

Fenêtres et portes extérieures

Fonctions de base et terminologie

par **Marcel DENANCÉ**

Ingénieur Menuiserie – Panneaux au Centre technique du bois et de l'ameublement

1. Réglementation, fonctions de base et normalisation	C 3 610 - 2
1.1 Réglementation.....	— 2
1.2 Fonctions principales des fenêtre et des portes extérieures.....	— 3
1.3 Choix des fenêtres et des portes extérieures en fonction de l'exposition.....	— 8
1.4 Assurance qualité	— 14
2. Terminologie.....	— 16
2.1 Généralités	— 16
2.2 Types d'ouverture	— 16

La **fenêtre** est un élément de construction se définissant d'abord par les fonctions qu'elle assure ou peut assurer :

- participation au clos en tant que partie de l'enveloppe extérieure du bâtiment (protection contre les intempéries mais aussi protection mécanique notamment lorsqu'elle doit assurer la protection contre la chute des personnes) ;
- communication visuelle avec l'extérieur ;
- communication physique partielle (totale en cas des portes-fenêtres et des portes d'entrée) entre intérieur et extérieur et vice versa car elle peut être ouverte ;
- esthétique enfin, selon ses matériaux constitutifs et les couleurs de leur surface, selon le format et l'arrangement des pièces de l'ossature, selon sa position dans la façade où elle est insérée.

La **porte extérieure** joue les mêmes rôles mais avec une importance accrue concernant :

- l'esthétique ;
- la fonction de communication physique avec l'extérieur.

La rubrique « Fenêtres et portes extérieures » se compose de plusieurs articles :

- Fonctions de base et terminologie [C 3 610] ;
- Conceptions des profils de la liaison ouvrant-dormant [C 3 611] ;
- Techniques d'assemblage [C 3 612] ;
- d'autres aspects (remplissage, profils d'étanchéité, mise en œuvre, thermique, bois, stabilité) sont traités ensuite [C 3 613].

1. Réglementation, fonctions de base et normalisation

1.1 Réglementation

Compte tenu de leur participation au clos des bâtiments, les fenêtres font l'objet de textes n'ayant pas tous la même portée ; on distingue ainsi :

- Les **lois, décrets et arrêtés** dont l'application est obligatoire pour le domaine d'application.

- Des textes élaborés de manière consensuelle par l'ensemble des professionnels concernés : **normes** et **Documents techniques unifiés** (DTU). Leur application est obligatoire pour les constructions dans lesquelles l'État est impliqué directement ou indirectement (par une bonification de financement par exemple). Pour les constructions purement privées, leur application n'est que contractuelle. Toutefois, en cas de litige et en l'absence de cahier des charges spécifique pour un chantier, les experts s'appuient en général sur ces documents.

- Les **normes** sont relatives aux produits traditionnels, aux méthodes d'essais et à la classification des fenêtres. Toutefois, dans le cadre de la normalisation européenne, l'élaboration de la plupart des normes échappe au cadre national pour se situer au niveau de l'ensemble de l'Union européenne et de l'AELE (Association européenne de libre échange). La participation nationale élargie se limite alors à la procédure de l'enquête publique.

- Les **DTU** traitent de la mise en œuvre sous l'aspect clauses techniques mais aussi sous l'aspect conception (sous la forme de mémentos).

- Des **textes professionnels** émanant de diverses sources.

- **Organismes** tels que le **Centre scientifique et technique du bâtiment** (CSTB) qui, avec ses homologues européens élaborent des règles UEATc. Ces règles peuvent être particulièrement utiles pour les produits traditionnels non normalisés.

- **Administrations** de l'État (groupements publics des marchés de l'État).

- **Professions** telles que celle des fabricants de calfeutrements regroupés au sein du Syndicat national des joints de façades (SNJF), qui a défini des règles de mise en œuvre et de classification des mastics.

L'application de ces documents n'est que contractuelle.

La nature de la réglementation ayant été précisée, nous ne citerons que les principaux documents en relation avec les performances, la fabrication et la pose des fenêtres.

1.1.1 Lois décrets et arrêtés

On peut citer le décret du 14 juin 1969 qui, dans ses articles 7, 9, 10 et 14, traite respectivement des infiltrations et remontées d'eau, de la présence obligatoire d'une fenêtre, du bris de surfaces vitrées et des garde-corps.

Pour l'aération générale et permanente des logements, l'arrêté du 24 mars 1982 précise les débits horaires à extraire en fonction du nombre de pièces principales.

Enfin des règlements sanitaires départementaux peuvent intervenir.

1.1.2 Normes

■ Norme générale

- **NF P 01-012** : Règles de sécurité relatives aux dimensions des garde-corps et rampes d'escalier.

■ Normes d'essais et de classement

Elles s'appliquent quels que soient les matériaux constitutifs des fenêtres. Il s'agit des normes :

- **NF P 20-501** : **Méthode d'essais des fenêtres**

- **NF P 20-302** : **Caractéristiques des fenêtres**

Il s'agit de normes françaises. Toutefois, les parties faisant l'objet de normes européennes se sont substituées aux parties antérieures correspondantes.

• Essais

La norme **NF P 20-501**, selon les essais, renvoie aux normes européennes suivantes :

NF EN 1026 pour la **perméabilité à l'air**

NF EN 1027 pour l'**étanchéité à l'eau**

NF EN 12211 pour la **résistance au vent**

Pour les **essais mécaniques** :

PrEN 947-1(*), pour la résistance à la charge verticale,

NF EN 948-1 pour la résistance au voilement.

(*) Ce projet va être abandonné sous cette dénomination. Il sera repris ultérieurement dans une révision la norme EN 947-2 relative aux portes.

Les essais mécaniques additionnels suivants, non traités dans les normes européennes, sont repris du paragraphe 5 de l'ancienne version de la norme NF P 20-501. (Ces essais figurent dans la version de 2002, mais ils ont été repris in extenso de la version de 1974) :

- essai de torsion axiale de la pièce supportant l'organe de manœuvre des châssis à translation horizontale ou verticale (en principe 20 daN au droit de l'organe de manœuvre, dans le plan de mouvement) ;

- essai d'arrachement des organes de rotation (blocage du vantail testé à 7° d'ouverture par une cale de 5 mm d'épaisseur disposée en travers basse et application d'une force de 20 daN sur l'organe de manœuvre) ;

- essais des dispositifs de sécurité pour :

- fenêtres à l'anglaise (vantail bloqué à l'ouverture maximale et application d'une force jusqu'à 50 daN dans chaque sens),

- fenêtres à soufflet (10 fois la chute libre du vantail et charge statique de 50 daN normalement au plan du vantail), fenêtres pivotantes (50 daN de charge normale au vantail, en butée, sens ouverture et fermeture ; mesure de la force de freinage),

- fenêtres basculantes (même procédure que les fenêtres pivotantes),

- fenêtres à guillotine (vérification du système de suspension par blocage du vantail et application d'une charge verticale valant 5 fois le poids du vantail avec un minimum de 75 daN),

- fenêtres sur bielles ;

- les essais de manœuvre répétée ne font pas l'objet d'une procédure ; on peut toutefois faire appel à celle décrite dans la norme NF EN 1191.

La norme NF P 20-501 renvoie également, pour certains essais mécaniques spécifiques, aux normes européennes suivantes :

EN 947-1 pour la **résistance à la charge au nez** (en substitution au § 5.1.1.2)

EN 948-1 pour la **résistance à la torsion statique** (en substitution au § 5.1.1.1)

EN 12046-2 pour la mesure des **efforts de manœuvre** [en substitution aux § 5.2.1.3.2 (freinage des pivots), 5.3.1.3 (manœuvre des coulissants) et 5.3.2.3 (manœuvre des châssis à guillotine)].

Toutefois, les deux premières normes ont un domaine d'application général et notamment aux châssis à frappe (voir § 2.2.1) (ouverture à la française, à l'anglaise, à soufflet, à projection extérieure, et ouverture oscillo-battante).

Nota : même si formellement elle ne couvre pas ce domaine d'application, la norme EN 12046-2, par extrapolation, peut aussi s'appliquer aux fenêtres ; son domaine d'application sera élargi en ce sens.

● Classifications

La norme **NF P 20-302** est également conservée mais avec les renvois aux normes suivantes :

NF EN 12207 pour la **perméabilité à l'air**

NF EN 12208 pour l'**étanchéité à l'eau**

NF EN 12210 pour la **résistance au vent**

Pour la **résistance mécanique** et les **forces de manœuvre**, les valeurs de la norme NF P 20-302 servent toujours de référence (la norme EN 12217-2 n'est pas encore publiée).

● Enfin, concernant les fenêtres et les **fonctions de sécurité** qu'elle peuvent être amenées à assurer dans les façades, en cas d'absence de garde-corps, on ne peut passer sous silence les méthodes d'essais de choc, notamment lourd et mou, tels qu'ils sont définis dans les normes :

NF P 08-301 Corps de chocs – Principes et modalités générales des essais de chocs

P 08-302 Résistance aux chocs – Méthodes d'essais et critères

■ Normes de produits

Au contraire des précédentes, elles dépendent des matériaux constituant les cadres de la fenêtre.

Il s'agit des normes suivantes :

NF P 23-305 : Spécifications techniques des fenêtres, portes-fenêtres et châssis fixes en bois.

XP P 23-310 : Fenêtres, portes-fenêtres et châssis fixes et ensembles menuisés en bois – Pose des vitrages en atelier (décembre 1996).

XP P 23-308 : Menuiseries extérieures – Ouvrages mixtes avec éléments en bois – Spécifications techniques pour la liaison mixte (premier trimestre 2002).

Enfin, ultérieurement (en 2003 ou après), une norme européenne de produits fenêtre et porte extérieure fera son apparition (NF EN 14351). Essentiellement, elle sera un mémento des normes européennes applicables aux fenêtres (méthodes d'essais, classification et exigences, règles d'extrapolation des résultats d'essais, niveaux d'attestation de conformité requis).

De même, le bois fait l'objet de normes spécifiques (voir articles spécifiques sur le bois et les matériaux dérivés).

1.1.3 DTU

DTU 36.1/37.1 (ou FD P 20-201) : Choix des fenêtres en fonction de leur exposition – Mémento pour les maîtres d'œuvre. Ce document prend en compte les normes européennes relatives à la perméabilité à l'air (NF EN 1026 et NF EN 12207), à l'étanchéité à l'eau (NF EN 1027 et NF EN 12208) et à la résistance au vent (NF EN 12210 et NF EN 12211). Il s'agit d'un ouvrage d'aide à la conception.

