

Commission chargée de formuler des Avis Techniques

Groupe Spécialisé n° 2

Construction, façades
et cloisons légères

Groupe Spécialisé n° 6

Baies et vitrages

Cahier des prescriptions techniques de conception des fenêtres et façades légères respirantes

Ce document a été entériné le 18/11/2014
par le Groupe Spécialisé n° 2 « Constructions, façades et cloisons légères »
et le Groupe Spécialisé n° 6 « Baies et vitrages »
de la Commission chargée de formuler des Avis Techniques

Établissement public au service de l'innovation dans le bâtiment, le CSTB, Centre Scientifique et Technique du Bâtiment, exerce quatre activités clés : la recherche, l'expertise, l'évaluation, et la diffusion des connaissances, organisées pour répondre aux enjeux de la transition écologique et énergétique dans le monde de la construction. Son champ de compétences couvre les produits de construction, les bâtiments et leur intégration dans les quartiers et les villes.

Avec plus de 900 collaborateurs, ses filiales et ses réseaux de partenaires nationaux, européens et internationaux, le groupe CSTB est au service de l'ensemble des parties prenantes de la construction pour faire progresser la qualité et la sécurité des bâtiments.

Membres du groupe d'élaboration du document

Rédacteurs :

Mme	Bareille	CSTB
M.	Cossavella	CSTB

Membres :

Mme	Bouillon	CSTB
M.	Bourreau	SAPA
M.	Brutsaert	GOYER
M.	Faisant	CSTB
M.	Galea	Expert
M.	Goas	BUREAU VERITAS
M.	Goiset	DEKRA
M.	Gueret	MILLET
M.	Kienlen	RINALDI STRUCTAL
M.	Lagier	CSTB
M.	Lamy	SNFPSA
M.	Loppin	SNFA
M.	Martin	APAVE
M.	Montes	UEST ALU
M.	Neyrolles	VULCAIN
M.	Poulichet	PERMASTEELISA
M.	Proust	SCHUCO
M.	Riback	PAQUET FONTAINE
M.	Valem	SOCOTEC
M.	Vankempen	ALCOA

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

© CSTB 2015

Cahier des prescriptions techniques de conception des fenêtres et façades légères respirantes

S O M M A I R E

Préambule

Le principe du système de respiration appliquée aux vitrages isolants, ainsi que le fonctionnement de ce système ont été définis par G. Fleury et M. Thomas ingénieurs au CSTB. Cette étude a été publiée dans *Les Cahier CSTB*, cahier 1964 de décembre 1984.

Il n'existe pas de norme ou de référentiel européen ou français, concernant le système de respiration appliquée aux fenêtres ou aux façades légères. Les ouvrages utilisant cette technique sont non traditionnels et nécessitent une évaluation technique spécifique.

Le présent document définit les dispositions applicables nécessaires au bon comportement des ouvrages comportant une lame d'air respirante faisant l'objet d'une évaluation technique : DTA (Document Technique d'Application), Avis Technique ou ATEx.

L'évaluation technique peut porter soit sur un système de fenêtres délivrée par le GS n° 6 soit sur un système de façades légères délivrée par le GS n° 2.

1. Généralités	2
1.1 Objet, domaine d'application et domaine d'emploi.....	2
1.2 Terminologie et définitions	2
2. Conditions générales de conception.....	2
2.1 Généralités	2
2.2 Règles relatives au choix des composants	3
2.3 Règles relatives à la sécurité.....	4
2.4 Règles relatives à la faisabilité.....	4
2.5 Règles relatives à la durabilité.....	4
3. Conditions générales de fabrication	5
3.1 Généralités	5
3.2 Identification et suivi de fabrication	5
3.3 Conditions de suivi par un organisme extérieur	6
3.4 Contrôles internes.....	6
4. Transport – Manutention – Stockage	8
5. Conditions générales de mise en œuvre	8
5.1 Dispositions générales	8
5.2 Entretien – Réparation – Maintenance	8
Annexe A Fonctionnement du système respirant	9
Annexe B Protocole d'essai de non-embuage.....	15
Annexe C Humidification des éléments hydrophiles dans la lame d'air (si nécessaire)	16
Annexe D Interprétation des résultats d'essais.....	16
Annexe E Plan de contrôle.....	17
Annexe F Détermination des actions du vent pour le calcul des vitrages respirants en façade	18

1. Généralités

1.1 Objet, domaine d'application et domaine d'emploi

Le présent document a pour objet de définir les conditions générales :

- de conception ;
- de fabrication ;
- de mise en œuvre.

1.1.1 Définition

La respiration consiste en l'équilibrage des pressions partielles de vapeur d'eau entre une lame d'air limitée par deux parois vitrées vision et l'extérieur du bâtiment. Cet équilibrage est réalisé par des orifices placés sur une même ligne horizontale.

1.1.2 Domaine d'application et d'emploi

Le système de respiration peut être utilisé pour les remplissages vitrés de fenêtres ou façades légères pour tous types de bâtiment. Les fenêtres doivent être conformes à la norme produit NF EN 14351-1 et à la NF DTU 36.5, de même que les façades légères doivent être conformes à la norme produit NF EN 13830 et à la NF DTU 33.1.

La surpression des locaux a une influence sur le bon fonctionnement du respirant. La valeur de surpression maximale dans les locaux doit être définie par les Documents Particuliers du Marché (DPM). À défaut de prescription particulière on pourra considérer pour la surpression, la valeur maximale de 50 Pa dans le cas de bâtiments courants, et la valeur de 80 Pa pour les IGH.

L'hygrométrie intérieure des locaux est limitée aux faibles, moyennes et fortes hygrométries. Les fortes hygrométries sont limitées aux locaux humides à usage privatif définis dans les *e-Cahiers du CSTB*, cahier 3567.

Par principe, le système de respiration est conçu pour les situations dans lesquelles la teneur en eau en condition hivernale de l'air extérieur est inférieure à celle régnant à l'intérieur du bâtiment et pour lesquelles la température minimale des locaux intérieurs est de 15 °C.

Dans des conditions climatiques particulières, le risque d'embuage momentané du vitrage extérieur n'est pas exclu (orage d'été, hygrométrie brusquement forte avec températures basses). Ce risque d'embuage est également aggravé pendant la période de construction du bâtiment où l'hygrométrie et la température des locaux intérieurs ne respectent pas les valeurs prescrites.

Les DROM ne sont pas visés par ce présent document.

1.2 Terminologie et définitions

- Lame d'air : espace continu entre deux parois dont les faces en regard sont sensiblement parallèles.
- Lame d'air respirante : lame d'air mise en communication avec l'ambiance extérieure du bâtiment par des dispositifs de respiration.
- Dispositif de respiration : orifices positionnés sur une même ligne horizontale munis de filtres permettant la mise en communication de la lame d'air avec l'ambiance extérieure.
- Filtre : grille à maille calibrée limitant le passage d'insectes ou de particules vers la lame d'air.

– Perméabilité : définit la capacité d'un matériau à se laisser traverser par un gaz sous l'action d'une différence de pression entre ses deux faces opposées. Dans le cas où le gaz est la vapeur d'eau, il s'agit du rapport de la quantité de vapeur d'eau traversant un matériau par unité d'épaisseur, de temps et par unité de différence de pression de vapeur régnant de part et d'autre du matériau. Cette grandeur dépend des caractéristiques physiques du matériau telles que le diamètre des pores ou la géométrie des vides. Dans le système S.I., la perméabilité s'exprime en kg/(m.s.Pa). Néanmoins, elle est couramment exprimée en g/(m.h.mmHg) : 1 g/(m.h.mmHg) = 20,8.10⁻¹⁰ kg/(m.s.Pa)

– Perméance : la perméance d'un matériau homogène est le rapport de la perméabilité à la vapeur d'eau (kg/(m.s.Pa)) du matériau sur son épaisseur (m).

2. Conditions générales de conception

2.1 Généralités

Le principe de la respiration est l'équilibrage des pressions partielles de vapeur d'eau entre la lame d'air et l'extérieur du bâtiment. Cet équilibrage est d'autant plus efficace lorsque :

- les dispositifs de respiration ont une grande perméance ;
- la perméabilité à l'air de la paroi intérieure de la lame d'air est faible.

Afin de vérifier l'efficacité du fonctionnement du système de respiration pour les fenêtres et pour les façades légères une vérification expérimentale est réalisée. Le programme de cet essai figure en *Annexe B*.

Pour cette vérification, de manière conventionnelle sont prises en compte les conditions suivantes :

- valeur maximale de surpression dans les locaux du projet selon les DPM, avec un minimum de 30 Pa. En l'absence de prescription ces valeurs sont de 80 Pa pour un IGH et de 50 Pa pour les bâtiments courants.
- pression de vapeur de l'air intérieur correspondant à 50 % HR à 20 °C.

Remarque : pendant la période du chantier et jusqu'aux premiers mois d'exploitation, lorsque les conditions hygro-thermiques intérieures ne sont pas celles prévues pour le fonctionnement normal du système, le fonctionnement de la respiration n'est pas convenablement assuré et de la condensation peut apparaître. Celle-ci disparaîtra au rétablissement des conditions normales du respirant.

