour tenir compte des aléas de répartition des charges :

$$F_{a, \text{ ancrage}} = K_{alea} \times F_a$$

Pour les attaches sous sollicitations sismiques, les contraintes calculées doivent être inférieures ou égales aux limites élastiques des matériaux.

La fixation au gros œuvre par cheville est effectuée par des chevilles métalliques portant le marquage CE sur la base d'un ATE selon l'ETAG 001 parties 2 à 5 pour un usage en béton fissuré (options 1 à 6) et respectant les règles professionnelles du CISMA de 2011.

Ossatures de la façade

Seules les liaisons montants/traverses sous sollicitations sismiques sont à justifier. Les contraintes calculées doivent être inférieures ou égales aux limites élastiques des matériaux.

Remplissages

Cas sans exigence

Il n'existe aucune exigence de choix des remplissages, et ce quel que soit leur technique de maintien lorsque l'une des conditions suivantes est vérifiée :

- aire d'activité AA1 ou AA3 en pied de façade : présence humaine occasionnelle ;
- la hauteur de chute du remplissage est inférieure à 3,5 m (mesurée entre le point haut du remplissage et le sol) ;
- présence d'un réceptacle : sont considérés comme ouvrages formant réceptacles pour les chutes de débris, les balcons, loggias, auvents et ouvrages similaires dont les dimensions

respectent les critères suivants pour le débord du balcon doit être supérieur à (H désignant la hauteur d'étage) :

- $H/10$ pour les parties de façades de hauteur inférieure à 28 m, sans être inférieur à 1,50 m ;
- $H/20 + 1,40$ m pour les parties de façades de hauteur supérieure à 28 m.

Ce dispositif devra être dimensionné pour résister à une charge accidentelle (ELU) uniformément répartie de 200 daN/m².

De plus, si le remplissage du réceptacle est un vitrage, il devra être en verre feuilleté de sécurité et classé au moins P5A selon la norme NF EN 356.

Choix des remplissages

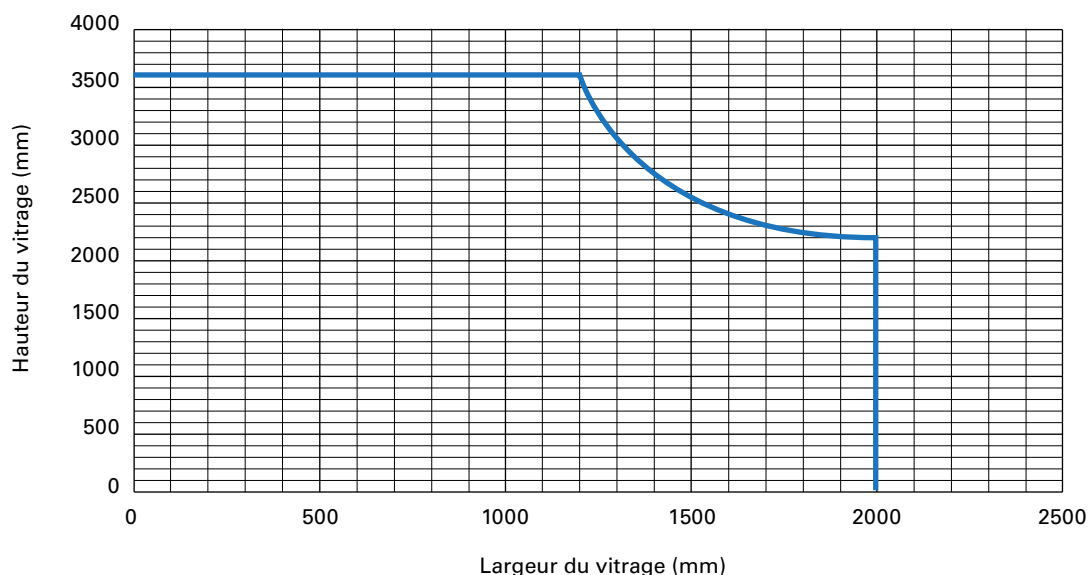
Remplissages vitrés

Lorsqu'aucune des conditions du § [Remplissages] – [Cas sans exigence] n'est respectée pour le composant de vitrage considéré, la nature de ce composant est définie selon le (Tableau 17).

Catégorie d'importance de bâtiment				
Zone de sismicité	I	II	III	IV
Zone 1	(1)	(1)	(1)	(1)
Zone 2	(1)	(1)	(2) ou (3)	(2) ou (3)
Zone 3	(1)	(2) ou (3)	(3)	(3)
Zone 4	(1)	(2) ou (3)	(3)	(3)
Zone 5	(1)	(2) ou (3)	(3)	(3)

(1) : pas de prescription vis-à-vis de l'aléa sismique.
(2) : les vitrages doivent respecter les dimensions maximales présentées dans la (Figure 22).
(3) : les vitrages doivent être soit feuilletés (2B2) soit trempés (1C3). Dans le cas de plusieurs couches de vitrages (vitrages isolants, respirants, façades multiples...) l'utilisation d'un vitrage recuit ou durci est possible si sa chute est protégée par un vitrage feuilleté (2B2).

▲ Tableau 17 : Choix des vitrages en zones sismiques



▲ Figure 22 : Dimensions maximales des vitrages recuits monolithiques satisfaisant l'exigence de limitation des dommages



Autres remplissages

- Les remplissages constitués de matériaux fragiles doivent répondre à des considérations équivalentes à celles des remplissages vitrés au regard de la maîtrise des risques de blessure en cas de bris et de chute.
- Les remplissages constitués de matériaux ductiles (tôle acier, tôle aluminium...) ne nécessitent pas de justification sismique hormis celles indiquées au paragraphe [Maintien des remplissages].

Maintien des remplissages

Les dispositions de maintien suivantes ne nécessitent pas de justification sous sollicitation sismique :

- les remplissages maintenus en feuillures 4 côtés ;
- les remplissages collés sur 4 côtés suivant la technique du VEC (Verre Extérieur Collé) ;
- les remplissages (cadres rapportés, tôles...) fixés à l'ossature secondaire par vissage ;
- les ouvrants de masse inférieure à 100 kg ;
- les ouvrants de masse supérieure à 100 kg si les conditions du § [Remplissages] – [Cas sans exigence] sont respectées du côté du sens d'ouverture.

Pour les remplissages (cadres rapportés, tôles...) maintenus par accrochage, il convient de s'assurer d'un recouvrement résiduel des crochets $\geq 5\text{mm}$ lors de leur rotation. Celle-ci est induite par la déformation en parallélogramme de l'ossature secondaire, calculée à partir de la formule du § [Types de bâtiments] de cette annexe. Pour les bâtiments existants on utilise également la formule du § [Types de bâtiments].

Les cadres rapportés comportant des fixations ou attaches fonctionnant par frottement devront faire l'objet d'essais sismiques spécifiques.

ANNEXE D – MÉTHODE DE CALCUL THERMIQUE

Calcul du coefficient de transmission thermique moyen U_{cw}

Le calcul du coefficient de transmission thermique U_{cw} de la façade double peau dépend du degré de ventilation de l'espace d'air entre peaux. Les méthodes indiquées ci-après sont des méthodes simplifiées donnant des valeurs sécuritaires et basées sur les normes de calcul existantes, en particulier l'annexe D de la norme NF EN ISO 12631. Des études au cas par cas peuvent toutefois permettre de préciser l'impact de l'espace d'air ventilé.

De plus, les méthodes se limitent à des espaces d'air ventilés naturellement (sans ventilation mécanique) et de largeur inférieure à 300 mm. Toutefois, en l'absence de méthode existante pour des largeurs supérieures, on considère par hypothèse que les méthodes suivantes sont également valables pour des largeurs supérieures à 300 mm.

Espace d'air fortement ventilé (au sens de la norme NF EN ISO 6946)

L'espace d'air entre peaux est considéré comme fortement ventilé sur l'extérieur si les sections des orifices de ventilations en parties haute et basse de la façade sont supérieures à 1 500 mm² par mètre de longueur horizontale, ce qui correspond à une fente continue de largeur supérieure à 1,5 mm.

Dans ce cas, le calcul du coefficient de transmission thermique de la façade double peau s'obtient par la formule suivante :

$$U_{cw} = \frac{1}{\frac{1}{U_{cw1}} + 0,09}$$

Où :

U_{cw1} est le coefficient de transmission thermique de la peau intérieure de la façade tenant compte des tous ses composants (vitrage, profilés, espaceurs...) et calculé conformément au § 2.2.6 du fascicule 3/5 des Règles Th-U, en W/(m².K).

Note

La valeur de 0,09 m².K/W correspond à l'écart entre les résistances thermiques superficielles intérieure et extérieure calculées conformément à la norme NF EN ISO 6946. La valeur de 0,09 m².K/W correspond à l'écart entre les résistances thermiques superficielles intérieure et extérieure calculées conformément à la norme NF EN ISO 6946.