DTU 36.1 : Menuiseries en bois... (référence Afnor DTU P 23-201)

DTU 39 : Travaux de miroiterie-vitrerie... (référence Afnor DTU P 78-201)

DTU 59 : Travaux de peinture

À l'exception des normes de fabrication et de pose qui édictent encore des règles de moyens, les autres normes de fenêtres sont purement fonctionnelles et c'est pourquoi il convient de faire le recensement des fonctions principales de la fenêtre.

1.2 Fonctions principales des fenêtres et des portes extérieures

Nota : le terme « fenêtres » est utilisé par raison de commodité. En ce qui concerne les fonctions de clos, fenêtres, portes-fenêtres et portes extérieures assurent les mêmes fonctions ; le terme « fenêtres » recouvre donc les trois types d'ouvrage.

Dans la mesure où elle participe au clos, la fenêtre assure, pour l'aire qu'elle occupe dans l'enveloppe du bâtiment, les fonctions suivantes :

- Contrôle de la perméabilité à l'air.
- Étanchéité à l'eau.
- Résistance au vent.
- Résistance aux sollicitations mécaniques d'usage.

1.2.1 Perméabilité à l'air

■ Essais

Le terme « étanchéité à l'air » doit être proscrit puisque la finalité de l'essai de perméabilité à l'air, selon la norme NF EN 1026, consiste précisément à mesurer le débit d'air résiduel Q passant au travers de la fenêtre (figure 1).

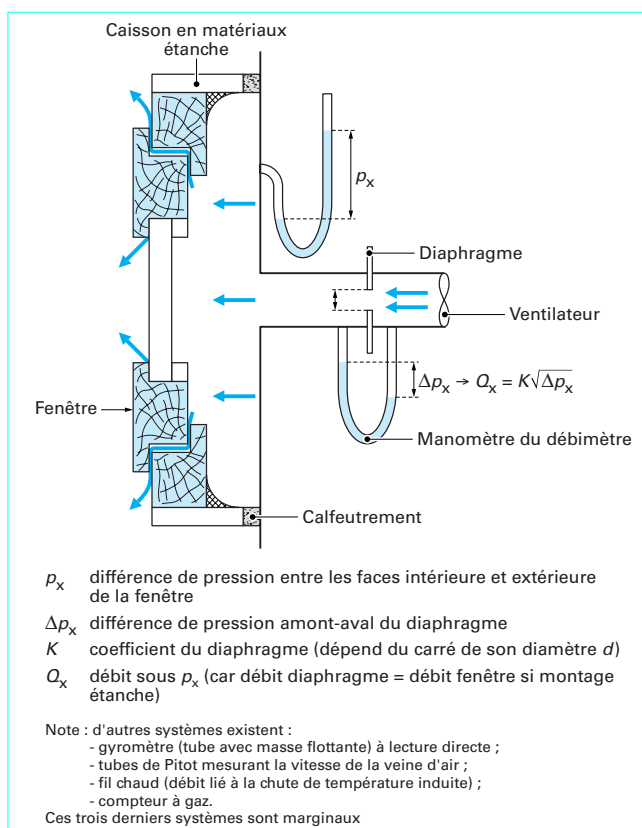


Figure 1 – Principe de mesure du débit d'air d'une fenêtre en pression positive avec un débitmètre à diaphragme

Pour ce faire, on établit une différence de pression, positive ou négative, entre la face intérieure et la face extérieure de la fenêtre. Le choix entre les deux options se fait selon les règles suivantes :

- menuiserie avec tous ses ouvrants à **frappe intérieure** sur tout leur périmètre : différence de pression positive sur la face extérieure ;
- menuiserie avec tous ses ouvrants à **frappe extérieure** sur tout leur périmètre : différence de pression négative sur la face extérieure ;
- dans tous les autres cas, mesure en différence de pression positive puis négative sur la face extérieure de la fenêtre. Le mode de pression le plus défavorable donne alors le classement de la fenêtre.

■ Classification

La norme NF P 20-302 (NF EN 12207) classe les menuiseries en fonction de leur **perméabilité** :

- **surfactive** exprimée en $\text{m}^3/(\text{h} \cdot \text{m}^2)$ de surface hors tout (vu de l'intérieur) ;
- **linéique** exprimée en $\text{m}^3/(\text{h} \cdot \text{m})$ de linéaire de joint d'ouvrant-dormant (également vu de l'intérieur) (voir figure 2).

Nota : si la fenêtre est constituée uniquement de châssis fixe(s), la perméabilité ne peut s'exprimer que selon sa surface.

On obtient ainsi deux classements et, selon les cas, le classement final du corps d'épreuve est celui du tableau 1.

Pour une différence de pression de 100 Pa (1 Pa = 1 N/m²), les limites du débit d'air $Q_{100 \text{ Pa}}$ en $\text{m}^3/(\text{h} \cdot \text{m}^2)$ sont, pour chaque classe, données dans le tableau 2.

Tableau 1 – Contrôle de la perméabilité à l'air. Classement final du corps d'épreuve selon norme NF EN 12207 (1)

Différence entre les deux classements N(AI) – N(As)	Classe finale du corps d'épreuve
N(AI) = N(As)	N
$ N(AI) - N(As) = 1$	Le plus grand de N(AI) et N(As)
$ N(AI) - N(As) = 2$	$[N(AI) + N(As)]/2$
$ N(AI) - N(As) > 2$	Non classement (NC)

(1) N : rang de la classe (de 0 à 4)
AI : référence à la perméabilité linéique
As : référence à la perméabilité surfactive

Tableau 2 – Limites de perméabilité des menuiseries selon leur classe

Perméabilité sous pression différentielle de 100 Pa		Classe	Pression limite (Pa)
Surfactive [$\text{m}^3/(\text{h} \cdot \text{m}^2)$]	Linéique [$\text{m}^3/(\text{h} \cdot \text{m})$]		
$Q_s > 50$	$Q_l > 12,5$	NC (1)	
$50 \geq Q_s > 27$	$12,5 \geq Q_l > 6,75$	1	150
$27 \geq Q_s > 9$	$6,75 \geq Q_l > 2,25$	2	300
$9 \geq Q_s > 3$	$2,25 \geq Q_l > 0,75$	3	600
$Q_s \leq 3$	$Q_l \leq 0,75$	4	600

(1) également le cas si la différence est de plus de 2 classes entre les deux références (cf. tableau 1)

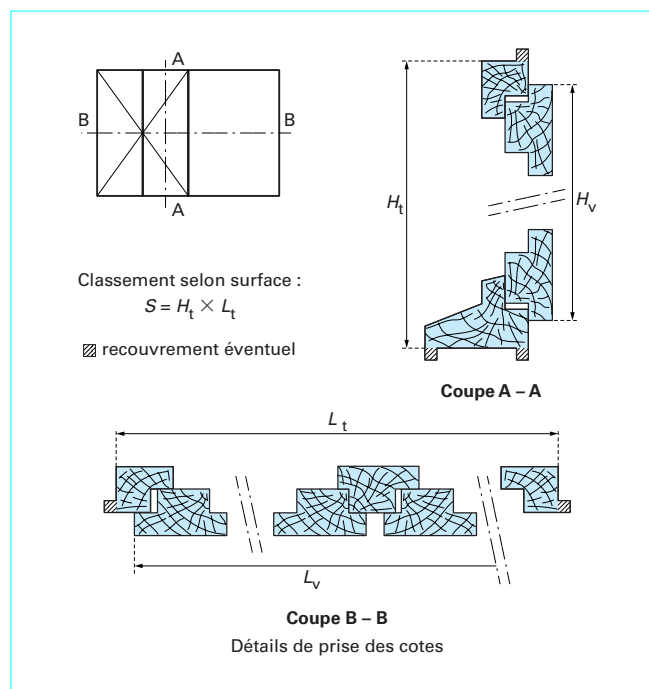


Figure 2 – Cotes de référence pour le calcul de la perméabilité à l'air

Pour les pressions p_x (en Pa) différentes de 100 Pa, les débits limites se déduisent par la relation suivante :

$$Q_x = Q_{100 \text{ Pa}} \left(\frac{p_x}{100} \right)^{\frac{2}{3}}$$

Pour déterminer la perméabilité limite des paliers d'essais, p_x peut prendre les valeurs de pression suivantes : 50, 100, 150, 300, 450 et 600 Pa.

■ Nota :

• Pour les déperditions parasites d'air liées à la ventilation, p_x est pris égal à 4 Pa (ce qui revient à diviser le débit à 100 Pa par 8,55 en appliquant la loi de fuite ci-dessus).

• En pratique, les fenêtres sans garniture d'étanchéité dans les profilés de la liaison ouvrant-dormant, ne sont pas classées ; néanmoins, les produits les mieux réalisés peuvent atteindre une classe 1.

■ Appellation

Enfin, la norme européenne ne prévoyant pas d'appellation liée au type d'essais, la commission française P 20 H, chargée de la normalisation des fenêtres, a choisi de conserver l'esprit de la version antérieure (1974) de la norme NF P 20-302.

Ainsi, les **classes de perméabilité** se présentent sous la forme :

A*N

« A » est la lettre pour désigner la perméabilité à l'air, selon l'appellation de la version antérieure de la norme NF P 20-302.

« * » indique la référence à la norme européenne.

« N » est la classe telle qu'elle est définie dans la 3^e colonne du tableau 2.

■ Cas particulier des coffres de volets roulants

Ce type de fermeture se trouve souvent mis en œuvre entre l'intérieur et l'extérieur ; il participe donc au clos. La norme NF P 20-501 prévoit donc son essai qui doit être fait selon la norme NF EN 1026.

Le corps d'épreuve de référence se définit ainsi :

- partie fixe étanche de 1,1 m de hauteur ;
- longueur de coffre de volet roulant de 1 m (hors éventuels recouvrements) ;
- sortie de manœuvre la plus défavorable (en générale sangle).

La norme NF P 20-302 propose la classification du tableau 3.

Tableau 3 – Classification des coffres de volets roulants selon norme NF P 20-302

Classes	$Q_{100 \text{ Pa}}$ (1) [m ³ /(h · m)]	$Q_{4 \text{ Pa}}$ (pour information) [m ³ /(h · m)]
C1 (150 Pa)	12,5	1,46
C2 (300 Pa)	6,75	0,79
C3 (600 Pa)	2,25	0,26
C4 (600 Pa)	0,75	0,08

(1) Pour tout palier p_x autre que 100 Pa, la perméabilité linéique de référence se déduit de la loi :

$$Q_x = Q_{100 \text{ Pa}} (p_x/100)^{2/3}$$

Les limites de classe à 100 Pa sont les mêmes que celles prévues pour la perméabilité linéique des fenêtres.