Sont utilisables :

- les vitrages vision plans ou bombés, simples (monolithiques ou feuilletés) ou isolants ;
- les composants verriers sérigraphiés (émaillage ponctuel) ;
- les cadres en profilés métalliques, en PVC ;
- les cadres en matériaux hydrophiles (type bois, devront faire l'objet d'une évaluation particulière suivant l'*Annexe C*) ;
- les remplissages mis en œuvre en feuillure traditionnelle avec garnitures d'étanchéité ou par collage structurel suivant la technique du VEC (cf. *e-Cahiers CSTB*, cahier 3488-V2).

Note : les matériaux et revêtements en contact avec la lame d'air ne doivent pas rejeter de substances susceptibles d'altérer la transparence des vitrages. Les matériaux couramment utilisés dans les fenêtres et façades légères sont réputés satisfaire à cette remarque.

2.2 Règles relatives au choix des composants

2.2.1 Produits verriers

Lorsque les bords des vitrages restent accessibles après mise en œuvre, et pour éviter des blessures aux personnels de nettoyage ou de maintenance, ces vitrages devront avoir au moins les arêtes abattues.

2.2.1.1 Vitrages monolithiques

Peuvent être utilisés :

- la glace conforme à la norme NF EN 572 parties 1, 2 et 5 ;
- les verres trempés conformes à la norme NF EN 12150 et/ou à la norme NF EN 14179
- les verres durcis conformes à la norme NF EN 1863 ;
- la glace partiellement émaillée conforme à la norme NF EN 12150 ;
- les verres à couche classés A, B et S conformes à la norme NF EN 1096 (exemple couche pyrolytique).

2.2.1.2 Vitrages feuilletés

Les vitrages feuilletés utilisés doivent être conformes à la norme NF EN ISO 12543-2.

Éventuellement, en raison de l'exposition directe des bords du vitrage feuilleté, l'apparition de bulles ou de délamnages peut être rendue visible en périphérie. Les critères d'acceptation de ce type de défauts sont décrits dans la norme d'essais des vitrages feuilletés NF EN ISO 12543-4.

2.2.1.3 Vitrages isolants

Les vitrages isolants doivent être conformes à la norme NF EN 1279.

La fabrication des vitrages isolants doit faire l'objet d'un suivi périodique par un organisme tiers afin de maintenir un niveau de qualité équivalent à celui exigé jusqu'à présent par le marché. Une certification de produit (inspection initiale, visite de suivi, prélèvement en usine) est par conséquent requise. La certification CEKAL avec l'extension adaptée au système de mise en œuvre permet de répondre à cette spécification.

2.2.2 Panneaux opaques

Dans certaines configurations, la paroi intérieure ou extérieure peut être partiellement constituée de panneaux opaques. Ces panneaux doivent être étanches et ils ne doivent pas être percés après leur sortie d'usine. En cas de perçage ou d'usinage, la perméabilité à l'air de la paroi intérieure entre l'intérieur du bâtiment et la lame d'air devra être parfaitement reconstituée avec mastic, presse-étoupe, pièce de tôlerie ou bandes d'étanchéité collées.

2.2.3 Stores

Les stores de type vénitiens à lames en alliage d'aluminium, doivent être conformes aux prescriptions du *e-Cahier du CSTB* n° 3677_V2. Chaque store individuel doit comporter un signe spécifique (marque, étiquette,...), témoignant que le produit a satisfait aux essais et contrôles prévus dans le *e-Cahier du CSTB* n° 3677_V2.

Les autres types de protections solaires seront validés dans l'évaluation technique.

La détermination de la température de la lame d'air, atteinte sous ensoleillement, doit être réalisée par le fabricant de fenêtres ou de façades légères. En fonction de cette température, des dimensions et du poids de la paroi intérieure, l'accès au store doit être conforme aux directives du *e-Cahier CSTB* n° 3677_V2. La couleur du store est un facteur important pour le calcul de la température sous ensoleillement dans la lame d'air.

Pour certaines couleurs, les coefficients d'absorption sont trop importants, ce qui les rend impossible à utiliser (voir Annexe 4 du *e-Cahier du CSTB* n° 3677_V2).

Les ouvrants et les éléments démontables permettant l'accessibilité à la lame d'air ou au coffre de store, doivent permettre de retrouver la performance d'étanchéité initiale après remontage ou refermeture, il y a lieu de s'assurer de l'efficacité des garnitures de joint, de l'étanchéité des éventuels trous de passage des vis ou de serrures batteuses, etc.

Rappel du cahier n° 3677_V2 : *les stores relevables doivent être à manœuvre électrique. Les stores uniquement inclinables peuvent être à commande électrique ou à commande manuelle. La barre de charge finale du store, doit dans tous les cas permettre un espace d'au moins 10 mm avec le dessus des systèmes de respiration (filtres)*.

La fixation du support de caissons des stores relevant d'éléments d'interface entre le concepteur de la fenêtre ou de la façade et le concepteur du store, il est nécessaire qu'une concertation ait lieu entre les deux parties. Sont préférables, les systèmes avec des clameaux dans une rainure qui évitent les trous de fixation en traverse haute. Il en est de même pour la fixation des éventuels câbles de guidage en traverse basse.

2.2.4 Dispositifs de respiration

Les dispositifs de respiration permettent la communication de la lame d'air avec l'extérieur du bâtiment. Ils doivent être situés sur une même ligne horizontale, généralement en traverse basse.

Ils sont équipés de filtres à mailles de 100 µm à 500 µm, afin de limiter l'introduction dans la lame d'air d'insectes ou de particules (poussières, pollen,...). L'efficacité du système de respiration est améliorée et par conséquent le nombre de filtres réduit, lorsque le cheminement est le plus direct possible, avec le moins de coude et sans changement de sections.

Ils doivent rester accessibles, afin d'être soit nettoyés, soit changés. Lorsque le système de respiration est soumis à la pluie battante, des dispositions doivent être prises afin d'éviter des projections d'eau liquide dans la lame d'air et dans les tubulures des filtres.

Les systèmes de respiration doivent être fabriqués avec des matériaux durables et le filtre doit être résistant aux UV.

Les caractéristiques des filtres seront celles définies lors de l'essai de non-embuage. Le nombre de filtres est défini par l'essai de non-embuage. Les règles d'interprétation sont précisées en Annexe D. La découpe éventuelle des profilés synthétiques (type joint pare-pluie) permettant la communication de la lame d'air avec l'ambiance extérieure, fait partie intégrante du dispositif de respiration.

2.2.5 Composants annexes

Pour s'assurer d'un bon fonctionnement du système de respiration, il est rappelé l'extrême importance de veiller à l'étanchéité à l'air entre l'intérieur du bâtiment et la lame d'air. Pour tous les orifices de passage des câbles électriques de commande ou des flexibles cette étanchéité peut être réalisée par des presse-étoupes.

Les garnitures de joints qui assurent l'étanchéité à l'air de la paroi intérieure devront être, soit tournantes dans les angles, avec raccordement collé, soit collées dans les angles, soit prévues en cadre soudé aux dimensions du cadre.

Les dispositions d'étanchéité seront validées par les essais de non embuage.

2.3 Règles relatives à la sécurité

2.3.1 Stabilité – Dimensionnement

2.3.1.1 Pour les fenêtres ou menuiseries

Les règles de calcul et dimensionnement des fenêtres ou des menuiseries sont données par la norme NF DTU 36.5.

Les pressions de vent pour le dimensionnement des vitrages sont définies dans le NF DTU 39 en prenant 50 % pour la paroi extérieure.

2.3.1.2 Pour les façades légères

Les règles de calcul et dimensionnement des façades légères sont données par la norme NF DTU 33.1.

Les pressions de vent ainsi que la répartition des charges de vent sur chacune des parois de la façade respirante sont précisées en Annexe F de ce CPT.

2.3.2 Sécurité des usagers

Pour le vitrage assurant la sécurité aux chutes des personnes, il y a lieu de respecter les dispositions prévues pour les façades ou les fenêtres.

Notes :

- lorsque la sécurité aux chutes est assurée par un composant de la paroi intérieure la justification de la non casse des vitrages opposés aux chocs n'est pas requise ;
- lorsque le remplissage intérieur assure la sécurité aux chutes des personnes, il y a lieu de prévoir des dispositifs de sécurité supplémentaires pour les intervenants dès lors que celui-ci est ouvert ou déposé pour l'accès à la lame d'air ou au store.

2.3.3 Sécurité en cas d'incendie

Elle n'est pas mise en cause par l'application du principe de la respiration.

La convenance du point de vue de la sécurité en cas d'incendie d'une façade utilisant le principe de la respiration doit être appréciée dans les mêmes conditions que pour des fenêtres ou des façades légères traditionnelles. Elle doit être examinée, au cas par cas, en fonction des divers règlements concernant l'habitation, les établissements recevant du public, les immeubles de grande et très grande hauteur, etc.

Si des performances de réaction au feu et/ou de résistance au feu sont requises, l'évaluation devra être effectuée selon le référentiel défini dans la norme NF EN 13501.

2.3.4 Sécurité en cas de séisme

Elle n'est pas mise en cause par l'application du principe de la respiration.

Elle devra être appréciée dans les mêmes conditions que les fenêtres et façades traditionnelles.

Les fiches techniques n° 49/A et n° 50/A, disponibles sur le site du SNFA, sont applicables.

2.3.5 Sécurité des intervenants

Elle n'est pas mise en cause par l'application du principe de la respiration.