Espace d'air faiblement ventilé (au sens de la norme NF EN ISO 6946)

L'espace d'air entre peaux est considéré comme faiblement ventilé sur l'extérieur si les sections des orifices de ventilations en parties haute

et basse de la façade sont inférieures à 1 500 mm² par mètre de longueur horizontale, ce qui correspond à une fente continue de largeur inférieure à 1,5 mm.

Dans ce cas, le calcul du coefficient de transmission thermique de la façade double peau s'obtient par la formule suivante :

$$U_{cw} = \frac{1}{\frac{1500 - A_v}{1000} \times R_{cw,u} + \frac{A_v - 500}{1000} \times R_{cw,v}}$$

$$R_{cw,u} = \frac{1}{U_{cw1}} + \frac{1}{U_{cw2}} + R_s - 0,17$$

$$R_{cw,v} = \frac{1}{U_{cw1}} + 0,09$$

Où :

$R_{cw,u}$ est la résistance thermique équivalente avec espace d'air non ventilé, en m².K/W ;

$R_{cw,v}$ est la résistance thermique équivalente avec espace d'air fortement ventilé, en m².K/W ;

A_v est la section des orifices de ventilations en parties haute et basse de la façade, en mm² ;

U_{cw1} est le coefficient de transmission thermique de la peau intérieure de la façade tenant compte des tous ses composants (vitrage, profilés, espaceurs...) et calculé conformément au § 2.2.6 du fascicule 3/5 des Règles Th-U, en W/(m².K) ;

U_{cw2} est le coefficient de transmission thermique de la peau extérieure de la façade tenant compte des tous ses composants (vitrage, profilés, espaceurs...) et calculé conformément au § 2.2.6 du fascicule 3/5 des Règles Th-U, en W/(m².K) ;

R_s est la résistance thermique équivalente de l'espace d'air supposé non ventilé, en m².K/W, calculée à l'aide de la norme NF EN ISO 6946. En pratique, pour des largeurs de l'espace d'air comprises entre 25 et 300 mm, une valeur unique peut être prise : $R_s = 0,18$ m².K/W.

Note 1

Les valeurs de 0,09 m².K/W et de 0,17 m².K/W correspondent respectivement à l'écart entre les résistances thermiques superficielles intérieure et extérieure calculées conformément à la norme NF EN ISO 6946, et à leur somme.

Note 2

Du fait de la position de la protection solaire dans la double peau et de sa faible épaisseur, le gain thermique apporté par cette protection sur le coefficient de transmission thermique est négligeable : $U_{cws} = U_{cw}$

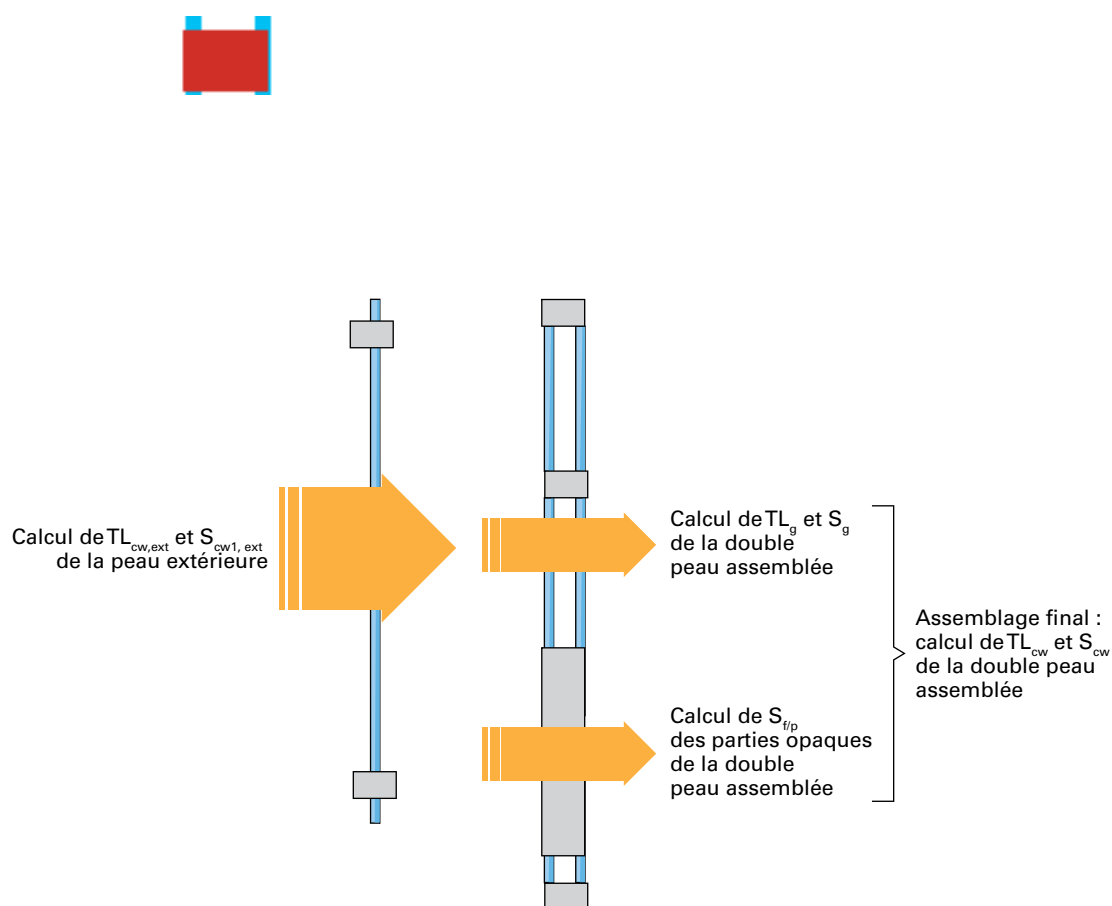
Calcul des facteurs de transmission de l'énergie solaire S_{cw} et lumineuse TL_{cw}

La méthode de calcul indiquée dans ce paragraphe reprend les principes décrits dans la norme XP P50-777. Une méthode simplifiée est proposée pour calculer le facteur de transmission solaire et lumineuse des vitrages. Dans le cas où une protection solaire est présente entre peaux, il est nécessaire de calculer également les facteurs S_{cws} et TL_{cws} correspondant à la façade double peau avec protections solaires pleinement déployées.

Les méthodes indiquées ci-après sont des méthodes simplifiées donnant des valeurs sécuritaires en terme de confort estival et basées sur les normes de calcul existantes (XP P50-777, NF EN 410, NF EN 13363-1). Des études au cas par cas peuvent toutefois permettre de préciser l'impact de l'espace d'air ventilé en tenant compte éventuellement des caractéristiques spectrales des composants.

Cette méthode se limite à la prise en compte de protections solaires entre peaux, sans lames inclinées et ne traite pas des brise-soleil. Les protections solaires doivent de plus avoir des caractéristiques de transmission et de réflexion énergétiques comprises dans la gamme suivante : $\tau_{e,B} < 0,5$ et $0,1 < \rho_{e,B} < 0,8$.

Le principe général consiste à découper la façade en éléments d'orientation et d'inclinaison identiques et de calculer d'abord pour chaque élément la transmission lumineuse ainsi que la composante directe du facteur solaire (S_{cw1}) de la peau extérieure. Toutes les composantes de la double peau sont ensuite déduites par une méthode d'assemblage simplifiée.



▲ Figure 23 : Transmission de l'énergie solaire et lumineuse

Note 1

De manière générale, toutes les hypothèses simplificatrices retenues dans cette méthode conduisent à surestimer les facteurs de transmission solaire et lumineux, ce qui est sécuritaire en termes de confort d'été. En particulier, la lame d'air entre peaux est supposée non ventilée. Pour les valeurs des facteurs solaires sans protection, il est considéré que les valeurs calculées sont valables aussi bien en condition de consommation qu'en condition de confort d'été ($S_{cw}^C = S_{cw}^E = S_{cw}$).

Note 2

En toute rigueur un correctif pour prendre en compte les incidences rasantes devrait être appliqué. En effet, les calculs réalisés ne sont valables théoriquement qu'à incidence normale au vitrage. Toutefois, du fait des simplifications déjà utilisées, du faible impact de cette correction et par souci de simplification, ce correctif n'est pas retenu.

Note 3

Pour des protections solaires non couvertes par la méthode ci-dessous ou pour plus de précision dans les calculs, un calcul détaillé des facteurs de transmission solaire et lumineuse des vitrages avec et sans protection solaire est possible. Les facteurs de transmission solaire et lumineuse S_{gi} , S_{gsi} , TL_{gi} , TL_{gsi} des vitrages de chaque module et leurs composantes ne sont alors pas calculées selon les § [Calcul des composantes des vitrages d'une facette i (double peau sans protection solaire)] et [Calcul des composantes des vitrages d'une facette i (double peau avec protection solaire)] mais conformément aux normes NF EN 13363-2 et XP P50-777, en particulier son Annexe A concernant les stores à lames.