1.2.2 Étanchéité à l'eau

■ Essais

On évalue l'étanchéité en arrosant, dans des conditions données (débit, distribution de l'eau, pression différentielle statique...), la face extérieure de la fenêtre et en observant les éventuelles infiltrations et le palier où elles apparaissent (figure 3).

Pour tenir compte du mode de mise en œuvre qui diffère d'un pays à l'autre (pose en retrait de la façade ou au contraire pose au nu extérieur de la façade), la norme NF EN 1027 définit deux méthodes d'arrosage :

- la méthode A qui conduit à un arrosage avec un débit d'environ 2 L/(m² · min), partie haute de la menuiserie comprise ;
- la méthode B selon laquelle l'arrosage de la menuiserie ne commence qu'à environ 10 cm au-dessous du joint d'ouvrant de la traverse haute et le débit utile sur l'aire arrosée se limite à environ 1 L/(m² · min) ; cette réduction du débit utile s'obtient par rotation de la rampe destinée à l'essai selon la méthode A d'une valeur d'un demi-angle de jet (de 24° sous l'horizontale à 84°). Toutefois, la pression d'essai se trouve limitée à 300 Pa (voir tableau 4).

Note : l'arrosage s'obtient par des busettes à jet conique plein de 120°, chacune étant espacée de sa voisine de 40 cm et débitant 2 L/min. Une rampe de busettes couvre 2,50 m de hauteur. Pour des hauteurs supérieures, il faut prévoir une rampe supplémentaire par tranche de 1,50 m. Il en est de même en cas de saillie supérieure à 50 mm (par rapport au plan de la fenêtre).

■ Classification

Suivant la pression ultime p_{\max} de maintien de l'étanchéité, la norme NF EN 12208 définit les classes du tableau 4.

Selon la norme NF P 20-501, toute infiltration au droit des liaisons fixes prévues pour être étanches (assemblage, calfeutrement) conduit aussi à un non classement du corps d'épreuve.

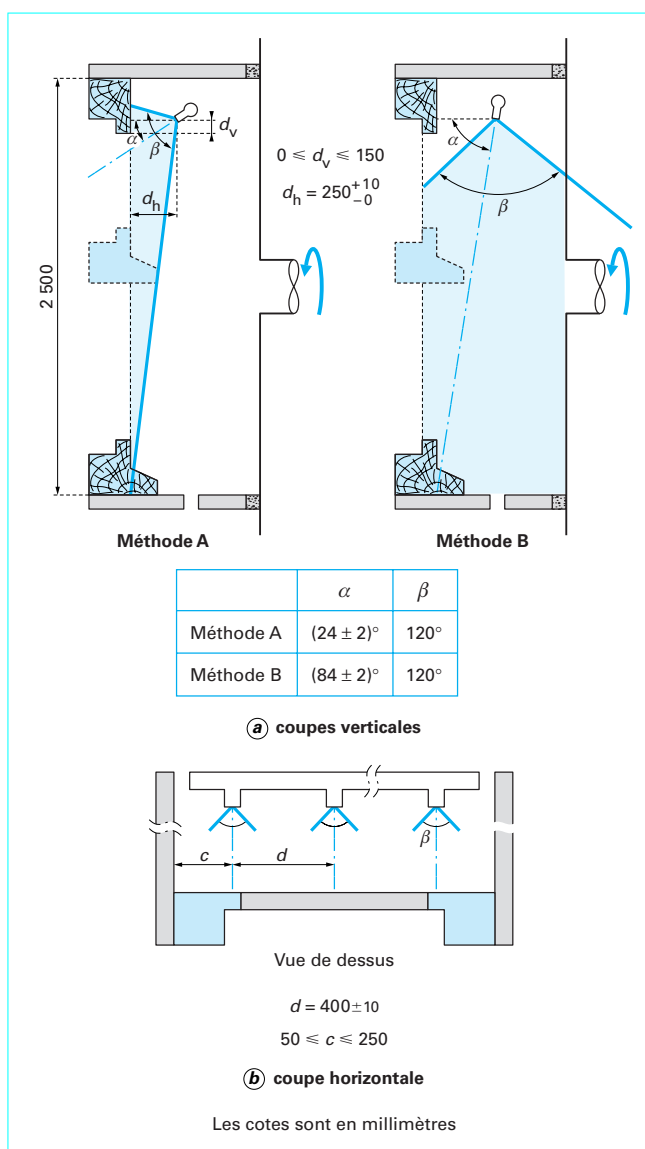


Figure 3 – Disposition d'arrosage pour corps d'épreuve

■ Appellation

Enfin, la norme européenne ne prévoyant pas d'appellation liée au type d'essais, la commission française P 20 H a fait le même type de choix que pour la perméabilité à l'air.

Ainsi les **classes d'étanchéité à l'eau** se présentent sous la forme :

E*NA ou E*NB

« E » est la lettre pour désigner l'étanchéité à l'eau selon l'appellation de la version antérieure de la norme NF P 23-302.

« * » indique la référence à la norme européenne.

« N » est la classe telle qu'elle est définie dans les 2^e et 3^e colonnes du tableau 4.

« A » ou « B » font référence à la méthode d'arrosage empruntée pour la réalisation de l'essai.

Tableau 4 – Étanchéité à l'eau. Classement selon norme NF EN 12208

Pression d'essai	Classe (1)		Durée des paliers pression-arrosage
	Méthode A	Méthode B	
P_{\max} (Pa)			
–	0	0	0
0	1A	1B	15 min
50	2A	2B	Idem classe 1 + 5 min
100	3A	3B	Idem classe 2 + 5 min
150	4A	4B	Idem classe 3 + 5 min
200	5A	5B	Idem classe 4 + 5 min
250	6A	6B	Idem classe 5 + 5 min
300	7A	7B	Idem classe 6 + 5 min
450	8A	–	Idem classe 7 + 5 min
600	9A	–	Idem classe 8 + 5 min
> 600	E _{xxx} (2)	–	Incréments de 150 Pa durant 5 min chacun

- (1) Le DTU 36.1/37.1 définit le domaine d'application des méthodes A et B :
 – la méthode B est utilisable pour les fenêtres dont la partie haute est protégée et ce pour une pression p_{\max} ne dépassant pas 300 Pa (voir ci-après) ;
 – la méthode A est à employer dans les autres cas.
- (2) L'indice xxx indique la valeur de p_{\max} .

1.2.3 Résistance au vent

■ Essais

Selon la norme NF EN 12211, elle couvre les aspects suivants :

- évaluation de la rigidité des pièces les plus flexibles de la menuiserie (par la mesure de la flèche) sous une pression p_1 ;
- tendue à la fatigue sous pressions répétées de valeur absolue p_2 (50 cycles pression-dépression) ;
- contrôle du maintien des performances (contrôle de la perméabilité à l'air) ;
- évaluation de la sécurité (exercice d'une rafale positive et négative d'une valeur absolue p_3) et observation des éventuels dégâts.

Remarques

• p_3 est la pression du site ayant une période de retour de 30 ans (probabilité de 3,3 %).

• p_1 , p_2 et p_3 sont ainsi liés :

$$p_1 = \frac{2}{3} p_3 ; \quad p_2 = \frac{1}{3} p_3 .$$

■ Classification

La norme NF EN 12210 définit deux classements :

- selon la **pression** (tableau 5) ;
- selon la **rigidité** (tableau 6).

Ainsi la **classe de résistance au vent** comporte deux informations sous la forme XN ; la lettre X = A, B ou C donne la classe de rigidité ; le nombre N est lié à la pression p_3 .

En sus de ce classement lié à des variables (grandeurs continues), le corps d'épreuve doit satisfaire aux exigences suivantes (de type attribut) :

• Après p_1 et p_2 :

– pas de rupture visible à 1 m à l'œil nu ;

– après l'application des pressions p_1 et des 50 cycles à p_2 , conservation de la fonctionnalité et accroissement de perméabilité ne dépassant pas 20 % du maximum prévu pour la classe obtenue initialement et ce pour tous les paliers de la classe.

• Après p_3 : pas de désolidarisation de pièces ou d'ouverture du corps d'épreuve.

Nota : la rupture du verre est admise ; on fait de nouveaux essais après son remplacement.

■ Appellation

Enfin, la norme européenne ne prévoyant pas d'appellation liée au **type d'essais**, la commission française P 20 H a fait le même type de choix que pour la perméabilité à l'air.

Ainsi, les classes de résistance au vent se présentent sous la forme :

V*NA ou V*NB ou V*NC

« **V** » lettre pour désigner la résistance au vent selon l'appellation de la version antérieure de la norme NF P 20-302.

« ***** » indique la référence à la norme européenne.

« **N** » est la classe telle qu'elle est définie dans 1^{re} colonne du tableau de classement par pression (tableau 5).

« **A** » ou « **B** » ou « **C** » font référence à la classe de rigidité du tableau 6.

Tableau 5 – Classes de résistance au vent selon la pression (NF EN 12210)

Classe	p_1	p_2 (1)	p_3
0	Pas d'exigences		
1	400	200	600
2	800	400	1 200
3	1 200	600	1 800
4	1 600	800	2 400
5	2 000	1 000	3 000
V _{xxxx} (2)	xxxx	(1/2) xxxx	(3/2) xxxx

(1) Réalisation de 50 cycles – p_2 + p_2 .

(2) Corps d'épreuve essayé avec une pression p_1 au-dessus de celle prévue pour la classe 5, l'indice xxxx représente la pression p_1 de l'essai (par exemple 2 350 Pa).

Tableau 6 – Classes de résistance au vent selon la rigidité (NF EN 12210)

Classe	Limite supérieure de la flèche frontale relative
A	1/150
B	1/200
C	1/300

1.2.4 Aspects mécaniques

On en distingue trois :

- les essais mécaniques ;
- les efforts de manœuvre ;
- la résistance à la fatigue mécanique.

■ Essais mécaniques

Ils consistent à simuler des sollicitations, même abusives, que l'ouvrage risque de rencontrer dans le cadre d'une utilisation normale. Ces sollicitations ne doivent pas compromettre les fonctions du produit. Elles dépendent des modes d'ouverture.