2.4 Règles relatives à la faisabilité

La réalisation de l'assemblage en atelier est seule envisageable. L'atelier d'assemblage est une zone aménagée afin de permettre la maîtrise des conditions d'assemblage aptes à assurer l'obtention des caractéristiques et performances attendues. Toutefois, lorsque le système dispose d'un ouvrant pour l'accès dans la lame d'air, il est possible de monter sur site les sous-ensembles tels que le store ou le vantail ouvrant préparés en atelier.

2.5 Règles relatives à la durabilité

2.5.1 Durabilité des produits verriers

En ce qui concerne la nature et le type de produits verriers, on se reportera au Chapitre 2.2.1.

2.5.1.1 Limitation du risque de casse thermique pour les vitrages recuits

Sauf justification particulière par note de calcul et pour les vitrages soumis au rayonnement solaire, tous les vitrages doivent être trempés ou durcis.

Le calcul du risque de casse thermique devra être réalisé avec les caractéristiques des vitrages et des stores du projet. Les écarts de température dans les vitrages sont déterminés en présence du store, avec l'inclinaison des lames à 45° et en position fermée, selon les hypothèses du NF DTU 39 P3, avec un logiciel approprié respectant les critères définis dans le NF DTU 39 P3.

2.5.1.2 Spécificité des vitrages feuillettés ou isolants

Les intercalaires et matériaux ou produits (élastomères, mastics, etc.) en contact ou situés à proximité doivent être chimiquement compatibles.

Considérant les mêmes hypothèses que dans le paragraphe 2.5.1.1, les températures maximales à ne pas dépasser sur les joints de scellement des vitrages isolants et sur les intercalaires des vitrages feuillettés sont celles définies dans le Cahier du CSTB n° 3242 « Conditions climatiques à considérer pour le calcul des températures maximales et minimales des vitrages ».

2.5.1.3 Spécificité des vitrages isolants

Il convient de justifier des efforts appliqués au système de scellement périphérique (qui doivent être inférieurs à 1,12 daN/m si le vitrage est parclosé 4 côtés ou à 0,95 daN/m de longueur de joint, en cas de VEC) résultant des variations de pression interne dues aux variations de température et aux variations de pression atmosphérique.

En l'absence de ces données, la vérification sera faite en considérant les valeurs forfaitaires données ci-dessous :

- température extérieure du respirant : 35 °C ;
- température intérieure du bâtiment : 25 °C ;
- caractéristiques du store blanc ;

- rayonnement solaire : 800 W/m² ;
- température de fabrication : 15 °C ;
- différence d'altitude entre le lieu de fabrication et le lieu de mise en œuvre : 300 m ;
- résistance superficielle intérieure : 0,278 (m².K)/W ;
- résistance superficielle des faces en regard de la lame d'air respirante : 0,1 (m².K)/W ;
- résistance superficielle extérieure : 0,125 (m².K)/W.

La méthode de calcul est donnée en annexe B du e-Cahier CSTB n° 3488_V2 de mars 2011, pour les vitrages isolants.

Il est en outre rappelé que la température atteinte en œuvre par le scellement des vitrages isolants ne peut excéder 60 °C.

Lorsque les feuillures à verre des cadres de la paroi intérieure ne peuvent être ventilées ou drainées afin de respecter l'étanchéité à l'air de cette paroi, les vitrages isolants devront avoir un indice de pénétration d'humidité (suivant la norme NF EN 1279) $i \leq 0,1$.

2.5.2 Durabilité des profilés et des accessoires

La durabilité des composants est un facteur devant être pris en compte en amont lors de la conception, au regard de la mise en œuvre et de l'exploitation de l'ouvrage.

En règles générales, les profilés de cadre(s) délimitant une lame d'air respirante sont assemblés par vissage, par clamage ou par soudure. Afin de maintenir une parfaite étanchéité de cette lame d'air vis-à-vis de l'intérieur du bâtiment, il y a lieu de renforcer autant que possible les points faibles de ces assemblages par équerres ou plaquettes collées et étanchées.

Tout bris ou chute d'un de ces éléments peut impliquer une intervention complexe (en particulier en cas d'absence d'ouvrant), avec le risque de défaillance du système de respiration en cas de mauvais remontage.

3. Conditions générales de fabrication

3.1 Généralités

Un suivi des opérations de fabrication et d'assemblage sera réalisé dans le cadre du suivi des Avis Techniques ou des DTA par le CSTB ou par un organisme accepté par les Groupes Spécialisés n° 2 et n° 6 sous la forme d'audit.

Nota : dans le cadre d'une ATEx on pourra utiliser ce même référentiel d'audit.

Les opérations de fabrication et d'assemblage de cadres vitrés utilisant la technique de la respiration nécessitent un soin particulier. Les principaux contrôles en atelier sont définis en Annexe E.

Les informations nécessaires au suivi des contrôles sont reprises dans les *paragraphes ci-après*.

Les principales dispositions à adopter par l'usine de fabrication du respirant doivent être consignées sous forme de document qualité (plan qualité, procédures, instructions, etc.) et concernent principalement les points suivants :

- responsabilités du système de contrôle ;
- documentation de l'usine (procédures internes, cahiers des charges, ATEc, DTA, ATEx, PV d'essai de non-emboîture, etc.) ;
- opérations de contrôle (matières premières, en cours de fabrication et sur produits finis) ;
- personnel, installations et équipements ;
- enregistrement et modalités des essais ;
- traitement des produits non conformes.

3.2 Identification et suivi de fabrication

3.2.1 Contrôles sur matières premières

Le concepteur doit définir les procédures et les critères appropriés d'acceptation des contrôles sur matières premières.

Les matières premières approvisionnées sont conformes aux prescriptions définies dans l'évaluation technique (Avis Technique, DTA, ATEx).

Pour les vitrages, les composants, les couches, les épaisseurs, les traitements des bords, les systèmes de scellement sont ceux prévus dans l'évaluation technique.

Les stores vénitiens seront ceux validés suivant le e-Cahier du CSTB n° 3677_V2 dans le cadre de l'évaluation technique.

Les dispositifs de respiration seront ceux visés dans l'évaluation technique.

3.2.2 Contrôles en cours de fabrication, maîtrise du processus de fabrication

Les opérations de fabrication doivent être décrites par le concepteur et reprises dans le plan d'assurance qualité de l'atelier de fabrication.

Les instructions de fabrication doivent couvrir les différentes phases de réalisation, définir les contrôles et les paramètres de fabrication pertinents.

Pour la fabrication des cadres les contrôles doivent porter sur :

- la qualité des usinages des profilés constituant le ou les cadres limitant la lame d'air respirante, conformément aux tolérances de fabrication définies par le concepteur du système ;
- la maîtrise de la qualité d'assemblage du ou des cadres ; les assemblages de fil qui peuvent ne pas être étanches, seront munis de plaquettes ou d'équerres collées destinées à renforcer l'étanchéité des assemblages ;
- l'identification et la bonne mise en œuvre des garnitures EDPM, butyl, etc qui assurent l'étanchéité de la lame d'air avec l'intérieur du bâtiment. Ces garnitures doivent être mises en œuvre soit avec angles soudés, soit avec angles tournants et raccordements collés et étanchés ;
- le passage des câbles d'alimentation et de commande ou les flexibles de manœuvre des stores devra être étanche à l'air, par la mise en place de presse étoupe, de bouchons ou de pièces d'étanchéité ;
- l'usinage réalisé pour la mise en place de l'interrupteur ou du bouton de commande devra être étanché s'il donne sur la lame d'air respirante et en tout état de cause ne devra pas générer des fuites d'air.

Pour les vitrages, les contrôles doivent porter sur la propreté des faces vitrées côté lame d'air.

Afin de vérifier le respect des étapes d'assemblage permettant d'obtenir une bonne étanchéité de la paroi intérieure, une vérification par essai d'autocontrôle si nécessaire (voir *paragraphe 3.3*) de la perméabilité à l'air de la paroi intérieure sera réalisée avec les critères déclarés par le concepteur du système ou à défaut suivant les critères suivants: $Q < 0,5 \text{ m}^3/(\text{h.m}^2)$ ou $Q_{\text{déclaré}} < Q_{\text{essai}} + 15\%$ sous 150 Pa suivant la NF EN 12153.

3.3 Conditions de suivi par un organisme extérieur

- **Cas 1** : cas où l'entreprise conçoit et fabrique son propre système

Cas 1.1) Si la maquette qui fait l'objet de l'essai de non embuage et la série pour le chantier sont fabriquées dans le même atelier le suivi n'est pas nécessaire.

Cas 1.2) Si la maquette qui fait l'objet de l'essai de non embuage et la série pour le chantier ne sont pas fabriquées dans le même atelier un audit initial est à prévoir ainsi qu'un essai d'autocontrôle de la perméabilité à l'air.

Pour chaque série fabriquée, l'entreprise doit être en mesure de fournir à la demande les registres de production justifiant de la mise en place d'une procédure de contrôles d'applications définis en *Annexe E*.

- **Cas 2** : cas où l'entreprise fabrique un seul système sous ATec/DTA qu'elle n'a pas conçu

Un audit initial est à prévoir ainsi qu'un essai de contrôle de la perméabilité à l'air pour chaque chantier en respectant les critères du *paragraphe 3.2.2*.

L'audit initial sera réalisé par un organisme extérieur qui vérifiera qu'il existe un contrôle de la fabrication défini et appliqué en *Annexe E*.