Division de la façade en modules

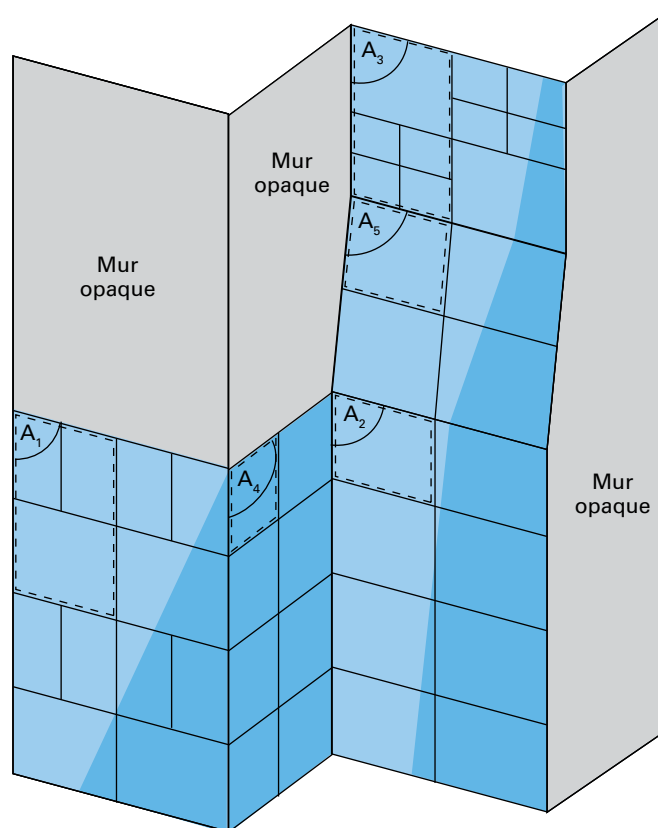
Note

Ce paragraphe sera à considérer en fonction des formes et des expositions des différentes façades pour un chantier donné par le bureau d'étude thermique.

Les frontières des modules doivent être choisies de façon à obtenir des modules répétitifs juxtaposés simples à calculer. Le plus souvent, ces frontières sont confondues avec les axes de symétrie des profilés (montants ou traverses) de l'ossature de la façade double peau. La norme NF EN ISO 12631 donne davantage de précision sur le choix de ces frontières.

Les modules doivent ensuite être regroupés en modules moyens d'inclinaison et d'orientation identiques.

La (figure 24) constitue un exemple.



$$A_{\text{moy1}} = 4.A_1$$

$$A_{\text{moy2}} = 8.A_2$$

$$A_{\text{moy3}} = 2.A_3$$

$$A_{\text{moy4}} = 8.A_4$$

$$A_{\text{moy5}} = 4.A_5$$

▲ Figure 24 : Division de la façade en modules

Note 1

Pour les façades courbes et de manière à éviter la surabondance de données à renseigner dans le moteur réglementaire, une orientation moyenne peut être utilisée.

Note 2

Les surfaces à renseigner sont comptabilisées côté intérieur de dalle (ou refend) à dalle (ou refend). Les apports solaires supplémentaires au niveau des nez de dalle peuvent être comptabilisés sous forme d'apport linéique dépendant du pont thermique de liaison entre la façade et la dalle / refend (cf. Chapitre 6 des Règles Th-S).

Calcul des facteurs de transmission lumineuse et de transmission solaire directe (Scw1) pour la peau extérieure et chaque facette i

Pour chaque facette identifiée précédemment, les facteurs de transmission lumineuse $TL_{cw,i}$ et la composante directe du facteur solaire $S_{cw1,i}$ de la peau extérieure sont calculés :

$$S_{cw1,i,ext} = \frac{\sum \tau_{e,ext} A_{g,ext}}{\sum (A_{g,ext} + A_{f,ext} + A_{p,ext})}$$

$$TL_{cw,i,ext} = \frac{\sum \tau_{v,ext} A_{g,ext}}{\sum (A_{g,ext} + A_{f,ext} + A_{p,ext})}$$

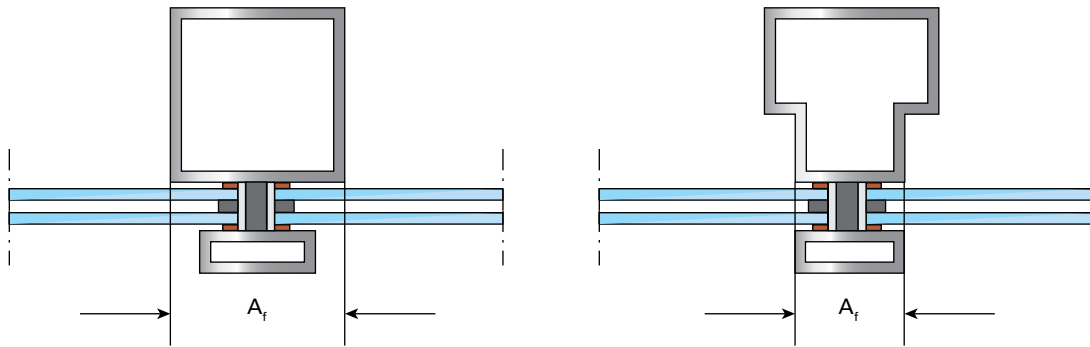
$A_{g,ext}^{(2)}$ est la plus petite aire visible du vitrage de la peau extérieure, vue des deux côtés de la paroi en m². On ne tient pas compte des débordements des joints.

$A_{f,ext}^{(2)}$ est la plus grande aire projetée de la menuiserie de la peau extérieure prise sans recouvrement, vue des deux côtés de la paroi, en m².

$A_{p,ext}^{(2)}$ est la plus petite aire visible du panneau opaque de la peau extérieure, vue des deux côtés de la paroi en m². On ne tient pas compte des débordements des joints.

$\tau_{e,ext}$, $\tau_{v,ext}$ sont les caractéristiques globales du vitrage nu de la peau extérieure, déterminées selon la norme NF EN 410.

■ 2 Les aires projetées « visibles » de la menuiserie et de l'élément de remplissage sont à prendre en compte par rapport aux parties du profilé au voisinage immédiat de l'élément de remplissage



▲ Figure 25 : Détermination des aires projetées

Calcul des composantes de la double peau sans protection solaire pour chaque facette i

Le principe consiste à corriger les composantes des facteurs de transmission solaire et lumineuse de la peau intérieure à partir des caractéristiques de la peau extérieure.

Calcul des composantes des vitrages d'une facette i (double peau sans protection solaire)

$$S_{g1} = \frac{\tau_{e, \text{int}} \times S_{cw1, i, \text{ext}}}{1 - \rho_{e, \text{int}} \times \rho'_{e, \text{ext}}}$$

$$S_{g2} = \frac{1}{R_{cw, u} + 0,17} \cdot \left(\frac{\alpha_{e1} + \alpha_{e2}}{23} + \alpha_{e2} \cdot R_{cw, u} \right)$$

$$S_{g3} = 0$$

Avec $S_g = S_{g1} + S_{g2} + S_{g3}$;

$$TL_g = \frac{\tau_{v, \text{int}} \times TL_{cw, i, \text{ext}}}{1 - \rho_{v, \text{int}} \times \rho'_{v, \text{ext}}} ;$$

$$TL_{g, \text{dif}} = 0$$

Avec :

$$\alpha_{e1} = 1 - S_{cw1, i, \text{ext}} - \rho_{e, \text{ext}} + \frac{S_{cw1, i, \text{ext}} \cdot \rho_{e, \text{int}} \cdot (1 - S_{cw1, i, \text{ext}} - \rho'_{e, \text{ext}})}{1 - \rho'_{e, \text{ext}} \cdot \rho_{e, \text{int}}} ;$$

$$\alpha_{e2} = \frac{(1 - \tau_{e, \text{int}} - \rho_{e, \text{int}}) \cdot S_{cw1, i, \text{ext}}}{1 - \rho'_{e, \text{ext}} \cdot \rho_{e, \text{int}}} .$$

Où :

$\tau_{e, \text{int}}, \tau_{v, \text{int}}, \rho_{e, \text{int}}, \rho_{v, \text{int}}$ sont les caractéristiques globales du vitrage nu de la peau intérieure, déterminées selon la norme NF EN 410 ;

$\rho_{e, \text{ext}}, \rho_{v, \text{ext}}$ sont les caractéristiques de réflexion globales du vitrage nu de la peau extérieure dans le sens du rayonnement, déterminées selon la norme NF EN 410 ;

$\rho'_{e,ext}$, $\rho'_{v,ext}$ sont les caractéristiques de réflexion globales du vitrage nu de la peau extérieure côté opposé au rayonnement, déterminées selon la norme NF EN 410 ;

$\rho_{e,int}$, $\rho_{v,int}$ sont les caractéristiques de réflexion globales du vitrage nu de la peau intérieure dans le sens du rayonnement, déterminées selon la norme NF EN 410 ;

$S_{cw1,i,ext}$ et $TL_{cw1,i,ext}$ sont les facteurs de transmission solaire direct et lumineuse de la peau extérieure de la facette i considérée, déterminés selon le § [Calcul des facteurs de transmission lumineuse et de transmission solaire directe ($Scw1$) pour la peau extérieure et chaque facette i] ;

$R_{cw,u}$ est la résistance thermique équivalente de la double peau avec espace d'air non ventilé, en $m^2.K/W$, déterminée selon le § [Espace d'air faiblement ventilé (au sens de la norme NF EN ISO 6946)].