De manière générale, les sollicitations sont les suivantes (voir figures 4 a à c).

● **Charges excentrées** (par rapport aux appuis) dans le plan du vantail (résistance à la déformation selon la diagonale) (figure 4 a) ; la charge, pour la norme française, est de 50 daN (40 pour la déformation diagonale des châssis coulissants, une cale disposée dans le rail inférieur s'opposant au déplacement du vantail) ; la méthode donne des indications sur le calage d'assise du vitrage. Dans le cas d'un ouvrant pivotant autour d'un de ses montants, la sollicitation représente la situation d'une personne, en déséquilibre, qui s'accroche au vantail.

● **Charges perpendiculaires au plan** (flexion si les vantaux sont maintenus par deux rives parallèles (coulissants), voilement pour les vantaux pivotants (au sens large)) (figure 4 b) ; la charge perpendiculaire est alors de 35 daN ; pour un ouvrant à la française ou à l'anglaise, le test représente la situation d'un vantail bloqué en position de fermeture que l'opérateur essaie d'ouvrir en force.

● **Charge de 20 daN parallèle au plan du vantail**, dans le sens de son déplacement pour tester la résistance à la torsion du montant de manœuvre (figure 4 c) ; pour les châssis à translation (horizontale ou verticale), le test a pour vocation d'évaluer la rigidité du profilé supportant la poignée de commande lorsqu'on la sollicite dans les deux sens pour éviter le déchaussement du calfeutrement de vitrage (le déplacement sous charge ne doit pas dépasser 2 mm et il ne doit pas y avoir de déformation résiduelle ni de bris de vitrage).

● **Charge pour tester la sécurité des arrêts** (ouvrant à translation limitée), la charge est de 50 daN sur l'organe de manœuvre ; le but est évidemment de tester la résistance de la butée limitant l'ouverture du vantail.

● **Charge de mise en mouvement des châssis sur pivots** pour en tester l'efficacité des freins (charge d'au moins 3 daN) ; une fenêtre pouvant participer à la ventilation d'un local, le test a pour vocation de s'assurer que le vantail reste bien dans la position ouverte choisie par l'opérateur.

● **Charge (20 daN) pour simuler un arrachement des organes de rotation des ouvrants** à l'anglaise et à la française (simulation de la présence d'un obstacle dans la feuillure de la pièce d'appui et opérateur forçant la fermeture).

Pour chaque essai, on mesure la déformation sous charge et la déformation résiduelle.

Le critère permettant de conclure à un comportement satisfaisant est la non-dégradation de la menuiserie. On peut le contrôler par un essai de perméabilité à l'air (avec comparaison à l'état initial). Le critère est le même que celui pour la résistance au vent, c'est-à-dire une variation ne dépassant pas les 20 % du plafond de la classe obtenue lors de la mesure initiale.

La menuiserie est satisfaisante ou non (évaluation par attribut).

■ Efforts de manœuvre

Il s'agit des efforts nécessaires pour fermer, verrouiller et déverrouiller le vantail. La norme de référence est la EN 12046-2. Un système de classes est prévu (prEN 12217-2).

Nota : il s'agit de normes s'appliquant aux portes mais techniquement extrapolables aux fenêtres. En effet, la procédure de mesure des efforts de manœuvre dépend du mode d'ouverture de l'ouvrage et non du fait qu'il s'agisse d'une porte ou d'une fenêtre.

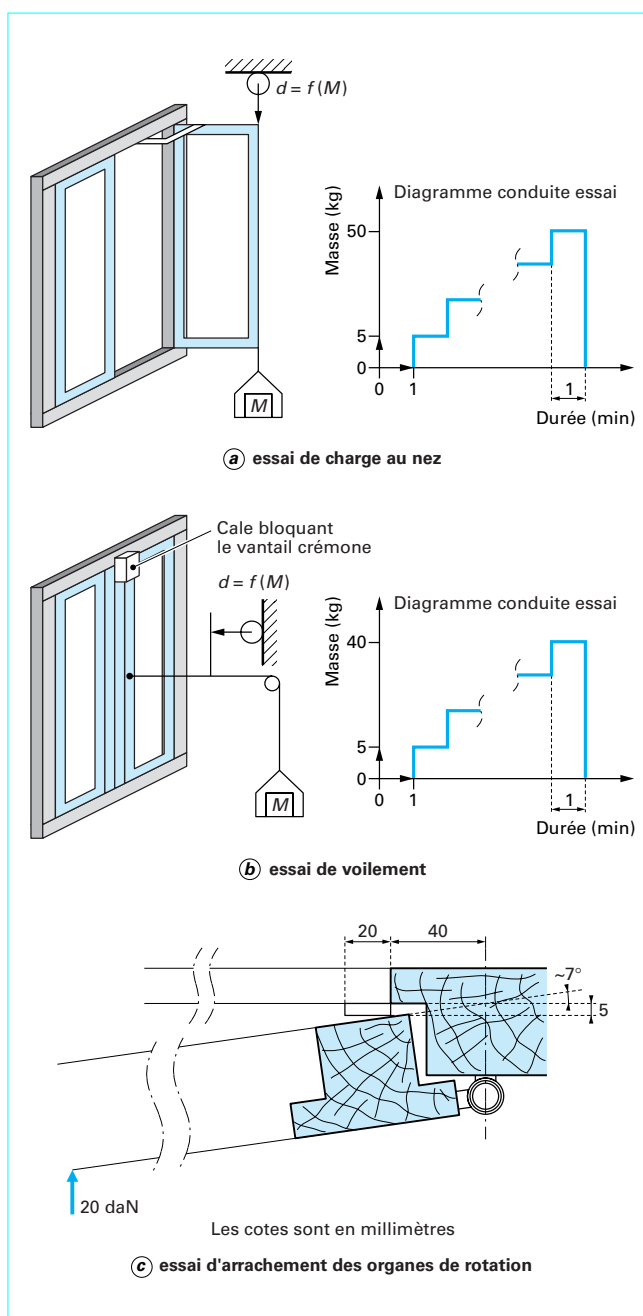


Figure 4 – Essais mécaniques pour vantail pivotant autour d'une rive verticale

● **Châssis à frappe sans pêne demi-tour** : il s'agit d'un essai statique. On mesure deux types de sollicitations : force et couple. La force, normale au plan du vantail est destinée à permettre la prise en gâche de la crémonne (afin de compenser la réaction du profilé d'étanchéité de la liaison ouvrant-dormant).

Le couple est celui qu'il faut exercer sur la poignée pour verrouiller le vantail et compenser la réaction de la garniture d'étanchéité pour l'amener dans sa position de travail maximal.

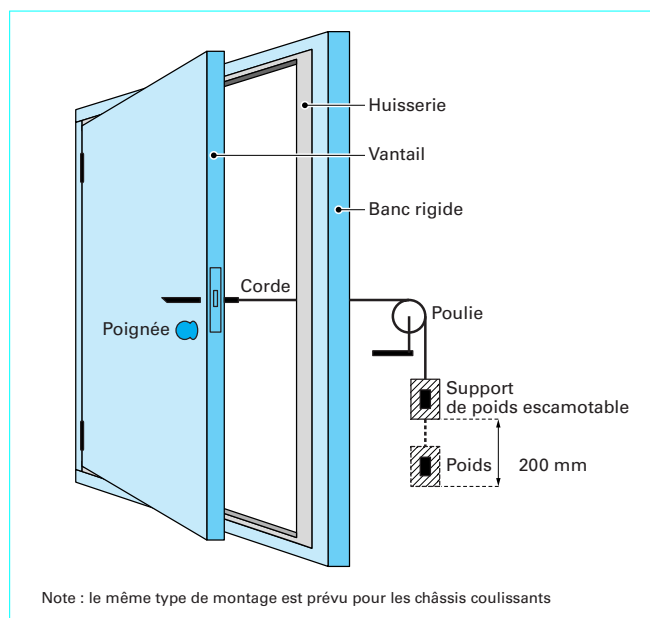


Figure 5 – Mesure des forces de fermeture pour vantaux avec pêne demi-tour

● **Châssis coulissants et châssis à frappe avec pêne demi-tour** (voir figure 5) : la méthode d'essai fait appel à une sollicitation dynamique. Pour une ouverture donnée, on détermine la masse M nécessaire pour assurer la mise en mouvement (ou son équivalent force Mg , cf. tableaux 7 et 8), mais aussi le verrouillage.

Nota : la manœuvre d'un châssis coulissant peut aussi comporter la rotation d'une poignée dont le couple est alors à mesurer ; un ouvrant à frappe et pêne demi-tour peut aussi se trouver dans la même situation (porte-fenêtre à serrure et portes d'entrée avec crémone à relevage).

● La classification (en l'état actuel de la normalisation) est donnée dans les tableaux 7 et 8.

■ Résistance à la fatigue

L'objet est d'évaluer le comportement de la fenêtre si elle est soumise à des cycles répétés d'ouverture-fermeture.

La norme NF P 20-501 ne décrit pas de protocole pour cet essai.

En l'absence de ce dernier, la référence la plus commode est la norme NF EN 1191 dont l'application obligatoire est suspendue à la publication de normes sœurs pour les autres essais mécaniques.

Les éléments essentiels de la méthode d'essais sont les suivants :

- ouverture à 90° pour les vantaux pivotants ;
- ouverture complète pour les coulissants ;
- vitesse d'avance de 0,5 m/s au battement pour les vantaux de moins de 400 kg de masse ;
- contrôle de l'effet de fatigue par la mesure de la perméabilité à l'air et des efforts de manœuvre à 25, 50, 75 et 100 % du nombre de cycles prévus. On mesure également la chute de nez pour les vantaux ferrés sur une rive verticale.

En pratique, pour les fenêtres le nombre de cycles va de 10 000 à 40 000. Pour les portes extérieures, il peut atteindre un million de cycles (portes de magasins).

Tableau 7 – Classification en fonction des efforts de manœuvre (portes) selon PrEN 12217-2

Sollicitation	Classe 0 (1)	Classe 1	Classe 2 (2)	Classe 3	Classe 4
Force de mise en mouvement Mg (N)		75	50	25	10
Manœuvre à la main :					
– couple(N · m)		10	5	2,5	1
– force(N)		75	50	25	10
Manœuvre au doigt :					
– couple(N · m)		5	2,5	1,5	1
– force(N)		20	10	6	4

(1) pas d'exigences.