- **Cas 3** : cas où l'entreprise fabrique des systèmes sous ATec/DTA qu'elle n'a pas conçu

Un audit annuel sera réalisé par un organisme extérieur qui vérifiera que pour chaque fabrication il existe un contrôle défini et appliqué en *Annexe E* et que pour chaque gamme il existe un essai de perméabilité à l'air de la paroi intérieure de moins de 1 an.

3.4 Contrôles internes

En préalable aux opérations de contrôles internes, l'atelier ou l'usine s'assurera d'avoir reçu les documents suivants :

- DTA ou ATEc ;
- les documents particuliers du projet ;
- la valeur de perméabilité à l'air de la paroi intérieure retenue (cas 1.2 ; cas 2 et 3) ;
- les essais de non-embuage (cas 1.1) ;
- les déclarations de conformité des matières premières ;
- le plan de calepinage de la façade.

Les contrôles internes portent sur :

- les contrôles sur matières premières ;
- les contrôles en cours de fabrication ;
- les contrôles sur produits finis.

3.4.1 Contrôles sur matières premières

Ils sont définis dans le tableau ci-dessous.

Type de contrôle	Qui ?	Référentiel	Spécifications et résultats	fréquence	Enregistrement
Vitrages					
Identification	Fabricant du vitrage	Cahier des charges ou fiches de spécifications du fournisseur	Cahier des charges ou fiches de spécifications du fournisseur	Chaque produit	Oui (*)
Verre à couche	Fabricant du vitrage	NF EN 1096	Déclaration de conformité à la norme EN 1096 avec identification de la couche	Chaque lot de vitrage	Oui (*)
Contrôles dimensionnels	Atelier/usine	Cahier des charges ou fiches de spécifications du fournisseur	Acceptation ou non	Chaque produit	Oui
Traitements des bords	Atelier/usine	Cahier des charges ou fiches de spécifications du fournisseur	Acceptation ou non	Chaque produit	Oui
Stores					
Identification	Atelier/usine	ATec ou DTA	ATec ou DTA	Chaque produit	Oui
Essai de pré-qualification	Storiste	Cahier du CSTB 3677_V2	PV d'essai interne	Chaque store	Oui (*)
Dispositifs de respiration					
Identification	Atelier/usine	ATec ou DTA	ATec ou DTA	Chaque produit	Oui
(*) Disponible dans l'atelier/usine.					

3.4.2 Contrôles en cours de fabrication

Ils sont définis dans le tableau ci-dessous.

Type de contrôle	spécifications	Enregistrement
Assemblage des cadres	Fiche autocontrôle sur chaque cadre	Oui
Mise en œuvre de l'étanchéité	Fiche autocontrôle sur chaque cadre	Oui
Essai d'étanchéité à l'air de la paroi intérieure	Essai suivant <i>paragraphe 3.2.2</i>	Oui
Etanchéité du passage des câbles d'alimentation et de commande	Fiche autocontrôle sur chaque cadre	Oui
Nettoyage des vitrages	Sur les faces côté lame d'air pour chaque vitrage en conformité avec les prescriptions du concepteur (laveuse, lavage manuel compatible avec les composants et couches des vitrages)	Oui

3.4.3 Contrôles sur produits finis

Les contrôles visuels sur chaque cadre sont enregistrés et portent sur :

- les assemblages ;
- les dispositifs de respiration (le nombre de filtres, la découpe des joints,...) ;
- la présence de store, sa couleur et de son repliement complet s'il est manœuvrable ou de son immobilisation sur la traverse basse ;
- la position du store dans la lame d'air.

3.4.4 Traitement des non conformités

Une procédure de traitement des produits non conformes doit être consignée par écrit. Les produits non conformes aux exigences doivent être isolés et repérés.

Le fabricant doit enregistrer toute non-conformité afin de mener des actions correctives et d'éviter toute récurrence de la non-conformité.

4. Transport – Manutention – Stockage

Les conditions de manutention, stockage, conditionnement et livraison doivent être définies et documentées.

Les prescriptions de manutention des cadres respirants doit tenir compte de la fragilité des éléments, et du risque de détérioration des étanchéités à l'air de la paroi intérieure. Une manipulation des cadres en position verticale, la position de mise en œuvre, est à privilégier. Dans ce cas, des crochets ou des attaches avec éventuellement un palonnier sont à prévoir.

Le châssis est transporté et stocké conformément au paragraphe 5.3 du *e-Cahier du CSTB 3677_V2*.

Un contrôle sur produits finis (voir *paragraphe 3.4.3*) des cadres livrés sur le chantier devra être réalisé avant l'opération de montage sur le bâtiment et les enregistrements seront transmis à l'usine.

5. Conditions générales de mise en œuvre

5.1 Dispositions générales

Outre les prescriptions des NF DTU 36.5 pour les fenêtres et NF DTU 33.1 pour les façades légères, on s'assurera que :

- les dispositifs éventuellement prévus pour le transport et la manutention pour maintenir la lame finale du store solidaire de la traverse basse du cadre respirant soient enlevés ;
- des protections à la poussière peuvent être prévues et mises en place localement, par exemple lorsqu'il y a production de poussière sur le chantier, entre la fabrication des châssis respirants et l'établissement des conditions normales de fonctionnement du système de respiration. L'enlèvement de ces protections temporaires doit être d'une part possible, d'autre part planifié. Tant que ces protections sont en place, les conditions de diffusion de la vapeur d'eau ne sont pas réunies, et le système ne peut pas fonctionner normalement.

Note : le fonctionnement normal du système respirant nécessite une température intérieure minimale de 15 ° C et une hygrométrie maximale de 50 % HR. Hors de ces conditions, le système ne fonctionnera pas correctement, tant que les conditions nécessaires ne seront pas réunies.

5.2 Entretien – Réparation – Maintenance

Les préconisations d'utilisation, d'entretien et de maintenance devront être précisées par le titulaire du lot (sur la base des prescriptions du concepteur) et être transmises au maître d'œuvre et au maître d'ouvrage. Les interventions d'entretien, de réparation ou de maintenance qui nécessitent l'accès à la lame d'air ne doivent être réalisées que par du personnel informé des précautions inhérentes à cette technique.

Les dispositions des NF DTU 36.5 pour les fenêtres et NF DTU 33.1 pour les façades sont à prendre en compte.

L'entretien des vitrages est à effectuer selon la NF DTU 39 ou selon le *e-Cahier du CSTB n° 3488_V2* pour les vitrages VEC.

Le nettoyage des filtres peut être réalisé par aspiration avec des buses particulières. Dans le cas où le nettoyage n'est pas possible, le remplacement à l'identique des filtres sales ou empoussiérés par des filtres neufs est à prévoir.

Après l'opération de nettoyage, un essuyage et un séchage soigneux des surfaces de la lame d'air respirante doivent être réalisés. En aucun cas un liquide ne doit être laissé stagnant sur la traverse basse.

Les opérations de réparation doivent être systématiquement réalisées lorsqu'un élément respirant est embué de manière excessive ou régulière.

Toutes les indications pour d'éventuelles réparations doivent être formalisées dès la conception.

Le remplacement d'un vitrage accidenté peut être réalisé sur site (pour le VEC voir *e-Cahier du CSTB n° 3488_V2*) moyennant les précautions complémentaires suivantes : ces interventions doivent être minutieusement préparées, principalement du fait de travail en locaux occupés et meublés.

Il est important d'informer les intervenants, du travail à réaliser et des précautions à prendre.

Le nettoyage des faces des vitrages coté lame d'air respirante, devra être réalisé avant remise en place du nouveau vitrage.

Suivant le cas, les garnitures d'étanchéité pourront être changées de même éventuellement que le collage des extrémités des garnitures, les cordons de mastic refaits, les presse-étoupes resserrés, etc.

Il est important d'informer les intervenants qu'une mauvaise manipulation ou un manque de soin dans ces opérations peut engendrer des fuites d'air dans la paroi intérieure et induire un mauvais fonctionnement du système de respiration et produire de la condensation.

Lors de remplacement d'éléments défectueux ou accidentés, les éléments neufs doivent être strictement identiques aux éléments qui étaient initialement en place, afin de ne pas modifier les conditions hydrothermiques de la lame d'air.

Annexe A

Fonctionnement du système respirant

1. Principes généraux

La lame d'air respirante tend à se mettre en équilibre avec l'extérieur par les orifices de respiration. Dans les climats tempérés, en hiver la migration de l'humidité se fait de l'intérieur du bâtiment vers l'extérieur, c'est-à-dire de l'ambiance la plus chargée en humidité vers la moins chargée en humidité. C'est dans ce but que le plan d'étanchéité à la vapeur d'eau contenue dans l'air doit être particulièrement étanche.