Note 1

Ces formules sont basées sur la norme NF EN 410 en considérant en particulier que la lame d'air entre peaux est non ventilée, ce qui est sécuritaire en termes de confort estival.

Note 2

Ces formules supposent que la réflexion énergétique et lumineuse des éléments opaques éventuellement présents dans les peaux est identique à celle des vitrages des peaux.

Détermination des facteurs de transmission solaire des autres éléments opaques de chaque facette

$$S_f = S_{cw1,i,ext} \cdot \frac{\alpha_f \cdot U_f}{25} + \frac{1 - S_{cw1,i,ext} - \rho'_{e,ext}}{10 \cdot \left(\frac{1}{U_f} + 0,3 \right)} + \frac{S_{cw1,i,ext} \cdot \left(1 - \frac{\alpha_f \cdot U_f}{25} \right)}{5 \cdot \left(\frac{1}{U_f} + 0,3 \right)}$$

$$S_p = S_{cw1,i,ext} \cdot \frac{\alpha_p \cdot U_p}{25} + \frac{1 - S_{cw1,i,ext} - \rho'_{e,ext}}{10 \cdot \left(\frac{1}{U_p} + 0,3 \right)} + \frac{S_{cw1,i,ext} \cdot \left(1 - \frac{\alpha_p \cdot U_p}{25} \right)}{5 \cdot \left(\frac{1}{U_p} + 0,3 \right)}$$

Où :

U_f et U_p sont les coefficients de transmission thermique des profilés et des remplissages opaques de la peau intérieure, calculés selon le § 2.3. du fascicule 3/5 des RèglesTh-U édition 2012 ;

Les coefficients d'absorption énergétiques du cadre et des parties opaques peuvent être mesurés à l'aide de la norme NF EN 410 ; à défaut de mesure, les valeurs suivantes, issues de l'Annexe D de la norme XP P50-777, peuvent être utilisées :

- pour les couleurs claires (blanc, jaune, orange, rouge clair) : $\alpha_{f,p} = 0,4$
- pour les couleurs moyennes (rouge sombre, vert clair, bleu clair, gris clair) : $\alpha_{f,p} = 0,6$
- pour les couleurs sombres (brun, vert sombre, bleu vif, gris moyen) : $\alpha_{f,p} = 0,8$
- pour les couleurs foncées (noir, brun sombre, bleu sombre, gris sombre), $\alpha_{f,p} = 1,0$.

Détermination des composantes des facteurs de transmission solaire et lumineuse moyen S_{cwi} et TL_{cwi} de chaque facette

$$S_{cw1,i} = \frac{\sum S_{g1} A_{g,int}}{\sum (A_{g,int} + A_{f,int} + A_{p,int})}$$

$$S_{cw2,i} = \frac{\sum S_{g2} A_{g,int} + \sum S_{f2} A_{f,int} + \sum S_{p2} A_{p,int}}{\sum (A_{g,int} + A_{f,int} + A_{p,int})}$$

$$S_{cw3,i} = S_{cws3,i} = 0$$

$$TL_{cw,i} = \frac{\sum TL_g A_{g,int}}{\sum (A_{g,int} + A_{f,int} + A_{p,int})}$$

$$TL_{cw,dif,i} = 0$$

Où :

$A_{g,int}^{(3)}$ est la plus petite aire visible du vitrage de la peau intérieure, vue des deux côtés de la paroi en m². On ne tient pas compte des débordements des joints ;

$A_{f,int}^{(3)}$ est la plus grande aire projetée de la menuiserie de la peau intérieure prise sans recouvrement, vue des deux côtés de la paroi, en m² ;

$A_{p,int}^{(3)}$ est la plus petite aire visible du panneau opaque de la peau intérieure, vue des deux côtés de la paroi en m². On ne tient pas compte des débordements des joints ;

TL_g est le facteur de transmission lumineuse sans protection solaire de chaque vitrage de la facette i, déterminé suivant le § [Calcul des composantes des vitrages d'une facette i (double peau sans protection solaire)] ;

S_{g1} est la composante courte longueur d'onde du facteur de transmission de l'énergie solaire sans protection solaire de chaque vitrage

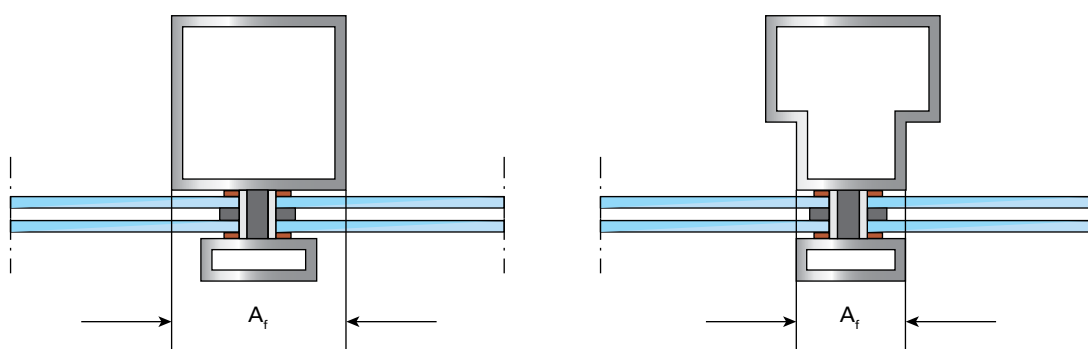
■ 3 Les aires projetées « visibles » de la menuiserie et de l'élément de remplissage sont à prendre en compte par rapport aux parties du profilé au voisinage immédiat de l'élément de remplissage.

de la facette i , déterminée suivant le § [Calcul des composantes des vitrages d'une facette i (double peau sans protection solaire)] ;

S_{g2} est la composante réémise du facteur de transmission de l'énergie solaire sans protection solaire de chaque vitrage de la facette i , déterminée suivant le § [Calcul des composantes des vitrages d'une facette i (double peau sans protection solaire)] ;

S_f est le facteur solaire du cadre sans protection solaire, déterminé suivant le § [Calcul des composantes des vitrages d'une facette i (double peau avec protection solaire)] ;

S_p est le facteur solaire de l'élément de remplissage opaque sans protection solaire, déterminé suivant le § [Calcul des composantes des vitrages d'une facette i (double peau avec protection solaire)].



▲ Figure 26 : Détermination des aires projetées

Calcul des composantes de la double peau avec protection solaire pour chaque facette i

Le principe consiste à corriger les composantes des facteurs de transmission solaire et lumineuse de la peau intérieure à partir des caractéristiques de la peau extérieure et de la protection solaire intégrée.

Calcul des composantes des vitrages d'une facette i (double peau avec protection solaire)

$$S_{gs1} = \frac{\tau_{e, \text{int}} \cdot \tau_{e, B} \cdot S_{cw1, i, \text{ext}}}{(1 - \rho'_{e, \text{ext}} \cdot \rho_{e, B}) \cdot (1 - \rho_{e, \text{int}} \cdot \rho_{e, B}) - \tau_{e, B}^2 \cdot \rho'_{e, \text{ext}} \cdot \rho_{e, \text{int}}}$$

$$S_{gs2} = 0.02 + S_g \cdot \tau_{e, B} + \frac{S_g \cdot (1 - \tau_{e, B} - \rho_{e, B} + (1 - S_g) \cdot \rho_{e, B})}{3 \cdot (R_{cw, u} + 0,7) + 1} - S_{gs1}$$

$$S_{gs3} = 0$$



Où :

$$S_{gs} = S_{gs1} + S_{gs2} + S_{gs3} ;$$

$$TL_{gs} = \frac{\tau_{v, \text{int}} \cdot \tau_{v, B} \cdot TL_{cw, i, \text{ext}}}{(1 - \rho'_{v, \text{ext}} \cdot \rho_{v, B}) \cdot (1 - \rho_{v, \text{int}} \cdot \rho_{v, B}) - \tau_{v, B}^2 \cdot \rho'_{v, \text{ext}} \rho_{v, \text{int}}} ;$$

$$TL_{gs, \text{dif}} = \frac{\tau_{v, \text{int}} \cdot \tau_{v, B, \text{dif}} \cdot TL_{cw, i, \text{ext}}}{(1 - \rho'_{v, \text{ext}} \cdot \rho_{v, B}) \cdot (1 - \rho_{v, \text{int}} \cdot \rho_{v, B}) - \tau_{v, B}^2 \cdot \rho'_{v, \text{ext}} \rho_{v, \text{int}}} .$$

Où :

$\tau_{e, \text{int}}, \tau_{v, \text{int}}, \rho_{e, \text{int}}, \rho_{v, \text{int}}$ sont les caractéristiques globales du vitrage nu de la peau intérieure, déterminées selon la norme NF EN 410 ;

$\rho'_{e, \text{ext}}, \rho'_{v, \text{ext}}$ sont les caractéristiques de réflexion globales du vitrage nu côté opposé au rayonnement de la peau extérieure, déterminées selon la norme NF EN 410.