(2) la marque de qualité NF-Nouvelle fenêtre bois prévoit les valeurs limites de la classe 2 soit, pour la manœuvre à la main : 50 N pour la force et 5 N · m pour le couple.

Tableau 8 – Classification en fonction des efforts de manœuvre (fenêtres) selon NF EN 13115

Ouvrage	Classe 0	Classe 1	Classe 2
Coulissant, vantaux, pêne demi-tour :			
– force de mise en mouvement Mg (N)		100	30
Poignée :			
– couple(N · m)		10	5
– force(N)		100	30
Clé :			
– couple(N · m)		5	2
– force(N)		50	20

1.3 Choix des fenêtres et des portes extérieures en fonction de l'exposition

Les performances des fenêtres étant connues, il s'agit de les lier à leur exposition sur les façades des bâtiments. Ce lien fait l'objet du fascicule de documentation FD P 20-201 (DTU 36.1/37.1) qui définit en même temps quelques exigences. Le document d'origine datant de 1974 a été révisé pour tenir compte des nouvelles classes européennes.

Il définit au travers de la pression p_3 de temps de retour de 30 ans, les diverses expositions puis associe à ces dernières un niveau de performances pour la perméabilité à l'air, l'étanchéité à l'eau et la résistance au vent.

Nota : la détermination de la pression p_3 s'est faite sur la base des Règles NV 65 révisées en 1998 (voir article [C 3 305] dans les Techniques de l'Ingénieur).

1.3.1 Définition de l'exposition

Elle se définit par les facteurs suivants :

- la région ;
- la hauteur de la fenêtre par rapport au sol ;
- la situation.

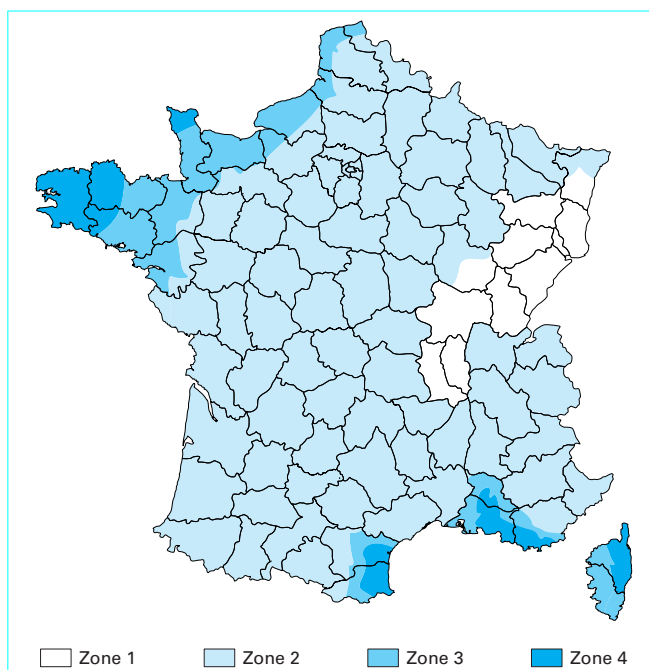


Figure 6 – Carte des zones de vent en France métropolitaine

■ Région (figure 6)

Cinq régions de vent ont été définies. Leur définition est donnée département par département voire, s'ils chevauchent plusieurs régions de vent, canton par canton. La région 5 concerne l'île de la Réunion et les Antilles, la région 4 concerne la pointe de Bretagne, le nord du Cotentin, la Corse orientale et une partie des zones de mistral et tramontane.

Nota : ces données figurent dans l'article [C 3 305].

■ Hauteur de la fenêtre (figure 7)

En général, il s'agit de la hauteur comprise entre la traverse haute de la fenêtre et le sol sur lequel repose la façade (cote H' sur la figure 7). Toutefois, en cas de construction située sur un accident de terrain, la dénivellation z induite par cet accident topographique doit être intégrée à la hauteur entre la traverse haute de la fenêtre et le sol si :

- la pente de l'accident de terrain est de plus de 100 % ;
- la façade incorporant la fenêtre est située à une distance inférieure à $2z$ du pied de l'accident de terrain.

Nota : dans ce cas, la hauteur de la fenêtre par rapport au sol est égale à $H' + z$.

Les gammes de hauteur suivantes ont été définies :

moins de 6 m ; entre 6 et 18 m ; entre 18 et 28 m ;
entre 28 et 50 m ; entre 50 et 100 m.

Au-delà de 100 m, le choix de fenêtres relève d'une étude spéciale, fondée, par exemple, sur l'application des règles NV 65.

■ Situation

Les quatre situations suivantes sont définies (FD P 20-201) :

Situation a : intérieur des grands centres urbains (aire construite égale à au moins 15 % du sol et hauteur moyenne de plus de 15 m)

Situation b : autres villes, banlieues et zones forestières

Situation c : rase campagne

Situation d : bords de mer ou grands plans d'eau (au moins 5 km de balayage par le vent) si la construction est située à moins de 20 fois sa hauteur du rivage.

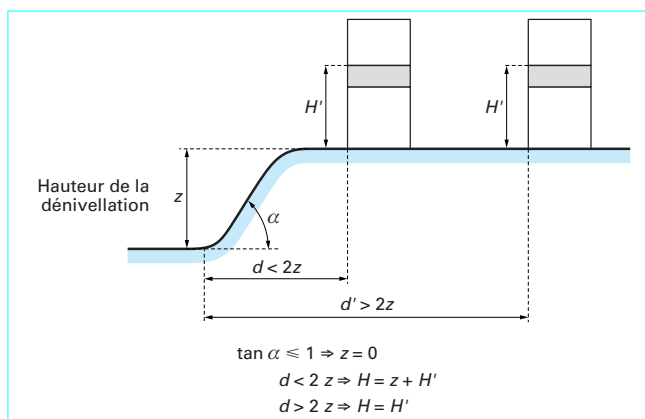


Figure 7 – Hauteur H de la fenêtre par rapport au sol en cas de dénivellation

1.3.2 Choix selon l'exposition et exigences

1.3.2.1 Choix de la classe de résistance au vent

Le tableau 9 détermine le choix des classes de résistance au vent de fenêtres (typiquement cas des fenêtres à destination inconnue lors de leur fabrication).

La résistance au vent couvre **trois types d'exigence** :

- la rigidité ;
- la conservation de performances sous une sollicitation de période décennale ;
- la sécurité sous une sollicitation trentenaire (il en est ainsi depuis 1974).

Lorsque la destination de la fenêtre est connue, elle peut être testée en fonction de l'exposition. Le tableau 10 donne les valeurs p_1 , p_2 et p_3 à appliquer sur le corps d'épreuve :

- pression p_1 pour mesure de la rigidité des pièces du châssis ;
- pression p_2 pour mesure de la conservation des performances ;
- pression p_3 pour mesure de la sécurité.

■ Rigidité

La norme NF EN 12210 prévoit, par l'intermédiaire de la flèche relative à ne pas dépasser sous la **pression p_1** (représentant les 2/3 de p_3), **trois classes de rigidité** :

- **classe A** : flèche relative limite de 1/150 ;
- **classe B** : flèche relative limite de 1/200 ;
- **classe C** : flèche relative limite de 1/300.

Le DTU 36.1/37.1 définit l'emploi de ces trois familles de rigidité :

- **classe A** : cas général (dont vitrages isolants) ;
- **classe B** : l'usage de cette classe n'y est pas prévu (*) ;
- **classe C** : pour liaisons de menuiserie participant à la sécurité des personnes contre le risque de chute. Compte tenu de cette fonction, cette classe de rigidité ne peut concerner que des parties dormantes.

De plus, l'élément le plus sollicité ne doit pas présenter une flèche supérieure à 15 mm sous une pression p_1 de 800 Pa.

(*) La classe B n'a pas été prévue car la classe A était déjà appliquée auparavant pour les fenêtres équipées de vitrages isolants. La classe B n'était utilisée que pour le seul palier de 500 Pa, elle a été remplacée par l'exigence de flèche de 15 mm sous p_1 de 800 Pa (cf. ci-dessus).

Pour la classe C, les limites suivantes sont fixées sur la pression de déformation :

- la valeur minimale de p_1 est 800 Pa ;
- la valeur maximale de p_1 est de 1 200 Pa.

Tableau 9 – Choix des classes de résistance au vent en fonction de l'exposition (1)

Zone (2)	Situation (2)	Hauteur H (m) de la fenêtre au-dessus du sol				
		$H \leq 6$	$6 < H \leq 18$	$18 < H \leq 28$	$28 < H \leq 50$	$50 < H \leq 100$
1	a	2	2	2	2	2
	b	2	2	2	2	2
	c	2	2	2	2	3
	d	2	2	2	3	3
2	a	2	2	2	2	2
	b	2	2	2	2	2
	c	2	2	2	3	3
	d	2	2	3	3	3
3	a	2	2	2	2	2
	b	2	2	2	2	3
	c	2	2	3	3	3
	d (3)	2	3	3	3	4
4	a	2	2	2	2	2
	b	2	2	2	2	3
	c	2	3	3	3	4
	d (3)	3	3	3	4	4
5	a	2	2	2	2	3
	b	2	2	3	3	4
	c	3	3	4	4	5
	d	3	4	4	5	5

(1) Les classes sont définies dans la 1^{re} colonne du tableau 5.

(2) Les zones et les situations sont définies dans le paragraphe 1.3.1.

(3) Sur le littoral méditerranéen hors Corse, les fenêtres en situation d des zones 3 et 4 sont considérées comme en situation c.

Code des couleurs : classe 2 classe 3 classe 4 classe 5

Le tableau 10 définit la pression p_1 (positivement et négativement) à appliquer en fonction de l'exposition pour la mesure de la rigidité des pièces du châssis.

Les valeurs représentent, en les arrondissant, les 2/3 des valeurs correspondantes de p_3 de ce même tableau.

Conservation des performances

Elle se vérifie selon les normes NF EN 12211 et NF EN 12210, après la mesure de flèche et l'application de la pression p_2 représentant le 1/3 de la pression p_3 et qui est répétée 50 fois en positif et en négatif (tableau 10) et par un contrôle de perméabilité à l'air selon NF EN 1026.

Sécurité

Elle s'évalue sous la pression p_3 dont les valeurs sont données dans le tableau 10 en fonction de l'exposition.

Sous la pression p_3 , appliquée en positif et en négatif, la fenêtre ne doit pas ni se rompre ni s'ouvrir mais il n'y a pas d'exigence de conservation des performances physiques ou mécaniques.