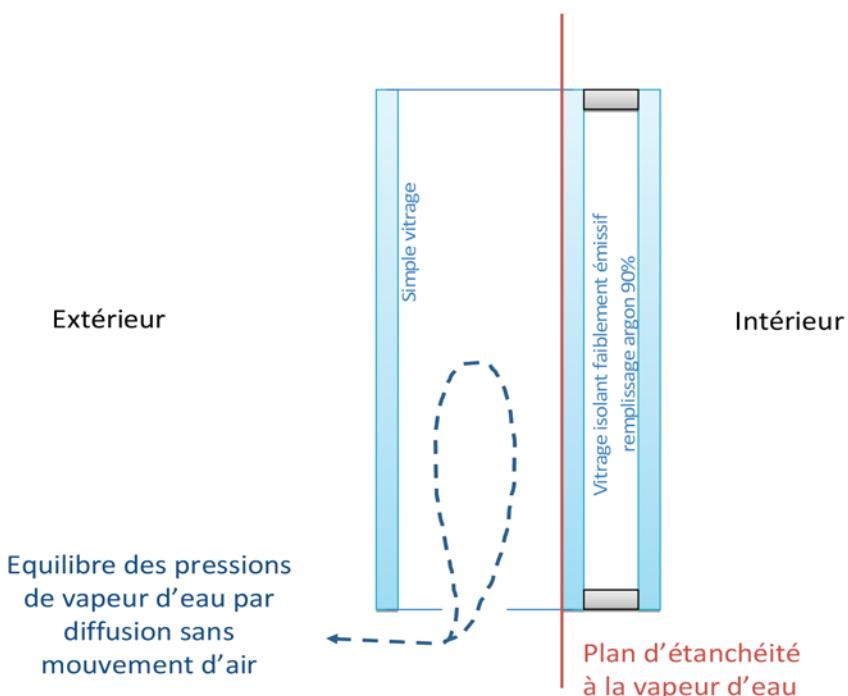


Figure 1 – Fonctionnement du système respirant

Le diagramme de l'air humide, appelé diagramme de Mollier, permet de décrire les caractéristiques physiques de l'air humide en fonction de la température. Il indique également l'humidité relative qui est le ratio entre l'humidité absolue et l'humidité à saturation pour une même température.

L'ordonnée présente la pression partielle de vapeur d'eau en mmHg. L'abscisse donne la température de l'air. La courbe de saturation (courbe de 100 % d'humidité relative ou courbe du point de rosée) indique la quantité maximale d'eau que l'air peut contenir à une température donnée. Plus la température est élevée, plus la quantité d'eau est importante pour une humidité relative donnée : l'air à 23 °C peut ainsi contenir trois fois plus de vapeur d'eau que l'air à 5 °C.

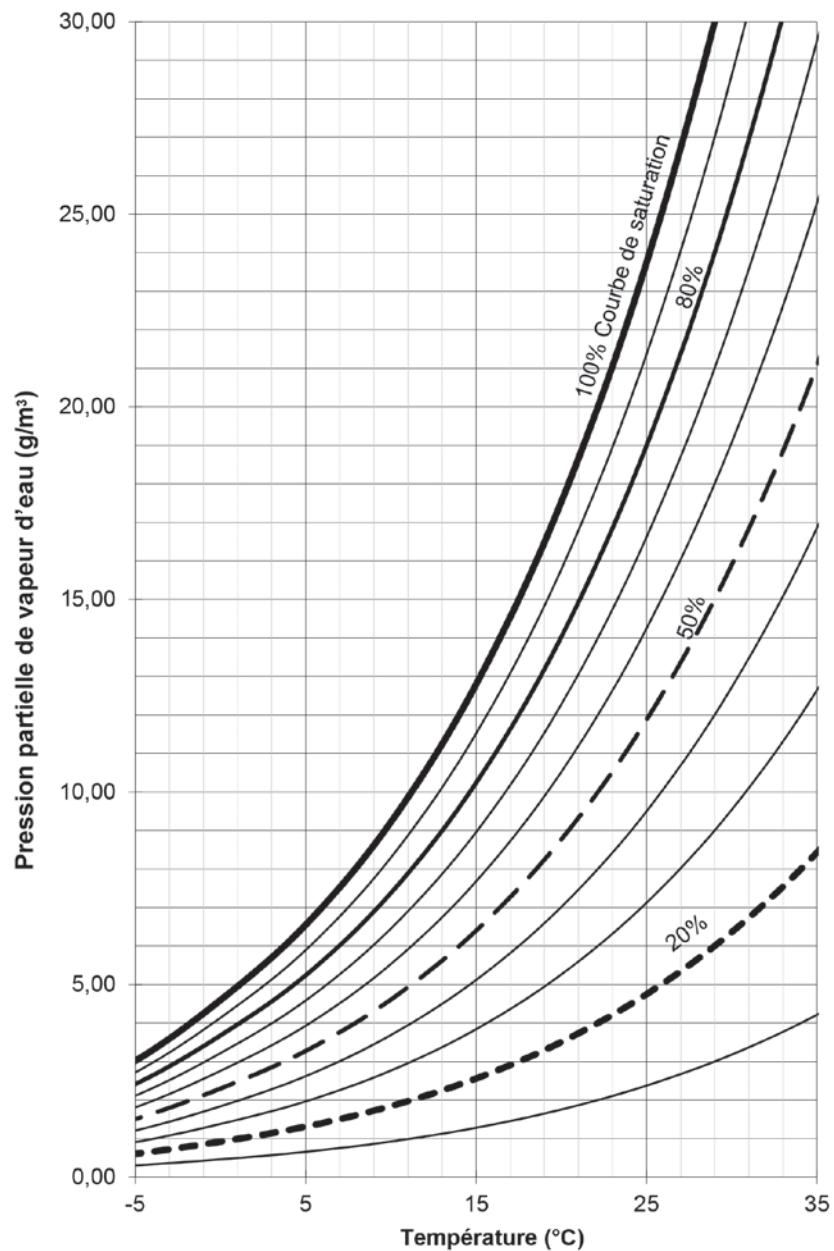


Figure 2 – Diagramme de Mollier

2. Fonctionnement en régime permanent

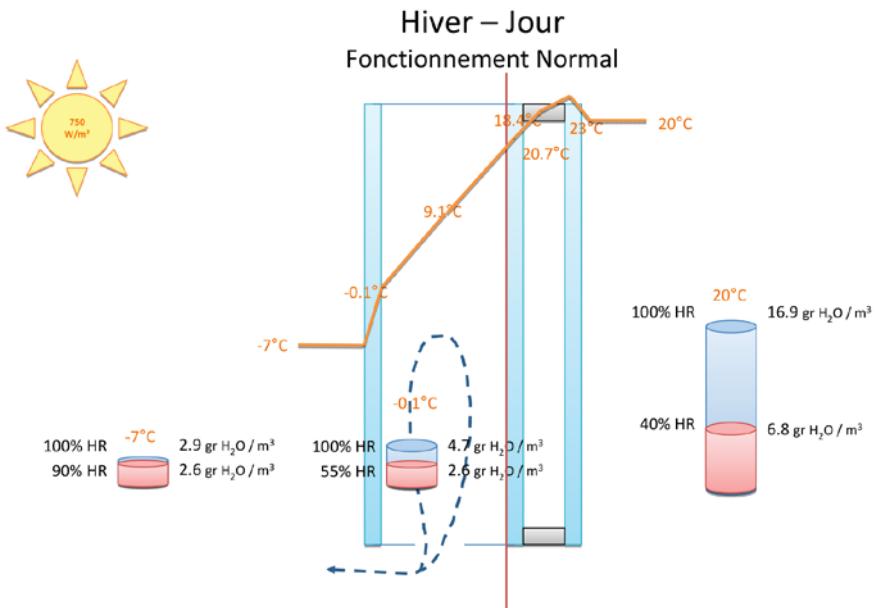


Figure 3 – Fonctionnement normal hiver/jour

Coté extérieur : $T = -7^{\circ}\text{C}$ et $90\% \text{ HR}$

Dans ces conditions, 1 m^3 d'air contient $2,6 \text{ g}$ d'eau et à $100\% \text{ HR}$ il en contient $2,9 \text{ g}$.

Coté intérieur : $T = +20^{\circ}\text{C}$ et $40\% \text{ HR}$

Dans ces conditions, 1 m^3 d'air contient $6,8 \text{ g}$ d'eau et à $100\% \text{ HR}$ il en contient $16,9 \text{ g}$.

Dans la lame d'air dont l'air est à $9,1^{\circ}\text{C}$, mais où la face 2 du vitrage extérieur n'est qu'à $-0,1^{\circ}\text{C}$, l'air est à $55\% \text{ HR}$ soit $2,6 \text{ g d'eau/m}^3$, largement inférieure à la quantité d'eau pour saturation soit $4,7 \text{ g d'eau/m}^3$.

Conclusion : il n'y a pas condensation.

Hiver – Nuit

Fonctionnement normal

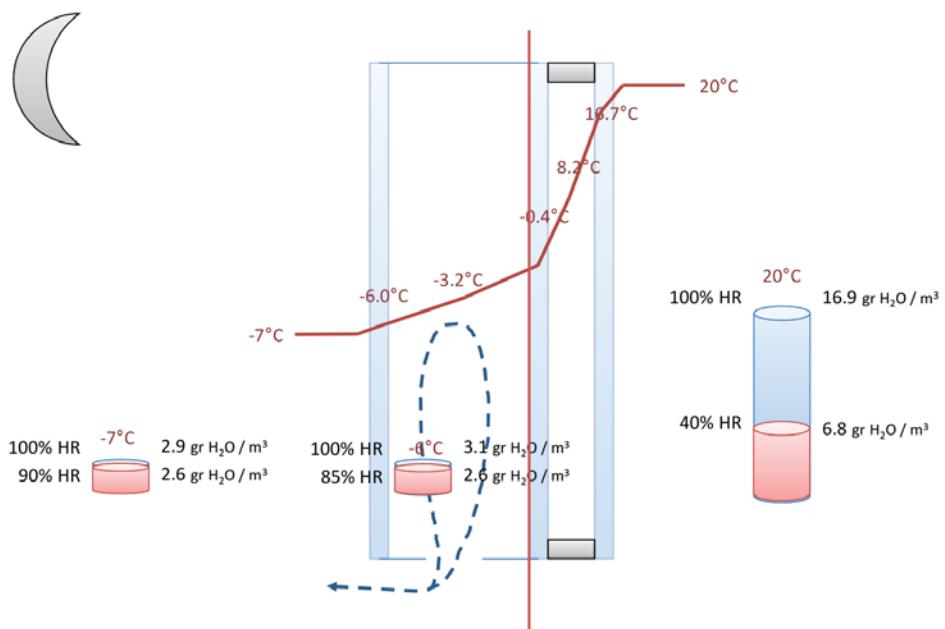


Figure 4 – Fonctionnement normal hiver/nuit

Coté extérieur : $T = -7^{\circ}\text{C}$ et 100 % HR

Dans ces conditions, 1 m^3 d'air contient 2,6 g d'eau et à 100 %HR, il en contient 2,9 g.