$S_{cw1, i, \text{ext}}$ et $TL_{cw, i, \text{ext}}$ sont les facteurs de transmission solaire direct et lumineuse de la peau extérieure de la facette i considérée, déterminé selon le § [Calcul des facteurs de transmission lumineuse et de transmission solaire directe (S_{cw1}) pour la peau extérieure et chaque facette i] ;

$\tau_{e, B}, \tau_{v, B, \text{dif}}, \rho_{e, B}, \rho_{v, B}$ sont les caractéristiques globales de la protection solaire intégrée entre peaux, déterminées selon la norme NF EN 14500 ;

S_g est le facteur de transmission solaire global des vitrages de la double peau assemblée sans protection solaire, déterminé selon le § [Calcul des composantes des vitrages d'un module moyen i (double peau sans protection solaire)] ;

$R_{cw, u}$ est la résistance thermique équivalente de la double peau avec espace d'air non ventilé, en $\text{m}^2 \cdot \text{K/W}$, déterminée selon le § [Espace d'air faiblement ventilé (au sens de la norme NF EN ISO 6946)].

Note 1

Ces formules simplifiées se basent sur les normes NF EN 410 et NF EN 13363-1 avec l'ajout d'un coefficient majorateur permettant de s'assurer que la valeur de facteur solaire obtenu est supérieure à la valeur précise pour être sécuritaire en terme de confort estival et dimensionnement des charges de refroidissement.

Note 2

Ces formules supposent que les réflexions énergétiques et lumineuses de la protection solaire sont identiques dans les deux sens (sens du rayonnement et sens opposé au rayonnement).

Note 3

Ces formules supposent que la réflexion énergétique et lumineuse des éléments opaques éventuellement présents dans les peaux est identique à celle des vitrages des peaux.

Détermination des facteurs de transmission solaire des autres éléments opaques de chaque facette

$$S_{fs} = \tau_{e,B} \cdot \frac{\alpha_f \cdot U_f}{25} + \frac{1 - \tau_{e,B} - \rho_{e,B}}{10 \cdot \left(\frac{1}{U_f} + 0,3 \right)} + \frac{\tau_{e,B} \cdot \left(1 - \frac{\alpha_f \cdot U_f}{25} \right)}{5 \cdot \left(\frac{1}{U_f} + 0,3 \right)}$$

$$S_{ps} = \tau_{e,B} \cdot \frac{\alpha_p \cdot U_p}{25} + \frac{1 - \tau_{e,B} - \rho_{e,B}}{10 \cdot \left(\frac{1}{U_p} + 0,3 \right)} + \frac{\tau_{e,B} \cdot \left(1 - \frac{\alpha_p \cdot U_p}{25} \right)}{5 \cdot \left(\frac{1}{U_p} + 0,3 \right)}$$

Où U_f et U_p sont les coefficients de transmission thermique des profilés et des remplissages opaques de la peau intérieure, calculés selon le § 2.3. du fascicule 3/5 des Règles Th-U édition 2012.

Les coefficients d'absorption énergétiques du cadre et des parties opaques peuvent être mesurés à l'aide de la norme NF EN 410 ; à défaut de mesure, les valeurs suivantes, issues de l'Annexe D de la norme XP P50-777, peuvent être utilisées :

- pour les couleurs claires (blanc, jaune, orange, rouge clair) : $\alpha_{f,p} = 0,4$;
- pour les couleurs moyennes (rouge sombre, vert clair, bleu clair, gris clair) : $\alpha_{f,p} = 0,6$;
- pour les couleurs sombres (brun, vert sombre, bleu vif, gris moyen) : $\alpha_{f,p} = 0,8$;
- pour les couleurs foncées (noir, brun sombre, bleu sombre, gris sombre), $\alpha_{f,p} = 1,0$.

Note

L'impact de la peau extérieure sur le facteur solaire des éléments opaques de la double peau est négligé face à l'impact de la protection solaire déployée.

Détermination des composantes des facteurs de transmission solaire et lumineuse moyens S_{cwi} et TL_{cwi} de chaque facette

$$S_{cws1,i} = \frac{\sum S_{gs1} A_{g,int}}{\sum (A_{g,int} + A_{f,int} + A_{p,int})}$$

$$S_{cws2,i} = \frac{\sum S_{gs2} A_{g,int} + \sum S_{fs} A_{f,int} + \sum S_{ps} A_{p,int}}{\sum (A_{g,int} + A_{f,int} + A_{p,int})}$$

$$S_{cws3,i} = 0$$

$$TL_{cws,i} = \frac{\sum TL_{gs} A_{g,int}}{\sum (A_{g,int} + A_{f,int} + A_{p,int})}$$

$$TL_{cws,dif,i} = \frac{\sum TL_{gs,dif} A_{g,int}}{\sum (A_{g,int} + A_{f,int} + A_{p,int})}$$

Où :

$A_{g,int}^{(4)}$ est la plus petite aire visible du vitrage de la peau intérieure, vue des deux côtés de la paroi en m^2 . On ne tient pas compte des débordements des joints ;

$A_{f,int}^{(4)}$ est la plus grande aire projetée de la menuiserie de la peau intérieure prise sans recouvrement, vue des deux côtés de la paroi, en m^2 ;

$A_{p,int}^{(4)}$ est la plus petite aire visible du panneau opaque de la peau intérieure, vue des deux côtés de la paroi en m^2 . On ne tient pas compte des débordements des joints ;

TL_{gs} est le facteur de transmission lumineuse avec protection solaire de chaque vitrage de la facette i , déterminé suivant le § [Calcul des composantes des vitrages d'une facette i (double peau avec protection solaire)] ;

$TL_{gs,dif}$ est la composante diffusée du facteur de transmission lumineuse avec protection solaire de chaque vitrage de la facette i , déterminée suivant le § [Calcul des composantes des vitrages d'une facette i (double peau avec protection solaire)] ;

S_{gs1} est la composante courte longueur d'onde du facteur de transmission de l'énergie solaire avec protection solaire de chaque vitrage de la facette i , déterminée suivant le § [Calcul des composantes des vitrages d'un module moyen i (double peau avec protection solaire)] ;

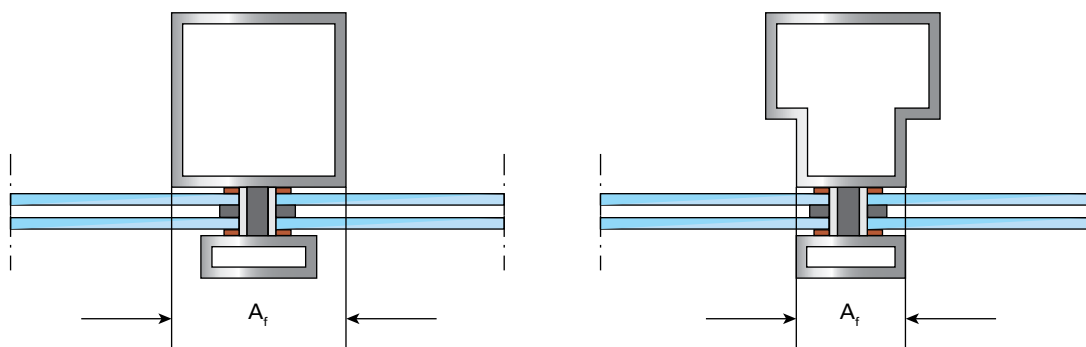
S_{gs2} est la composante réémise du facteur de transmission de l'énergie solaire avec protection solaire de chaque vitrage du module

■ 4 Les aires projetées « visibles » de la menuiserie et de l'élément de remplissage sont à prendre en compte par rapport aux parties du profilé au voisinage immédiat de l'élément de remplissage.

i , déterminée suivant le § [Calcul des composantes des vitrages d'un module moyen i (double peau avec protection solaire)] ;

S_{fs} est le facteur solaire du cadre avec protection solaire, déterminé suivant le § [Détermination des facteurs de transmission solaire des autres éléments opaques de chaque facette] ;

S_{ps} est le facteur solaire de l'élément de remplissage opaque avec protection solaire, déterminé suivant le § [Détermination des facteurs de transmission solaire des autres éléments opaques de chaque facette].



▲ Figure 27 : Détermination des aires projetées

Renseignement de la façade double peau dans Th-BCE

La façade double peau se décrit sous la forme de plusieurs modules moyens différents d'orientation et d'inclinaison identiques, il n'est pas possible de définir de coefficient moyen global de la façade.