Si la destination de la fenêtre est connue au moment de l'essai, le choix de la pression p_3 (et par voie de conséquence celui de p_1 et p_2 compte tenu du lien défini par NF EN 12210 entre ces pressions) peut se faire :

- soit selon le tableau 10 ;
- soit à partir des règles NV (Neige et Vent) en vigueur ou de l'Eurocode en calculant p_3 à partir de l'action résultante correspondant au vent normal du site.

Remarque sur le classement en fonction des limites de classe

● La fenêtre a une destination connue : si la pression p_3 requise pour le site est supérieure au plafond de la classe immédiatement en dessous, elle peut revendiquer la classe située au-dessus de ce plafond.

● La fenêtre n'a pas de destination connue : pour revendiquer une classe, elle doit satisfaire à la pression plafond de la classe annoncée.

Exemple : soit une fenêtre résistant à une pression p_3 de 1 350 Pa.

Si sa destination est connue, elle pourra revendiquer une classe V*3 car la pression d'essai p_3 est supérieure à la limite de 1 200 Pa de la classe V*2.

Si sa destination n'est pas connue, il existe des sites de classe V*3, pour lesquels la pression p_3 exigée est supérieure à 1 350 Pa (sans excéder 1 800 Pa, voir, dans tableau 10, valeurs des pressions p_3 en fonction de l'exposition) ; la fenêtre sera donc classée V*2.

Pour revendiquer un classement V*3, si la destination est inconnue, elle devra montrer sa conformité sous une pression p_3 de 1 800 Pa.

1.3.2.2 Choix de la classe de perméabilité à l'air

Il dépend de l'exposition telle qu'elle vient d'être évoquée mais aussi du conditionnement de l'air. On distingue ainsi :

- les locaux chauffés ou climatisés (et les départements d'outre-mer en zone tropicale) ; on choisit la classe selon le tableau 11 ;
- les locaux non chauffés et non climatisés : on peut choisir la classe immédiatement inférieure à celle prescrite par l'exposition définie dans le tableau 11.

Remarque

En toute rigueur, le choix de la classe de perméabilité devrait se déterminer à partir du débit limite sous une pression de référence (100 Pa qui définit le classement en perméabilité à l'air) en fonction de l'exposition (pression p_3 par exemple). Si l'on pense déperdition énergétique équivalente par m² de façade (quelle que soit l'aire de la fenêtre relativement à l'aire de la façade de locaux qu'elle ferme) et par zone climatique, la perméabilité à l'air à 100 Pa peut se déterminer avec la relation suivante :

$$Q_{100 \text{ Pa}} = Q_r \times K_c \times \frac{R_0}{R} \times \frac{DH_0}{DH} \left(\frac{p_{3 \text{ min}}}{p_3} \right)^{\frac{2}{3}}$$

Tableau 10 – Valeurs des pressions p_1 , p_2 , p_3 (Pa) (1)

Zone (2)	Situation (2)	Hauteur H (m) de la fenêtre au-dessus du sol														
		$H \leq 6$			$6 < H \leq 18$			$18 < H \leq 28$			$28 < H \leq 50$			$50 < H \leq 100$		
		p_1	p_2	p_3	p_1	p_2	p_3	p_1	p_2	p_3	p_1	p_2	p_3	p_1	p_2	p_3
1	a	800	400	1 200	800	400	1 200	800	400	1 200	800	400	1 200	800	400	1 200
	b	800	400	1 200	800	400	1 200	800	400	1 200	800	400	1 200	800	400	1 200
	c	800	400	1 200	800	400	1 200	800	400	1 200	800	400	1 200	850	450	1 300
	d	800	400	1 200	800	400	1 200	800	400	1 200	850	400	1 250	950	450	1 400
2	a	800	400	1 200	800	400	1 200	800	400	1 200	800	400	1 200	800	400	1 200
	b	800	400	1 200	800	400	1 200	800	400	1 200	800	400	1 200	800	400	1 200
	c	800	400	1 200	800	400	1 200	800	400	1 200	900	450	1 350	1 000	500	1 550
	d	800	400	1 200	800	400	1 200	900	450	1 300	1 000	500	1 450	1 100	550	1 650
3	a	800	400	1 200	800	400	1 200	800	400	1 200	800	400	1 200	800	400	1 200
	b	800	400	1 200	800	400	1 200	800	400	1 200	800	400	1 200	850	450	1 300
	c	800	400	1 200	800	400	1 200	900	450	1 350	1 050	500	1 550	1 200	600	1 800
	d (3)	850	400	1 200	950	450	1 400	1 050	500	1 550	1 150	550	1 700	1 300	650	1 900
4	a	800	400	1 200	800	400	1 200	800	400	1 200	800	400	1 200	800	400	1 200
	b	800	400	1 200	800	400	1 200	800	400	1 200	800	400	1 200	1 000	500	1 500
	c	800	400	1 200	950	450	1 400	1 050	500	1 550	1 200	600	1 750	1 350	700	2 050
	d (3)		450	1 300	1 100	550	1 600	1 150	600	1 750	1 300	650	1 950	1 500	750	2 200
5	a	800	400	1 200	800	400	1 200	800	400	1 200	800	400	1 200	1 050	500	1 550
	b	800	400	1 200	800	400	1 200	850	400	1 250	1 050	500	1 550	1 300	650	1 900
	c	900	450	1 350	1 200	600	1 800	1 350	650	2 000	1 500	750	2 250	1 750	900	2 650
	d	1 100	550	1 700	1 400	700	2 100	1 500	750	2 250	1 650	850	2 500	1 850	950	2 800

(1) Les valeurs de p_2 ne figurent pas dans le DTU 36.1/37.1, mais ont été calculées en multipliant par 1/3 les valeurs de p_3 .

(2) Les zones et les situations sont définies dans le paragraphe 1.3.1.

(3) Sur le littoral méditerranéen hors Corse, les fenêtres en situation d des zones 3 et 4 sont considérées comme en situation c.

Code des couleurs : cf. tableau 9.

avec Q_r débit de référence : le milieu de la classe A2, pour se caler sur la pratique établie en 1974, pourrait être proposé [soit $18 \text{ m}^3/(\text{h} \cdot \text{m}^2)$] ; dans ces conditions, $n = 3$ (car $18 \times 3 = 54$, perméabilité d'une fenêtre non classée utilisable depuis 1974 pour les locaux non chauffés peu exposés),

$Q_{100 \text{ Pa}}$ perméabilité à l'air, en $\text{m}^3/(\text{h} \cdot \text{m}^2)$ sous 100 Pa (§ 1.2.1)

$K_c = 1$ pour des locaux chauffés ou conditionnés

$K_c = n$ pour des locaux non chauffés,

R rapport (en %) de la surface de fenêtre sur la surface de façade fermée par les fenêtres (une valeur de référence de 15 % pourrait être prise),

DH milliers de degrés heures du site : 63 en zone H1 (valeur de référence qu'on prend en référence), 52 en zone H2 et 37 en zone H3 (*),

p_3 pression de sécurité du site donnée dans le tableau, en Pa (§ 1.3.2.1),

indice 0 référence,

indice min pression p_3 minimale en France (soit 400 Pa en dérivant selon les règles NV).

(*) les zones H1, H2 et H3 sont définies dans les règles TH Bv de juillet 1988 (disponibles auprès du CSTB).

La perméabilité surfacique à 100 Pa étant déterminée, la norme NF EN 12207 déterminerait le choix de classe qu'il conviendrait de faire (voir 1^{re} et 3^e colonnes du tableau 2).

1.3.2.3 Choix de la classe d'étanchéité à l'eau

Le DTU 36.1/37.1 définit les classes exigées en fonction de l'exposition. Elles sont consignées dans le tableau 12.

Pour les portes extérieures, les niveaux du tableau 12 sont abaissés de 2 classes.

■ Remarque

Le tableau 12 a été défini de manière empirique en tenant compte plus de l'offre actuelle du marché (ce dernier n'offre plus de fenêtres sans profilé d'étanchéité et donc de menuiseries classées E*2) que des besoins réels de l'exposition qui permettraient, sur partie non négligeable, de mettre en œuvre des fenêtres qui seraient classées E*2 (voir § 1.2.2).

C'est d'ailleurs la performance requise pour les portes extérieures mises en œuvre dans cette exposition la moins contraignante.

Dans une approche rationnelle, on détermine une **pression de référence limite d'étanchéité** p_r qui dépend des seuls facteurs de l'exposition tels qu'ils ont été définis au paragraphe 1.3.1 et ensuite on prend en compte l'**éventuelle présence d'écran** qui détermine le choix de la méthode d'arrosage, voire conduit à une réduction de la pression de référence.

Tableau 11 – Choix des classes de perméabilité à l'air en fonction de l'exposition pour les locaux chauffés ou climatisés (1)

Zone (2)	Situation (2)	Hauteur H (m) de la fenêtre au-dessus du sol				
		$H \leq 6$	$6 < H \leq 18$	$18 < H \leq 28$	$28 < H \leq 50$	$50 < H \leq 100$
1	a	2	2	2	2	2
	b	2	2	2	2	2
	c	2	2	2	2	3
	d	2	2	2	3	3
2	a	2	2	2	2	2
	b	2	2	2	2	2
	c	2	2	2	3	3
	d	2	2	3	3	3
3	a	2	2	2	2	2
	b	2	2	2	2	3
	c	2	2	3	3	3
	d (3)	2	3	3	3	3
4	a	2	2	2	2	2
	b	2	2	2	2	3
	c	2	3	3	3	3
	d (3)	3	3	3	3	3
5	a	2	2	2	2	3
	b	2	2	3	3	3
	c	2	3	3	3	3
	d	2	3	3	3	3

(1) Les classes sont définies dans la 3^e colonne du tableau 2.

(2) Les zones et les situations sont définies dans le paragraphe 1.3.1.

(3) Sur le littoral méditerranéen, hors Corse, les fenêtres en situation d des zones 3 et 4 sont considérées comme en situation c.

■ Détermination de la pression limite d'étanchéité de la fenêtre

On fait l'hypothèse d'une liaison linéaire entre la pression p_3 et la pression de référence p_r à laquelle on doit associer une fenêtre dont la pression limite d'étanchéité (p_{\max} selon la norme NF EN 1027) est au moins égale à cette valeur p_r .