Coté intérieur : $T = + 20^{\circ}\text{C}$ et 40 % HR

Dans ces conditions, 1 m^3 d'air contient 6,8 g d'eau et à 100 %HR, il en contient 16,9 g.

Dans la lame d'air dont l'air est à $-3,2^{\circ}\text{C}$, mais où la face 2 du vitrage extérieur n'est qu'à -6°C , l'air est à 85 % HR soit 2,6 g d'eau/ m^3 , inférieure à la quantité d'eau pour saturation soit 3,1 g d'eau/ m^3 .

Conclusion : il n'y a pas condensation.

Hiver – Nuit

Défaut de l'étanchéité à la vapeur d'eau : embuage régulier

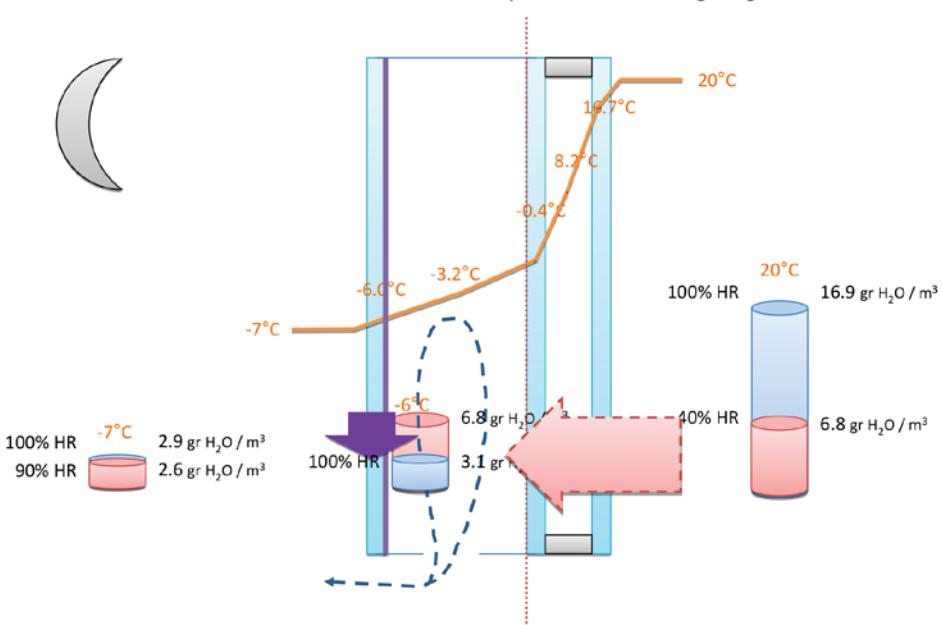


Figure 5 – Défaut de l'étanchéité à la vapeur d'eau

Coté extérieur : $T = -7^\circ\text{C}$ et 90 % HR

Dans ces conditions, 1 m³ d'air contient 2,6 g d'eau et à 100 % HR, il en contient 2,9 g.

Coté intérieur : $T = +20^\circ\text{C}$ et 40 % HR

Dans ces conditions, 1 m³ d'air contient 6,8 g d'eau et à 100 % HR, il en contient 16,9 g.

Dans la lame d'air dont l'air est à $-3,2^\circ\text{C}$, mais où la face 2 du vitrage extérieur n'est qu'à -6°C , l'air est à 85 % HR soit 2,6 g d'eau/m³, inférieure à la quantité d'eau pour saturation soit 3,1 g d'eau/m³. Hors dans la lame d'air respirante, il y a 6,8 g d'eau par m³. Cette valeur provient de l'intérieur du bâtiment par un orifice ou un défaut du plan d'étanchéité.

Conclusion : il y a condensation.

Recommandation :

il ne faut pas que de l'air intérieur chargé en vapeur traverse le plan d'étanchéité, apportant une quantité de vapeur supplémentaire.

3. Fonctionnement en régime transitoire

Lorsque les conditions extérieures varient brutalement, l'absence de condensation dans la lame d'air est obtenue si la pression de vapeur d'eau dans la lame d'air s'équilibre avec celle régnant à l'extérieur.

Si le nombre de dispositifs de respiration est insuffisant, la lame d'air se sature en humidité et la condensation apparaît sur le vitrage extérieur.

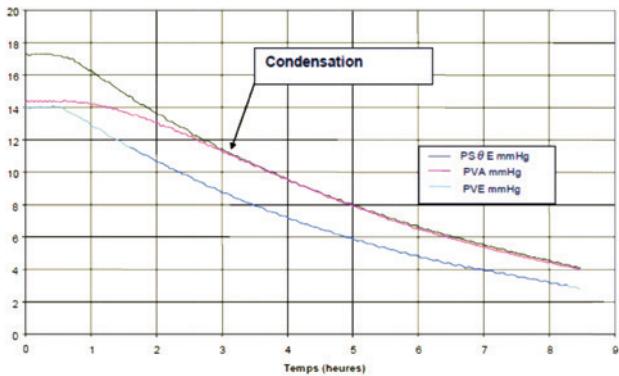


Figure 6 – Évolution des pressions partielles en fonction du temps – condensation

En augmentant le nombre de dispositifs de respiration, l'équilibrage des pressions de vapeur se fait sans provoquer de condensation.

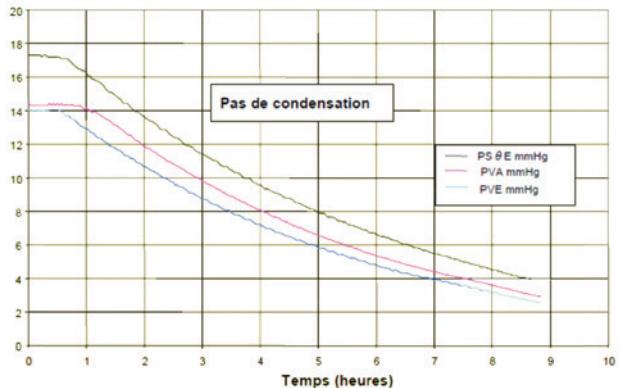


Figure 7 – Évolution des pressions partielles en fonction du temps – Pas de condensation

Dans le cas où il existe un défaut d'étanchéité de perméabilité à l'air de la peau intérieure, la lame d'air se charge d'humidité venant de l'intérieur du local, rendant l'équilibrage des pressions plus difficile. Lors de l'essai, cette arrivée d'humidité dans la lame d'air provoque une variation de courbe mesurant la pression partielle de vapeur.

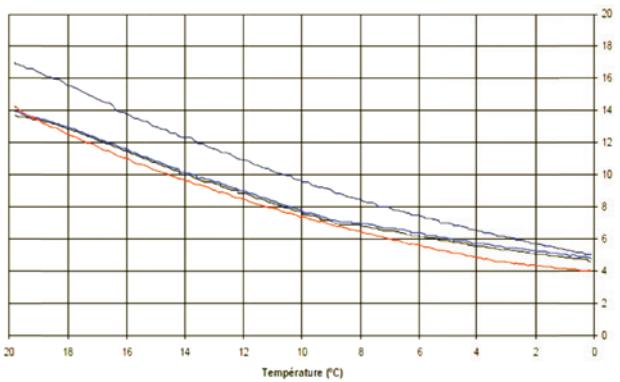


Figure 8 – Influence de la surpression

Annexe B

Protocole d'essai de non-embuage

1. But de l'essai

Cet essai a pour objectif d'apprecier le risque de formation de condensation sur les faces des verres ou des profilés d'encadrement en contact avec la lame d'air lors de variations brutales et négatives de la température extérieure.

2. Description du corps d'épreuve

La maquette d'essai doit être représentative du produit tel que prévu être mis en œuvre :

- par la conception et la composition des systèmes de respiration ;
- par le nombre et la position des orifices de respiration ;
- par le volume de la lame d'air séparant les vitrages ;
- par le mode de mise en œuvre des parois intérieure et extérieure ;
- par les dispositions d'étanchéité entre composants de cadre, etc...

Pour le dimensionnement du corps d'épreuve, il est recommandé de satisfaire aux conditions ci-après dans le cas où plusieurs dimensions sont prévues, soit pour un ouvrage donné, soit pour une gamme de produits :

- a) plus grand volume de lame d'air ;
- b) plus grand rapport entre volume de lame d'air et nombre d'orifices de respiration ;
- c) à volume de lame d'air et nombre d'orifices identiques, l'élément de plus grand élancement (rapport de la plus grande à la plus petite dimension).