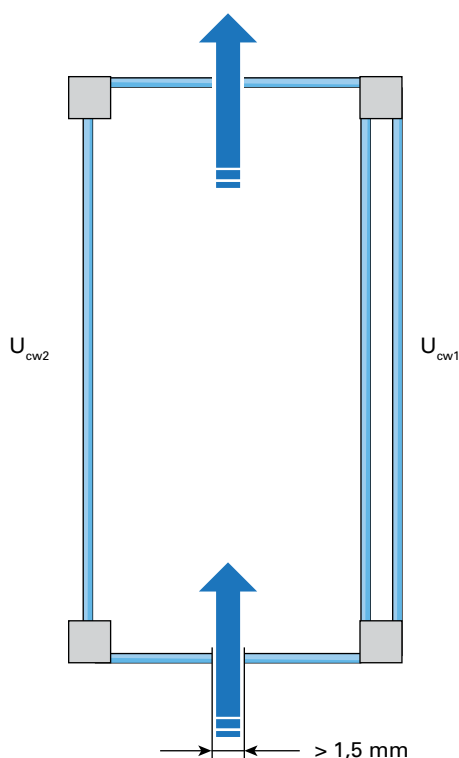
Les surfaces à renseigner dans la méthode Th-BCE correspondent aux surfaces des différents modules moyens. Les différentes composantes des facteurs de transmission solaire et lumineuse sont ceux calculés aux § [Calcul des composantes des vitrages d'une facette i (double peau sans protection solaire)] et [Calcul des composantes des vitrages d'une facette i (double peau avec protection solaire)]. Les valeurs sans protection solaire en condition de consommation peuvent être prise égales à celles en condition de confort d'été et égales aux composantes S_{cw} ($S_{cw}^C = S_{cw}^E = S_{cw}$).

L'inclinaison et l'orientation de chaque facette doivent être renseignées, ainsi que les masques proches ou lointains. Par exemple, les facettes 4 et 2 se masquent entre elles dans l'exemple de la (Figure 24).

Valeurs tabulées

Les paragraphes suivants donnent des valeurs de U_{cw} de la façade double peau en fonction de la largeur des espaces de ventilation équivalente (surface de ventilation ramenée au mètre linéaire).

Fentes continues équivalentes de largeur supérieure à 1,5 mm (espace fortement ventilé)

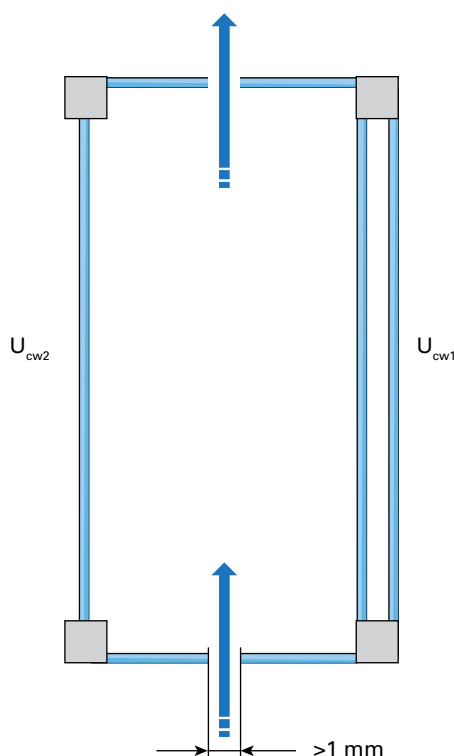


▲ Figure 28 : Fentes continues équivalentes de largeur supérieure à 1,5 mm (espace fortement ventilé)

U_{cw1} [W/(m².K)]	U_{cw} [W/(m².K)]
1	0,9
1,2	1,1
1,4	1,2
1,6	1,4
1,8	1,5
2	1,7
2,2	1,8
2,4	2,0
2,6	2,1
2,8	2,2
3	2,4
3,5	2,7
4	2,9
4,5	3,2
5	3,4

▲ Tableau 18 : Coefficient de transmission thermique surfacique U_{cw} d'une façade double peau avec espace d'air fortement ventilé en fonction du coefficient U_{cw1} de la peau intérieure, en W/(m².K)

Fentes continues équivalentes de largeur inférieure ou égale à 1 mm (espace faiblement ventilé)



▲ Figure 29 : Fentes continues équivalentes de largeur inférieure ou égale à 1 mm (espace faiblement ventilé)

U_{cw1} [W/(m ² .K)]	U_{cw2} [W/(m ² .K)]														
	1	1,2	1,4	1,6	1,8	2	2,2	2,4	2,6	2,8	3	3,5	4	4,5	5
1	0,6	0,7	0,7	0,7	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,9	0,9	0,9
1,2	0,7	0,8	0,8	0,8	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
1,4	0,8	0,8	0,9	0,9	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,2
1,6	0,9	0,9	1,0	1,0	1,0	1,1	1,1	1,1	1,2	1,2	1,2	1,2	1,3	1,3	1,3
1,8	0,9	1,0	1,0	1,1	1,1	1,2	1,2	1,2	1,3	1,3	1,3	1,3	1,4	1,4	1,4
2	1,0	1,0	1,1	1,2	1,2	1,3	1,3	1,3	1,3	1,4	1,4	1,4	1,5	1,5	1,5
2,2	1,0	1,1	1,2	1,2	1,3	1,3	1,4	1,4	1,4	1,5	1,5	1,5	1,6	1,6	1,7
2,4	1,0	1,1	1,2	1,3	1,3	1,4	1,4	1,5	1,5	1,5	1,6	1,6	1,7	1,7	1,8
2,6	1,1	1,2	1,3	1,3	1,4	1,5	1,5	1,6	1,6	1,6	1,7	1,7	1,8	1,8	1,9
2,8	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,5	1,6	1,6	1,7	1,7	1,7	1,8	1,9	1,9	2,0
3	1,1	1,3	1,4	1,4	1,5	1,6	1,6	1,7	1,7	1,8	1,8	1,9	2,0	2,0	2,1
3,5	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,8	1,9	1,9	2,0	2,1	2,2	2,2	2,3
4	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0	2,0	2,1	2,1	2,3	2,4	2,4	2,5
4,5	1,3	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0	2,1	2,2	2,2	2,3	2,4	2,5	2,6	2,7
5	1,3	1,5	1,6	1,8	1,9	2,0	2,1	2,2	2,3	2,3	2,4	2,5	2,7	2,8	2,9

▲ Tableau 19 : Coefficient de transmission thermique surfacique U_{cw} d'une façade double peau avec espace d'air faiblement ventilé en fonction des coefficients U_{cw1} et U_{cw2} des peaux intérieure et extérieure, en W/(m².K)

ANNEXE E – MISE EN ŒUVRE

Conditions requises pour la mise en œuvre

État des supports

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

- les travaux de structure (béton, métal, bois, etc.) sont suffisamment avancés et la structure suffisamment stabilisée pour permettre le traçage de la façade et pour qu'il n'y ait pas par la suite de risque de détérioration ou de dérèglement de cette façade ;
- les axes de référence du bâtiment sur chaque façade et les niveaux à chaque étage sont tracés. Ces axes sont tracés à un endroit qui restera visible jusqu'à l'application des revêtements des murs intérieurs. Ces axes de référence sont à l'usage exclusif du façadier ;
- les abords du bâtiment sont dégagés et nivelés pour permettre les livraisons par camion au pied du bâtiment ;
- les accès aux niveaux sont exécutés ;
- les supports de la façade et la zone de levage sont dégagés ;
- le montage de la façade ne peut débuter dans les conditions normales que lorsque les supports (gros œuvre ou structure qui doivent recevoir ou surplomber cette façade) sont entièrement terminés. Dans le cas exceptionnel où la pose de la façade est débutée avant la fin des travaux de gros œuvre, pour la poursuite de ces travaux, les axes de référence ne pourront se faire qu'à partir de ceux convenus au début de la pose de cette façade. Il est aussi nécessaire, dans ce cas, de prévoir une protection lourde afin de préserver la sécurité des intervenants et de la façade.

Protections collectives de chantier

Les protections collectives de chantier doivent être adaptées au mode de mise en œuvre de la façade et en particulier ne doivent pas utiliser, sauf accord particulier, les ancrages prévus pour la façade.

Tolérances admissibles des supports

Les supports doivent respecter les tolérances admissibles définies au Cahier des Clauses Particulières au projet.

Les supports doivent respecter les tolérances définies à ce sujet par les prescriptions qui les concernent et particulièrement celles de la norme XP P 28-003.

Tolérances de positionnement et de performances des ancrages

Les ancrages doivent être positionnés conformément aux plans remis par le façadier dans les tolérances.

Les ancrages en œuvre sont réputés avoir les performances définies par leur Cahier des Charges ou ATE sur la base de leur position théorique (par exemple, qualité du béton prescrite, nuance des aciers, dureté du bois, etc.).