On associerait ainsi :

- $p_{r\min}$ (50 Pa) au $p_{3\min}$ (600 Pa) ;
- $p_{r\max}$ (600 Pa) au $p_{3\max}$ (3 000 Pa) des normes NF EN 12208 et NF EN 12210.

En fonction de p_3 , p_r se détermine alors selon la formule suivante :

$$p_r = p_{r\min} + (p_{r\max} - p_{r\min}) \frac{p_3 - p_{3\min}}{p_{3\max} - p_{3\min}}$$

et avec les valeurs proposées ci-dessus, qui serviraient de base à une norme européenne sur le sujet, la formule prend la forme :

$$p_r = 0,23 \times p_3 - 88$$

avec p_3 (Pa) pression de rafale donnée dans le tableau 10 ou dérivée des règles NV ou de l'Eurocode,

p_r s'exprime en pascals.

Cette formule donne la pression sous laquelle la fenêtre doit être étanche en l'absence de toute protection.

■ Définition des protections

À ce titre, deux types de protection sont envisageables : celle procurée par le linteau ou ce qui peut en tenir lieu et celle procurée par la protection par un masque parallèle à la façade.

● Protection par le linteau (figure 8)

Sa présence détermine le choix de la méthode d'arrosage A ou B (§ 1.2.2).

Elle peut être prise en compte si les conditions suivantes sont respectées :

- profondeur de tableau (distance entre nu extérieur du vantail ou du remplissage et nu extérieur de la façade) d'au moins 15 cm ;
- rapport entre la profondeur de tableau (telle que définie ci-dessus) et la retombée de la traverse haute de la fenêtre au moins égal à 3.

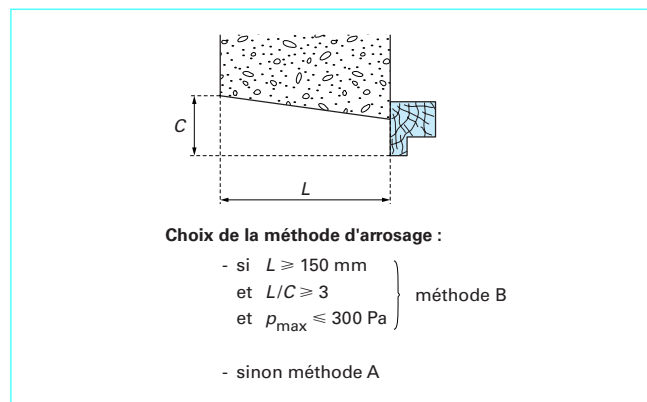


Figure 8 – Protection par le linteau et choix de la méthode d'arrosage

Tableau 12 – Choix des classes d'étanchéité à l'eau en fonction de l'exposition
(hors effet de protection ou de masque) (1)

Zone (2)	Situation (2)	Hauteur H (m) de la fenêtre au-dessus du sol				
		$H \leq 6$	$6 < H \leq 18$	$18 < H \leq 28$	$28 < H \leq 50$	$50 < H \leq 100$
1	a	4	4	4	4	4
	b	4	4	4	4	5
	c	4	4	5	5	6
	d	4	5	5	6	6
2	a	4	4	4	4	4
	b	4	4	4	4	5
	c	4	5	5	6	7
	d	5	5	6	6	7
3	a	4	4	4	4	5
	b	4	4	4	5	6
	c	4	5	6	7	7
	d (3)	5	6	7	7	8
4	a	4	4	4	5	5
	b	4	4	5	5	6
	c	5	6	7	7	8
	d (3)	6	7	7	8	8
5	a	4	4	4	5	7
	b	4	4	6	7	8
	c	4	4	8	8	8
	d	4	4	8	8	9

(1) Les classes sont définies dans le tableau 4.

(2) Les zones et les situations sont définies dans le § 1.3.1.

(3) Sur le littoral méditerranéen, hors Corse, les fenêtres en situation d des zones 3 et 4 sont considérées comme en situation c.

On peut alors faire le choix de la méthode B. Sinon, on choisit la méthode A.

● Protection par masque

Il s'agit d'éléments architecturaux indissociablement liés à la façade. Deux types de masques sont envisageables : perpendiculaires et parallèles à la façade.

• **Masques perpendiculaires à la façade** (figure 9) : il s'agit d'un auvent (ou équivalent) que l'on caractérise, sur ce plan, par le facteur q_v (rapport saillie sur hauteur entre écran et pied de la fenêtre).

Il faut aussi prendre en considération la protection aux extrémités de l'auvent, soit débord par rapport au jambage de baie, soit joue perpendiculaire au moins au droit du jambage le plus exposé. Ce débord, rapporté à la hauteur de façade sous protection, détermine le facteur q_h . Pour cette fenêtre d'extrémité, on prendra le plus petit de q_v ou de q_h . Soit q_m cette valeur.

• **Masques parallèles** : il s'agit d'écrans disposés parallèlement aux façades. On considère qu'une façade opposée à la direction du vent associé à la pluie bénéficie de l'effet de masque que procure la façade exposée au vent. Du fait d'un risque de non-pérennité, ce type de masque n'a pas été pris en compte par le FD P 20-201 (DTU 36.1/37.1).

● Prise en compte des protections

Pour le linteau, voir ci-dessus pour le choix de la méthode d'arrosage A ou B.

Pour le masque horizontal, le FD P 20-201 (DTU 36.1/37.1) propose, lorsqu'une classe E*N est prescrite hors masque, de réduire la classe en présence de masque suivant le tableau 13.

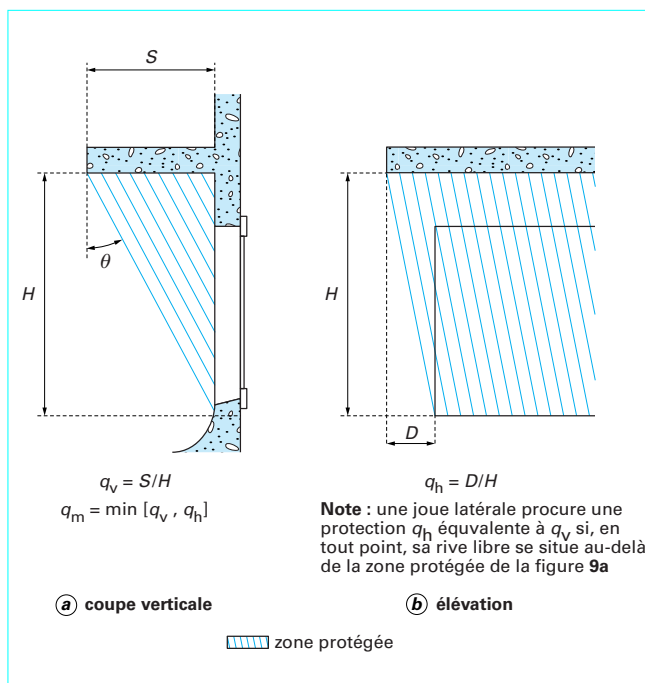


Figure 9 – Protection par écran perpendiculaire à la façade

Tableau 13 – Réduction de classe en présence de masque

Pour $q_m \geq$	E*N devient
0,40	E*N – 1
0,60	E*N – 2
0,70	E*N – 3
0,80	E*N – 4
0,90	E*N – 5
1,00	E*N – 6

Nota : la présence du masque si elle conduit à une classe E*7 place ipso facto la menuiserie dans une exposition relevant de la méthode d'arrosage B.

Remarques

● Le tableau 13 a été établi à partir des **prémisses suivantes** (voir figure 9) :

- gouttes de pluie tombant à vitesse stabilisée ;
- exclusion des effets de tourbillon.

À l'instant t , la trajectoire de la goutte de pluie fait un angle θ défini par :

- le vecteur vitesse horizontale du vent v_h ;
- le vecteur vitesse verticale de la pluie v_v .

La tangente de l'angle θ vaut donc :

$$\tan \theta = q_v = v_h/v_v = S/H.$$

Comme les gouttes de pluie tombent à une vitesse stabilisée (par les frottements de l'air), la vitesse v_v est donc constante. La vitesse v_h est liée à la pression dynamique du vent par la relation :

$$v_h = k\Delta p^{1/2}$$

Comme v_v est constant $\Rightarrow q_v = K\Delta p^{1/2}$.

Un masque assurera la protection contre l'arrivée d'eau si son angle θ' de tangente q_m est plus grand que celui fait par les trajectoires des gouttes de pluie.

On a donc :

$$q_m \geq q_v$$

Il reste à relier cette formule à un cas pratique.

Exemple : dans la version de 1974 du DTU 36.1/37.1, il est spécifié qu'une loggia de 0,90 m de profondeur, soit 1 m environ de la fenêtre (compte tenu de la profondeur du tableau), réduit l'exigence de classe d'une classe, soit Δp_0 au moins égal à 50 Pa.

Sachant que la hauteur courante d'un étage est de 2,50 m, on peut donc écrire le rapport suivant :

$$q_m/q_{m_0} \geq (\Delta p/\Delta p_0)^{1/2}$$

$$\Delta p \leq 50(2,5/1)^2 q_m^2 \Rightarrow \Delta p_{\max} = 312,5 q_m^2$$

et, en arrondissant,

$$\Delta p_{\max} \text{ (Pa)} = 300 q_m^2$$

● La formule de **réduction de classe** ΔC est obtenue en introduisant l'incrément de classe s (différence de pression d'essai entre deux classes) :

$$\Delta C = (300/s) q_m^2.$$

dont on ne prend, en cas de valeur avec décimales, que la partie entière (arrondi par défaut).

Pour les classes 2 à 7, l'incrément de classe s est de 50 Pa soit :

$$\Delta C = 6 q_m^2$$

C'est de cette formule dont a été dérivé le tableau 13.

Il n'a pas été prévu de réduction de classe pour les expositions supérieures à 7 prévues par le tableau 12. La chose est néanmoins concevable et la loi de réduction de classe, comme l'incrément est alors de 150 Pa, serait donnée par :

$$\Delta C = 2 q_m^2$$

● En l'absence d'un tableau de choix de classe, la pression limite d'étanchéité p_c du site corrigée par les effets de masque serait donnée par :

$$p_c = p_r - \Delta p_h$$

avec p_r pression de référence,
 Δp_h différence de pression horizontale.

Dans ce système sans tableau, il faudrait choisir une fenêtre dont p_{\max} soit au moins égale à p_c et ensuite, p_{\max} détermine, via le tableau 4, la classe d'étanchéité.