Si une occultation est prévue d'être intégrée dans la lame d'air, le corps d'épreuve doit comporter cet équipement ainsi que ses organes de manœuvre.

Les vitrages respirants seront mis en œuvre dans un bâti. Les vantaux de fenêtre respirante seront posés dans un cadre dormant.

Aux éléments de façade sera associé, en référence du système de respiration, l'élément de cadre adjacent pour recréer la géométrie du joint.

2.1 Prescriptions particulières concernant le choix du vitrage

Le coefficient U_g du vitrage intérieur sera le plus performant revendiqué. Le coefficient U_g du vitrage extérieur sera le moins performant revendiqué.

Les éventuels traitements thermiques et sérigraphies des vitrages peuvent ne pas être réalisés.

3. Modalités des essais

Le corps d'épreuve est mis en œuvre dans une paroi isolante, séparant deux enceintes régulées en température et humidité.

Il est équipé de thermocouples pour la mesure des températures superficielles des vitrages intérieurs et extérieurs et de sondes thermo-hygrométriques pour la mesure de la pression de vapeur dans la lame d'air. Thermocouples et sondes thermo-hygrométriques sont reliés à une centrale d'acquisition et de traitement des données.

Dans le cas d'incorporation d'une occultation dans la lame d'air, les sondes thermo-hygrométriques sont placées entre cette occultation et le vitrage extérieur.

La première phase de l'essai consiste en la mise en équilibre de température et d'humidité relative de la lame d'air du corps d'épreuve et de l'ambiance extérieure régulée à $20^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ et $80\% \text{HR} \pm 5\% \text{HR}$. L'ambiance intérieure est régulée à $20^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ et $50\% \text{HR} \pm 5\% \text{HR}$.

Dans la deuxième phase de l'essai, on fait varier la température extérieure en maintenant l'humidité relative constante et voisine de 80 % et en maintenant les conditions hygro-thermiques intérieures constantes ($20^{\circ}\text{C} - 50\% \text{HR}$).

Les conditions de l'essai sont les suivantes :

- température extérieure :
 - initiale : 20°C ,
 - finale : 0°C ;
- temps d'essai : 6 h 40 mn ;
- vitesse de chute de température : $3^{\circ}\text{C}/\text{heure}$;
- éventuelle occultation déployée et fermée.

Nota : les conditions ci-dessus correspondent au cas général. Des conditions différentes peuvent être réalisées selon les besoins (types de locaux, situation de l'ouvrage, climatisation des locaux, etc.).

Dans les cas où l'on est amené à prévoir l'existence d'une surpression permanente à l'intérieur des locaux, due à une climatisation par exemple, un caisson additionnel est appliqué sur la paroi intérieure du corps d'épreuve pour créer cette surpression dont la détermination revient au demandeur de l'essai.

Pendant cette deuxième phase d'essai, on procède aux mesures ci-après :

- température des ambiances intérieure et extérieure ;
- température superficielle du verre extérieur ;
- humidité relative dans les ambiances intérieure et extérieure ;
- humidité relative et température dans la lame d'air ;
- surpression intérieure minimale de 30 Pa.

4. Rapport d'essais

Le rapport d'essai comporte :

- la description du corps d'épreuve avec coupes horizontale et verticale, les U_g et les couches des deux composants verriers, la présence ou non d'un store, les nombres et répartitions des dispositifs de respiration ;
- les courbes représentatives de l'évolution, en fonction du temps :
 - de la pression partielle de vapeur d'eau dans l'ambiance extérieure (Pve),
 - de la pression partielle de vapeur d'eau dans la lame d'air (Pva),
 - de la pression de vapeur saturante correspondant à la température du verre extérieur (Ps0e).
- les constations d'éventuelles condensations, avec le temps d'essai correspondant à leur apparition et les températures correspondantes, ainsi que leur évolution ;
- la valeur de perméabilité à l'air de la paroi intérieure déclarée.

Annexe C

Humidification des éléments hydrophiles dans la lame d'air (si nécessaire)

En règle générale, afin de maintenir le minimum de vapeur d'eau dans la lame d'air respirante, les matériaux mis en œuvre dans cette ambiance, sont hydrophobes. Lorsque des matériaux hydrophiles, généralement du bois, sont mis en œuvre soit pour constituer le cadre périphérique du châssis respirant, soit pour réaliser un remplissage dans la lame d'air, il est nécessaire de vérifier que la vapeur d'eau contenue dans ces matériaux ne soit pas susceptible d'augmenter le risque d'embuage sous baisse brutale de la température.

Avant le début de l'essai, le corps d'épreuve est maintenu pendant plusieurs jours dans une ambiance 20 °C et 80 % HR, sur la face extérieure et la lame d'air respirante. L'essai de non-embuage est ensuite immédiatement réalisé, tel que décrit en *Annexe B*.

Le compte rendu d'essai doit indiquer la réalisation de cette humidification.

Annexe D

Interprétation des résultats d'essais

Lorsque l'utilisateur doit utiliser le résultat d'essai pour des châssis de dimensions différentes de celles du corps d'épreuve ayant été testé, les règles suivantes sont applicables.

Il est entendu que les profils de cadre, les vitrages, les systèmes de respiration, l'épaisseur de la lame d'air, le store et son montage sont strictement identiques.

Pour les vitrages, l'interprétation est valable dans les cas où le vitrage extérieur est plus performant que le vitrage qui a été testé lors de l'essai (donc avec un Ug inférieur à celui de l'essai) et où le vitrage intérieur est moins performant que le vitrage utilisé pour l'essai (donc avec un Ug supérieur à celui de l'essai).

Si la largeur et/ou la hauteur sont différentes des dimensions testées alors le nombre de filtres doit être calculé au prorata des volumes des lames d'air respirantes, avec un résultat arrondi par excès.

Cette interprétation ne sera pas mentionnée dans le rapport d'essai et ne fera pas l'objet d'un modificatif de ce rapport d'essai.

Remarque pour les vitrages bombés : si l'analyse de la répartition horizontale des températures sur un vitrage bombé est similaire à celle sur un vitrage plan, l'essai de non-embuage peut être réalisé sur une maquette avec vitrages plans.

Annexe E

Plan de contrôle

Chaque atelier doit rédiger un plan de contrôle avec les éléments ci-dessous.

1. Contrôle des matières premières ou constituants

Fréquence : chaque livraison

a. Vitrages

- I. Attestation de conformité du fabricant aux normes en vigueur (voir *paragraphe 2.21*) et à l'Avis Technique ou au DTA en vigueur.
- II. Identification du vitrage, des couches
- III. Contrôles dimensionnels à réception (épaisseur)
- IV. Traitements des bords (visuels)

b. Stores

- I. Attestation de conformité à la norme NF EN 13120
- II. Référence par rapport à l'Avis Technique ou DTA en vigueur
- III. PV d'essai de pré-qualification suivant l'Annexe 3 du *e-Cahier du CSTB* n° 3677_V2
- IV. Adéquation de la couleur des stores avec la température de la lame d'air en fonction des vitrages (suivant ATEc ou DTA).

c. Dispositifs de respiration

- I. Attestation de conformité du fournisseur et référence par rapport à l'Avis Technique ou DTA en vigueur
- II. Identification du lot et contrôle dimensionnel de la maille

2. Contrôles en cours de fabrication et sur produits finis et du montage de l'ensemble du système respirant suivant l'Avis Technique ou DTA en vigueur

a. Contrôle des cadres : assemblage et usinage

- I. Fiches autocontrôle
- II. Fréquence : chaque cadre

b. Contrôle de la mise en œuvre des étanchéités et du montage (y compris câbles d'alimentation et de commande)

- I. Fiches autocontrôle
- II. Fréquence : chaque cadre

c. Vérification de l'étanchéité à l'air de la paroi intérieure

- I. Par essai réalisé avec les critères déclarés par le concepteur du système ou à défaut suivant les critères suivants : $Q < 0,5 \text{ m}^3/(\text{h.m}^2)$ ou $Q_{\text{déclaré}} < Q_{\text{cessai}} + 15\%$ sous 150 Pa suivant NF EN 12153.

- II. Fréquence : 1 fois par an et par gamme

d. Nettoyage des vitrages

- I. À la machine à laver ou tout autre moyen approprié pour vérifier la propreté et l'absence de trace
- II. Fréquence : face côté lame d'air pour chaque vitrage

e. Contrôle final

- I. Fiche autocontrôle (assemblages, dispositifs de respiration (nombre de filtres et découpe des jointes), présence du store, sa position)
- II. Fréquence : chaque cadre

f. Traitements de non conformités et réclamations clients

3. Vérification des équipements de mesure

L'atelier doit procéder à la vérification et à l'étalonnage des équipements de mesure (banc de façade,...).

Annexe F

Détermination des actions du vent pour le calcul des vitrages respirants en façade

L'objet de la présente Annexe est de fournir les pressions de vent forfaitaires utilisables pour le dimensionnement des composants des vitrages respirants, mis en œuvre en façade (en France métropolitaine).

Les pressions de vent caractéristiques sont calculées selon l'Annexe Nationale NF EN 1991-1-4 (Eurocode 1), 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 W50).

Les *tableaux 4 et 5* indiquent les pressions de calcul applicables à la peau intérieure du vitrage respirant, réputée étanche.

Note : la peau intérieure est toujours considérée étanche, on considère donc l'action de la pression à 100 % comme dans le cas d'une façade simple peau.