Mode d'exécution des travaux

Approvisionnement du chantier

Le déchargement et la manutention ne doivent pas entraîner :

- de déformation permanente qui peut nuire à la résistance des assemblages ou des ossatures, à l'aspect et à la pose de la façade, des remplissages et des fenêtres ;
- de dégradation qui risque d'affecter les performances, la résistance à la corrosion des matériaux et l'esthétique de la façade.

Tolérances de pose de la façade

Les tolérances de pose de la façade ne peuvent être respectées que si la structure et particulièrement les supports respectent les tolérances prévues.

L'écart entre la position d'exécution constatée et la position théorique définie par les plans doit respecter deux critères :

- la tolérance d'ensemble : Δe ;
- la tolérance locale : Δp , tolérance de bosse, ressaut ou creux localisé.

La tolérance Δe est définie dans le (Tableau 20) en fonction de D : plus grande valeur entre H et $L/2$, où H est la ligne verticale développée de la partie de façade concernée et $L/2$ sa demi-longueur horizontale développée.

La tolérance Δp est définie dans le (Tableau 21) en fonction de p : distance développée entre deux points quelconques de la façade.

D (m)	Δe (cm)
$D \leq 2,6$	0,5
$2,6 < D \leq 10$	$0,027.D + 0,43$
$10 < D \leq 30$	0,7
$30 < D$	$0,01.D + 0,4$

▲ Tableau 20 : Tolérance d'ensemble

p (m)	Δp (cm)
$p \leq 2,6$	1
$2,6 < p \leq 10$	$0,054.p + 0,86$
$10 < p \leq 30$	1,5
$30 < p$	$0,02.p + 0,8$

▲ **Tableau 21** : Tolérance locale

La tolérance sur l'entraxe de deux montants consécutifs sur la hauteur de la fenêtre lorsque ceux-ci constituent le dormant des ouvrants est de ± 1 mm. La tolérance sur la longueur des diagonales de la baie constituée des ossatures formant dormant est ± 2 mm.

Calfeutrements

Les calfeutrements doivent respecter la NF DTU 44.1 et la norme NF DTU 36.5 pour les mastics ou les cahiers des charges pour les produits hors DTU.

Dans le cas de l'utilisation d'une membrane d'étanchéité, il est important de tenir compte notamment, des conditions climatiques lors de la mise en œuvre et de la préparation des supports, des surfaces minimales d'adhérence, des recouvrements entre les membranes, des projections accidentelles prévisibles, du primaire d'adhérence éventuel, du façonnage des soufflets qui permettent d'absorber les mouvements différentiels prévisibles.

Mouvements différentiels

Les ouvrages doivent être mis en œuvre en respectant les jeux fonctionnels déclarés du projet.

Protection des ouvrages

La façade visée par ce document est un ouvrage manufacturé mis en place sous son aspect définitif.

D'une manière générale, il n'existe pas de protection efficace des façades pendant la construction.

Certaines dégradations importantes de l'aspect du produit (par exemple par certains matériaux tels le ciment, le plâtre, ou par des chocs) qui ne peuvent être réparées, nécessitent parfois le remplacement de ce produit.

Cependant, et sur prescription spéciale du Cahier des Clauses Techniques Particulières, des protections locales (pièces ou panneaux de protection sur zone de passage) des mises en place différées d'éléments de façade peuvent être envisagées localement.

Essai *in situ* à l'eau

Dans le cas d'un défaut d'étanchéité à l'eau sur un ouvrage de façade, une méthodologie d'épreuve *in situ* à l'eau qui permet de localiser le(s) défaut(s) et de vérifier l'efficacité des réparations, est décrite dans la norme NF EN 13051.



ANNEXE F – ENTRETIEN ET MAINTENANCE

L'entretien et la maintenance des façades double peau sont une nécessité. L'objectif est de compenser l'inévitable usure qui est la conséquence aussi bien de l'usage normal que du vieillissement naturel des matériaux. Les vertus d'un bon entretien sont d'assurer la sécurité, de préserver l'aspect et la qualité du service rendu, d'assurer la durée de vie et enfin de maintenir la valeur des ouvrages.

Le maître d'ouvrage devra noter les différentes interventions réalisées sur les ouvrages, la date de réalisation, ainsi que les références des personnes qui sont intervenues.

Entretien

La notion d'entretien recouvre l'ensemble des actions destinées à maintenir les ouvrages en bon état. La principale action d'entretien sur une façade double peau consiste au nettoyage périodique des éléments de façades double peau, tels que les vitrages, les surfaces métalliques et les chéneaux, afin de garantir l'écoulement des eaux de pluie.

Maintenance

Lorsque certaines opérations doivent être confiées à des spécialistes, l'entretien devient alors maintenance. Pour ces opérations, il est souvent conseillé de passer un contrat de maintenance : dans ce cas, les professionnels prennent l'engagement de procéder à des examens périodiques de ces équipements ainsi qu'au remplacement préventif de certaines pièces.

Note

Une réglementation peut imposer pour certains équipements des visites d'inspection périodique. C'est le cas par exemple, des ouvrants de désenfumage, dans les Établissements recevant du public, qui doivent selon l'article DF10 du règlement de sécurité, faire l'objet d'une vérification annuelle par un organisme agréé.

Réparation

La réparation est l'action de remise en état qu'il sera nécessaire de réaliser après une défaillance ou une rupture intempestive. La réparation est généralement l'affaire de spécialistes.

Les réparations les plus courantes, réalisées sur les façades double peau et qui doivent être spécifiquement abordées dans le DIUO « Dossier d'intervention ultérieure sur l'ouvrage » sont : le remplacement d'un vitrage en cas de bris et la réfection des calfeutrements.

Réglementation

En fin de travaux, l'entrepreneur se doit de remettre au maître d'ouvrage une notice d'entretien et de maintenance, précisant en particulier les moyens d'accès, la mise en sécurité des ouvriers et les

procédures à appliquer pour chaque opération. Cette notice sera intégrée dans le « Dossier d'intervention ultérieure sur l'ouvrage » (DIUO) que le maître d'ouvrage doit constituer pour son bâtiment.

Les travaux d'entretien et de maintenance doivent être exécutés en respectant la réglementation en vigueur ainsi que les règles de l'art en la matière.

Note

Il est rappelé en particulier qu'à la date de publication du présent document :

- le Code du Travail (article R 235-3-2) stipule dans les règles auxquelles sont tenus de se conformer les maîtres d'ouvrages entreprenant la construction ou l'aménagement de bâtiments, que les bâtiments et leurs équipements doivent être conçus et réalisés de façon telle que les surfaces vitrées en élévation ou en toiture puissent être nettoyées sans danger pour les travailleurs effectuant ce travail et pour ceux présents dans le bâtiment et autour de celui-ci, en choisissant chaque fois que possible, des solutions de protection collective (voir en complément la circulaire DRT n° 95-07 du 14 avril 1995) ;
- le Code du Travail (article R 235-5) indique que les maîtres d'ouvrage doivent élaborer et transmettre aux utilisateurs un dossier d'entretien avec notamment les dispositions prises pour le nettoyage des surfaces vitrées, notamment les moyens d'arrimage et de stabilité d'échafaudage ou de nacelle ;
- le Code du Travail (article L 235-15) indique que le maître d'ouvrage fait établir et compléter par le coordonnateur un dossier d'intervention ultérieure sur l'ouvrage rassemblant toutes les données de nature à faciliter la prévention des risques professionnels lors d'interventions ultérieures. Ce dossier comporte notamment selon l'article R 238-37, le dossier de maintenance des lieux de travail prévu à l'article R 235-5 ;
- le décret n° 65-48 du 8 janvier 1965 et ses compléments traite des mesures spéciales de protection et de salubrité que les chefs d'établissement, dans le cadre du Code du Travail, doivent prendre en particulier lors d'opérations d'entretien et de nettoyage.

Choix des produits d'entretien et méthode

L'entretien et la maintenance doivent respecter l'ensemble des prescriptions contenues dans le « Dossier d'intervention ultérieure sur l'ouvrage » (DIUO) et les notices remises par les entreprises lors de la réalisation des ouvrages.

D'une façon générale, les conditions dans lesquelles sont effectuées les opérations d'entretien et de maintenance ne doivent pas entraîner de dégradation des ouvrages environnants.

Il faut vérifier, en particulier, si les produits de nettoyage peuvent être utilisés sans dommage ou sans inconvénient sur les matériaux avec lesquels ils peuvent être mis en contact ; de même il faut utiliser du matériel, des techniques ou procédés préconisés par le fabricant.

Sont à proscrire pour le nettoyage :

- l'utilisation d'appareils à haute pression ;
- l'utilisation de grattoirs métalliques sur les surfaces vitrées ;

- l'utilisation de solvants organiques non prescrits par le fabricant.

Il est toujours recommandé de consulter l'entreprise qui a réalisé les travaux.

Fréquence des nettoyages

Lorsque l'ambiance ne comporte pas d'éléments agressifs comme c'est le cas généralement en zone rurale ou urbaine peu dense, une fréquence de nettoyage semestrielle peut convenir.

Une fréquence plus rapprochée peut s'avérer nécessaire en fonction de conditions particulières sur la configuration de la façade double peau ou de son environnement :

- en cas de faible pente ($< 15^\circ$) ;
- en ambiance urbaine dense, industrielle ou marine ;
- en présence d'arbres ou de végétaux à proximité de la façade double peau ;
- en fonction de l'exigence d'aspect (hôtel, magasin).

Prescriptions particulières sur différents produits

Vitrages

Le nettoyage se fait à l'eau claire ou avec des détergents légers, ou des agents neutres exempts de matières abrasives, fluorées ou de produits très alcalins et selon les préconisations des fournisseurs. De même, les outils employés ne doivent pas rayer le verre. Aussitôt après lavage, il convient d'essuyer la totalité de la surface des vitrages.

Certains vitrages spéciaux, par exemple certains vitrages à couche ou sérigraphiés, sablés, émaillés, etc. nécessitent un entretien particulier qui doit être précisé à la livraison de la façade double peau.

Note

La mise en œuvre d'un vitrage à couche autonettoyante, permet de limiter l'encrassement de ceux-ci et ainsi d'espacer les opérations de nettoyage.

Surfaces en aluminium anodisé ou thermo-laqué

Le nettoyage de ces surfaces peut s'effectuer à l'éponge au moyen d'eau additionnée d'un agent mouillant ; il doit être complété par un rinçage soigné à l'eau claire et un essuyage avec un chiffon doux et absorbant ou une raclette non agressive. Cette opération peut être combinée avec le nettoyage des vitrages.

Pour les zones moyennement encrassées : nettoyer avec de l'eau contenant un produit nettoyant non abrasif, à l'éponge ou avec une brosse douce. Rinçage à l'eau claire et essuyage. Il est essentiel de prohiber l'usage de produits très agressifs, tels que certains détergents ménagers et lessives et des produits fortement basiques ou

acides. De plus, il faut proscrire les tampons abrasifs grossiers, tels que paille de fer, papier émeri, etc.

Les surfaces aluminium anodisé ou thermo-laqué, peuvent dans certaines conditions faire l'objet d'opérations de « rénovations », à l'aide de produits légèrement abrasifs ou solvantés. Pour ces opérations il est nécessaire de recourir à une entreprise spécialisée qui établira une préconisation de traitement après diagnostic.

Note

La norme NF A 91-451 traite de la qualification des produits d'entretien d'aluminium anodisé.

Surfaces acier thermo-laqué

L'entretien et la maintenance des surfaces en acier thermo-laqué traités selon les spécifications de la norme NF P 24-351, s'effectuent dans les mêmes conditions que les [surfaces en aluminium].

Acier inoxydable

Les préconisations sont les mêmes que celles précédemment indiquées pour les [surfaces en aluminium]. La fréquence des nettoyages pour une surface rugueuse en acier inoxydable doit être augmentée en tenant compte des prescriptions fournies par l'entreprise qui a réalisé l'ouvrage.

Pour les opérations de nettoyage, l'utilisation d'éponges est recommandé ou à défaut celles de brosses douces de type nylon (sauf sur fini brillant ou miroir). Le brossage doit être effectué dans le sens du polissage. Il faut éviter les tampons, les brosses et laines métalliques, les brosses dures, les brosses nylons sur les polis brillant ou miroir, les tampons et poudres abrasifs même très fins, les produits chlorés, cirant et javellisant.

L'entretien avec des produits lessiviels courants s'avère inefficace lorsqu'il s'agit d'enlever les traces de doigts. Les produits donnant satisfaction comportent le plus souvent des acides avec fonction dégraissante. Un rinçage soigneux suivi d'un essuyage est toujours nécessaire.

Profilés pré-extrudés en caoutchouc et/ou thermoplastiques

Les profilés pré-extrudés en caoutchouc et/ou thermoplastiques utilisés en garniture d'étanchéité des joints résistent généralement aux produits lessiviels employés pour le nettoyage des façades double peau. Sauf spécifications particulière on ne doit utiliser ni solvants organiques, ni abrasifs ou instruments pointus ou tranchants.

Lors de l'entretien ou de la maintenance des quincailleries d'ouvrants, éviter le contact de ces profilés avec les huiles et graisses.

Garnitures d'étanchéité réalisées à l'aide de mastic

Les garnitures d'étanchéité exposées, réalisées à l'aide de mastic, doivent également être périodiquement nettoyées dans les mêmes conditions que les joints caoutchoucs. Ce nettoyage sera également l'occasion d'un contrôle, afin de détecter une éventuelle altération et d'y porter remède en cas de besoin.

Dans le cas d'une réparation d'une garniture de mastic, il sera nécessaire de bien vérifier l'adhérence et la compatibilité du mastic utilisé avec les produits existants.

Quincailleries d'ouvrants

Tant pour l'entretien que pour la maintenance et les réparations éventuelles, il est nécessaire de bien suivre la notice fournie par l'entreprise lors de la réalisation de l'ouvrage et les préconisations des fournisseurs.

Si une lubrification est nécessaire, utiliser le produit préconisé aux endroits indiqués. Les surplus de graisse (ou d'huile) cachent souvent un mauvais fonctionnement, une usure et donc une détérioration future.

Pour les ouvrants il est nécessaire de prévoir *a minima*, une visite de maintenance annuelle qui portera sur les opérations suivantes :

- vérification du réglage ;
- serrage de la visserie au niveau des organes de rotation ;
- lubrification éventuelle des pièces soumises à frottement ;
- contrôle des pièces de rotation, du guidage et du fonctionnement.

Toute pièce détériorée doit être changée.

Pour des usages intensifs, les fréquences devront être adaptées afin de maintenir les ouvrants en bon état.

Note

Pour les ouvrants de désenfumage, dans les ERP, la vérification périodique doit être à confier à un organisme agréé.

Produits sous Avis Technique

Lors de l'utilisation de produits ou de procédés sous Avis Technique, on devra se reporter à celui-ci pour connaître les préconisations d'entretien et de maintenance.

PARTENAIRES du Programme « Règles de l'Art Grenelle Environnement 2012 »

- Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie (ADEME) ;
- Association des industries de produits de construction (AIMCC) ;
- Agence qualité construction (AQC) ;
- Confédération de l'artisanat et des petites entreprises du bâtiment (CAPEB) ;
- Confédération des organismes indépendants de prévention, de contrôle et d'inspection (COPREC Construction) ;
- Centre scientifique et technique du bâtiment (CSTB) ;
- Électricité de France (EDF) ;
- Fédération des entreprises publiques locales (EPL) ;
- Fédération française du bâtiment (FFB) ;
- Fédération française des sociétés d'assurance (FFSA) ;
- Fédération des promoteurs immobiliers de France (FPI) ;
- Fédération des syndicats des métiers de la prestation intellectuelle du Conseil, de l'Ingénierie et du Numérique (Fédération CINOVA) ;
- GDF SUEZ ;
- Ministère de l'Écologie, du Développement Durable et de l'Énergie ;
- Ministère de l'Égalité des Territoires et du Logement ;
- Plan Bâtiment Durable ;
- SYNTEC Ingénierie ;
- Union nationale des syndicats français d'architectes (UNSA) ;
- Union nationale des économistes de la construction (UNTEC) ;
- Union sociale pour l'habitat (USH).

Les productions du Programme « Règles de l'Art Grenelle Environnement 2012 » sont le fruit d'un travail collectif des différents acteurs de la filière bâtiment en France.



GUIDE

FAÇADE MULTIPLE
DOUBLE PEAU VENTILÉE
NATURELLEMENT
SUR L'EXTÉRIEUR

FÉVRIER 2014

NEUF-RÉNOVATION

Les façades double peau sont des solutions techniques de plus en plus utilisées dans le cadre de la réhabilitation de bâtiments ou de constructions neuves pour répondre notamment aux exigences de la nouvelle réglementation thermique RT 2012.

L'objectif de ce guide est de constituer un premier référentiel, en apportant un descriptif aux différents types de façades multiples et multiparois.

Il vise à attirer l'attention sur les principales dispositions constructives des façades multiples double peau ventilées sur l'extérieur, pour les façades double peau minces (dont l'épaisseur de la lame d'air est comprise entre 200 et 600 mm sans possibilité d'accéder à la lame d'air) et les façades double peau épaisses (dont l'épaisseur de la lame d'air est supérieure à 600 mm).

Les principes de justification multicritères de ces façades sont apportés : stabilité et solidité mécanique, résistance aux chocs, sécurité incendie, performances thermiques, etc.

Enfin, ce guide apporte une méthode de calcul thermique conformément à la réglementation thermique RT 2012.



PROGRAMME D'ACCOMPAGNEMENT DES PROFESSIONNELS

« Règles de l'Art Grenelle Environnement 2012 »

Ce programme est une application du Grenelle Environnement. Il vise à revoir l'ensemble des règles de construction, afin de réaliser des économies d'énergie dans le bâtiment et de réduire les émissions de gaz à effet de serre.

www.reglesdelart-grenelle-environnement-2012.fr