La mise en communication, avec l'extérieur, de la lame d'air permet de limiter les effets de vent sur la paroi extérieure par le phénomène d'équilibrage des pressions. Dans les calculs, l'action du vent pourra donc être minorée sur la paroi extérieure selon les valeurs des *tableaux 6 et 7*, avec les hypothèses simplificatrices suivantes :

- Cpe = 0,6 (correspond à 2/3 de Cpe en pression, supérieur au 1/3 de Cpe en dépression) ;
- Cpi = +0 ;
- Valeur minimale de 400 Pa.

Ces hypothèses sont applicables sous réserve de respecter les conditions suivantes :

- la surface totale des orifices de respiration est supérieure à 0,1 % de la surface de la peau extérieure ;
- la peau intérieure est étanche à l'air (selon la norme NF DTU 33.1 la perméabilité est < 1,5 m³/(h.m²)) ;
- la lame d'air est de largeur inférieure à 1500 mm ;
- la peau intérieure ne possède pas d'ouvrants de confort.

Note : en cas de minoration des pressions de calcul sur la peau extérieure, 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. En effet, 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).

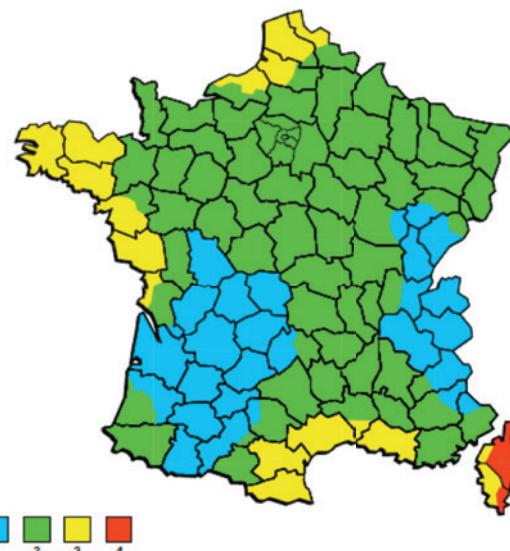


Figure 1 – Zonage Eurocode
(identique à celle du NV 65 – Février 2009)

• Catégorie de terrain à considérer

Les catégories de terrain à considérer sont détaillées en Annexe, elles correspondent aux cas suivants. On distingue cinq catégories de terrain :

Tableau 1 – Catégorie 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 bâtiment dont la hauteur moyenne est supérieure à 15 m, forêts

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 ci-après :

Tableau 2 – Définition du rayon de la zone de catégorie de terrain

Hauteur H du bâtiment	Rayon R
$H \leq 9 \text{ m}$	$R = 320 \text{ m}$
$9 < H \leq 18 \text{ m}$	$R = 750 \text{ m}$
$18 < H \leq 28 \text{ m}$	$R = 1250 \text{ m}$
$28 < H \leq 50 \text{ m}$	$R = 2500 \text{ m}$
$50 < H \leq 100 \text{ m}$	$R = 5800 \text{ m}$

- 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 5 classes de hauteur de bâtiment :

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

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 du Tableau 3 ci-dessous 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 $C_{dir}=1$.

Tableau 3 – Pressions de vent caractéristiques non pondérées – France métropolitaine

Région	$V_{b,0}$ (m/s)	q_b (Pa)	Pression de vent W50					Catégorie de terrain
			Inf 9 m	9 à 18 m	18 à 28 m	28 à 50 m	50 à 100	
France Métropolitaine								
1 Région 1	22	296,5	383	417	505	630	793	IV
			399	532	623	753	920	IIIb
			524	660	753	883	1050	IIIa
			676	810	900	1026	1185	II
			842	964	1046	1158	1298	0
2 Région 2	24	352,8	456	497	601	750	944	IV
			475	633	742	896	1095	IIIb
			624	786	897	1051	1250	IIIa
			804	963	1071	1221	1410	II
			1002 (*)	1148 (*)	1245 (*)	1378 (*)	1545 (*)	0
3 Région 3	26	414,1	535	583	705	880	1108	IV
			558	743	871	1051	1285	IIIb
			732	922	1052	1234	1467	IIIa
			944	1131	1257	1433	1655	II
			1177 (*)	1347 (*)	1461 (*)	1617 (*)	1813 (*)	0
4 Région 4	28	480,2	620	676	818	1020	1285	IV
			647	861	1010	1219	1491	IIIb
			849	1070	1220	1431	1701	IIIa
			1095	1311	1458	1661	1919	II
			1364	1562	1694	1875	2102	0

(*) : Nota : Bassin Méditerranéen (Hors Corse), la catégorie de terrain (0) n'existe pas et est remplacé par la catégorie (II)

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

Les pressions de vent du *Tableau 4* ci-dessous sont établies à partir des pressions du *Tableau 3* 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).

Tableau 4 – Pression de vent caractéristique à l'ELS utilisable pour le calcul des déformations de la peau intérieure

Région	Catégorie de terrain	Pression 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
France métropolitaine						
Région 1	IV	574	626	758	945	1190
	IIIb	599	797	935	1129	1380
	IIIa	786	990	1130	1325	1576
	II	1014	1214	1350	1538	1777
	0	1264	1446	1569	1736	1947
Région 2	IV	684	745	902	1124	1416
	IIIb	713	949	1113	1344	1643
	IIIa	936	1179	1345	1577	1875
	II	1206	1445	1607	1831	2115
	0	1504 (*)	1721 (*)	1867 (*)	2066 (*)	2317 (*)
Région 3	IV	802	874	1058	1320	1662
	IIIb	836	1114	1306	1577	1928
	IIIa	1098	1383	1579	1851	2201
	II	1416	1696	1886	2149	2483
	0	1765 (*)	2020 (*)	2191 (*)	2425 (*)	2719 (*)
Région 4	IV	930	1014	1227	1530	1928
	IIIb	970	1292	1515	1829	2236
	IIIa	1274	1604	1831	2147	2552
	II	1642	1967	2187	2492	2879
	0	2047	2343	2541	2812	3153

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

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

Les pressions de vent du *Tableau 5* ci-dessous sont établies à partir des pressions du *Tableau 3* en les multipliant par un coefficient majorateur de 1,5 :

Tableau 5 – Pression de vent caractéristique à l'ELU utilisable pour le calcul de la peau intérieure vis-à-vis de la sécurité

Région	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
France métropolitaine						
Région 1	IV	862	939	1136	1417	1785
	IIIb	898	1196	1403	1694	2071
	IIla	1180	1486	1695	1988	2363
	II	1520	1822	2026	2308	2666
	0	1895	2170	2353	2604	2920
Région 2	IV	1025	1117	1352	1687	2125
	IIIb	1069	1424	1669	2015	2464
	IIla	1404	1768	2018	2366	2812
	II	1809	2168	2411	2746	3173
	0	2256 (*)	2582 (*)	2800 (*)	3099 (*)	3475 (*)
Région 3	IV	1203	1311	1587	1979	2493
	IIIb	1255	1671	1959	2365	2892
	IIla	1648	2075	2368	3776	3301
	II	2124	2544	2829	3223	3724
	0	2647 (*)	3030 (*)	3287 (*)	3638 (*)	4079 (*)
Région 4	IV	1396	1521	1841	2296	2892
	IIIb	1455	1938	2272	2743	3354
	IIla	1911	2406	2746	3220	3828
	II	2463	2951	3281	3738	4319
	0	3070	3514	3812	4219	4730

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

Tableau 6 – Pressions de vent sur la peau extérieure à l'ELS pour le calcul des déformations

Région	Catégorie de terrain	Pression 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
France métropolitaine						
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 (*)	1088 (*)
Région 4	IV	372	406	491	612	771
	IIIb	388	517	606	732	894
	IIIa	510	642	732	859	1021
	II	657	787	875	997	1152
	0	819	937	1016	1125	1261

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

- 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

Les pressions de vent du *Tableau 7* ci-dessous sont établies à partir des pressions du *Tableau 6* en les multipliant par un coefficient majorateur de 1,5 :

Tableau 7 – Pressions de vent caractéristique sur la peau extérieure – Performance vis-à-vis de la sécurité

Région	Catégorie de terrain	Pression 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
France métropolitaine						
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	1066
	0	758	868	941	1042	1168
Région 2	IV	600	600	600	675	850
	IIIB	600	600	668	806	986
	IIIA	600	707	807	946	1125
	II	724	867	964	1099	1269
	0	902 (*)	1033 (*)	1120 (*)	1240 (*)	1390 (*)
Région 3	IV	600	600	635	792	997
	IIIB	600	668	784	946	1157
	IIIA	659	830	947	1111	1320
	II	849	1018	1132	1289	1490
	0	1059 (*)	1212 (*)	1315 (*)	1455 (*)	1631 (*)
Région 4	IV	558	608	736	918	1157
	IIIB	582	775	909	1097	1342
	IIIA	764	963	1098	1288	1531
	II	985	1180	1312	1495	1727
	0	1228	1406	1525	1687	1892

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

SIÈGE SOCIAL

84, AVENUE JEAN JAURÈS | CHAMPS-SUR-MARNE | 77447 MARNE-LA-VALLÉE CEDEX 2
TÉL. (33) 01 64 68 82 82 | FAX (33) 01 60 05 70 37 | www.cstb.fr



CENTRE SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE DU BÂTIMENT | MARNE-LA-VALLÉE | PARIS | GRENOBLE | NANTES | SOPHIA ANTIPOLIS