1.4 Assurance qualité

Les fonctions par lesquelles se définit la fenêtre, et dont on vient de voir qu'elles sont mesurables, peuvent servir de base à un système donnant des indications sur la qualité de l'ouvrage.

Plusieurs niveaux d'assurance qualité coexistent sur le marché de la fenêtre :

- celui lié au seul contrôle du fabricant ;
- celui lié à un contrôle ponctuel par tiers ;
- celui lié à la certification par tierce partie.

À cette assurance qualité sur le produit, il convient d'ajouter l'assurance qualité d'entreprise (ISO 9000 et suivantes) mais elle n'est pas propre au bâtiment.

Niveau de contrôle sous la responsabilité totale du fabricant

Le fabricant affirme, sous sa propre responsabilité, le niveau des performances de ses produits.

Niveau avec contrôle ponctuel par tiers

Ce contrôle fait l'objet d'un rapport d'essai rédigé par le tiers ayant réalisé l'essai dans son laboratoire ou dans l'entreprise de fabrication. Toutefois, le procès-verbal ne concerne que le corps d'épreuve qui a subi les essais relatés.

Il ne peut s'engager quant aux résultats des fabrications, déclarées semblables par le fabricant, passées, futures et mêmes présentes (sauf conditions d'échantillonnage adaptées).

Le CSTB (Centre scientifique et technique du bâtiment), le CEBTP (Centre d'essais du bâtiment et des travaux publics) et le CTBA (Centre technique du bois et de l'ameublement) délivrent de tels procès-verbaux.

Certification par tierce partie

Elle suppose la procédure suivante :

- visite d'instruction avec évaluation des moyens de production (en relation avec les performances visées) et de contrôle ;
- évaluation des performances des produits pour lesquels la certification est demandée ;
- compte-rendu de ces résultats à un comité de direction tripartite (utilisateurs tels que représentants des HLM, du négoce bâtiment, contrôleurs ou laboratoires tels que bureaux de contrôle, CSTB et CEBTP, et les fabricants) qui donne avis sur la validité de la demande ;
- visites inopinées par la tierce partie (au moins deux par an) afin de vérifier la tenue des registres de suivi de la qualité et leur contenu, et de prélever échantillons ou corps d'épreuves pour essai soit *in situ* soit en laboratoire ;
- compte-rendu annuel au comité de direction (dont la composition est définie ci-dessus) des résultats des visites et contrôles par la tierce partie (compte-rendu immédiat si des manquements graves sont constatés).

La procédure offre donc à l'utilisateur une assurance qualité non sur un prototype mais bien sur une fabrication en continu.

La marque de qualité Afnor NF-CTB-*Nouvelle fenêtre en bois* correspond à cette procédure. Le contenu technique de cette nouvelle marque, en sus des performances de perméabilité à l'air, d'étanchéité à l'eau et de résistance au vent, a été enrichi par l'introduction des éléments suivants :

- évaluation des performances des composants tels que les profilés d'étanchéité de vitrage, de liaison ouvrant-dormant et d'assemblage, ou des matériaux tels que les mastics ;
- évaluation des efforts de manœuvre et de l'endurance ;
- spécifications sur la rigidité et la géométrie (en relation avec la mise en œuvre) des seuils profilés ;
- méthodes d'essai permettant une évaluation du risque fongique de la conception et de la réalisation ;
- méthodes d'essais accélérées pour évaluer la durabilité des bois traités ou non ;
- méthodes d'essais pour évaluer la résistance des assemblages d'angles ;
- méthodes d'essais pour évaluer la valeur hydrofuge des finitions ;
- etc.

Le label *Acotherm*, créé par le ministère de la Construction et cogéré par le CSTB, le CEBTP et le CTBA, ajoute, aux certifications suivies et marquées NF-CSTBat et NF-CTB-*Nouvelle fenêtre en bois*, la certification des performances acoustiques et thermiques.

Les niveaux sont donnés dans le tableau 14.

Nota : concernant directement les fenêtres, on doit citer les certifications par tierce partie mises en œuvre par :

- CEKAL pour les vitrages isolants ;
- le SNJF pour les mastics.

■ Cas particulier de l'Avis technique

Il ne concerne que les produits ou procédé non traditionnels.

Sont considérées comme non traditionnelles les fenêtres à base de bois suivantes :

- fenêtre à liaison mixte collée travaillante (selon XP P 23-308) ;
- celles dont la liaison verre-châssis est du type VEC (verre extérieur collé) ;
- les fenêtres de toit.

Enfin, pour des procédés à caractère expérimental, une procédure accélérée Atex a été mise en place. Il s'agit en quelque sorte d'un Avis technique mais sans les références de chantier nécessaires, cela afin de diffuser plus rapidement les innovations.

■ Niveaux d'attestation européen

La directive européenne sur les produits de construction prévoit un certain nombre de niveaux d'attestation de conformité selon le tableau 15.

En l'état actuel des projets, les fenêtres relèveraient [hors éventuelles performances de résistance au feu (niveau 1)], réglementairement, du niveau 3, voire 4, d'attestation de conformité.

Tableau 14 – Niveaux d'isolation acoustique et thermique			
Isolation acoustique		Isolation thermique	
Classes	Indice d'affaiblissement du bruit routier [dB(A)]	Niveau	Coefficient de transmission thermique U_w (1) [W/(m ² · °C)]
AC4	≥ 40	Th4	$2,95 < U_w \leq 3,25$
AC3	≥ 36	Th5	$2,55 < U_w \leq 2,95$
		Th6	$2,25 < U_w \leq 2,55$
AC2	≥ 33	Th7	$2,00 < U_w \leq 2,25$
AC1	≥ 28	Th8	$1,80 < U_w \leq 2,00$
		Th9	$U_w \leq 1,80$

(1) U_w correspond à l'ancien K_{nu} (fenêtres sans fermeture).

Tableau 15 – Système d'attestation de conformité (1)

Responsabilité des tâches	Niveaux d'attestation de conformité					
	1+	1	2+	2	3	4
	Certification par organisme notifié			Déclaration de conformité par le fabricant		
Contrôle sur produits						
Essais de type initial	organisme notifié	organisme notifié	fabricant	fabricant	laboratoire	fabricant
Essais d'échantillons						
1. Selon plan d'essais	1 ou 2 ou 3 par organisme notifié	2 éventuellement par fabricant	2 éventuellement par fabricant	non exigé	non exigé	non exigé
2. Prélèvement usine						
3. Prélèvement produits prêts à livraison						
Contrôle sur production						
4. Contrôle production en usine	fabricant	fabricant	fabricant	fabricant	fabricant	fabricant
5. Inspection initiale de l'usine et du contrôle production	organisme notifié	organisme notifié	organisme d'inspection	organisme d'inspection	non exigé	non exigé
6. Surveillance continue du contrôle production	organisme notifié	organisme notifié	organisme d'inspection	non exigé	non exigé	non exigé

(1) Notes concernant le tableau :

- Les organismes notifiés le sont par les États membres de la Communauté européenne pour l'activité de certification ;
- Il en est de même pour les organismes d'inspection et les laboratoires ;
- La certification des fenêtres bois telle qu'elle est pratiquée relève du niveau 1 ;
- Le niveau de qualité avec essai ponctuel sanctionné par un rapport d'essais par un laboratoire relève du niveau 3 ;
- L'affirmation de sa performance par le fabricant relève du niveau 4. Ce niveau exige néanmoins une évaluation initiale de ses produits par le fabricant. On doit noter que ce niveau n'est pas actuellement atteint par tous les fabricants (artisans notamment n'ayant jamais réalisé d'essais de fenêtres).

2. Terminologie

Elle se limitera essentiellement à des généralités et à la description sommaire des types de fenêtres selon leur mode d'ouverture.

2.1 Généralités

Avant de décrire le principe de ces fenêtres, on peut rappeler les variantes que couvre le vocable « **fenêtre** » :

- fenêtre ou menuiserie extérieure posée sur l'allège du gros œuvre ;
- porte-fenêtre qui permet le passage comme une porte (d'ailleurs la terminologie anglaise est « *french doors* », c'est-à-dire « portes à la française ») ;
- châssis fixes (donc sans ouvrant) ;
- panneau de façade c'est-à-dire ensemble menuisé, compris entre dalles (du gros œuvre), comportant des remplissages transparents mais aussi opaques ; le plus souvent, ils sont amenés à assurer la fonction de sécurité contre la chute des personnes, et la rigidité des parties dormantes doit donc être en conséquence (flèche relative de 1/300 de la portée sous la pression p_1 de déformation du site (soit 800, soit 1 200 Pa selon la dernière version du DTU 36.1/37.1).

Nota : si la menuiserie passe devant le nez de dalle, il s'agit d'une façade rideau.

La fenêtre peut être montée de manière isolée dans la baie à laquelle elle est destinée mais elle peut aussi être associée à d'autres fenêtres (juxtaposition réalisée horizontalement ou verticalement).

Enfin, avant sa mise en œuvre, une fenêtre peut être associée :

- soit à une fermeture (le plus souvent volet roulant) qui justifie l'appellation de bloc-fenêtre ;
- soit à un cadre tableau (le plus souvent en tôle métallique) associé ou non à des fermetures (alors souvent du type battant) ; l'ensemble est alors connu sous le terme de bloc-baie.

Nota : entre les deux termes, l'usage fait souvent une confusion qui ne devrait pas exister : le bloc-fenêtre suppose l'existence préalable de la baie pour sa pose tandis que le bloc-baie se met en œuvre avant la réalisation de la baie (il sert de guide au maçon).

2.2 Types d'ouverture

Les principaux modèles sont présentés sur la figure 10.

On peut les rattacher à trois grands types :

- les fenêtres à frappe ;
- les fenêtres à translation ;
- les fenêtres qui combinent les deux.

2.2.1 Fenêtres à frappe

Une fenêtre à frappe est une fenêtre dont le(s) vantail(aux) se ferme(nt) en applique sur une partie du dormant (le fond de feuillure) par un mouvement ayant une composante perpendiculaire au plan du fond de feuillure dudit dormant.

Des distinctions sont faites selon la position de l'axe de rotation.

■ Axe de pivotement sur une rive du châssis

Il est constitué :

- soit par des paumelles ;
- soit par des fiches (à lame, à broches à visser ou à enfoncer à force ou à platine à vis) ;
- soit par un couple pivot-compas.

● **Axe de rotation vertical** : l'ouverture du vantail peut se faire vers l'intérieur (à la française) ou vers l'extérieur (à l'anglaise). Dans ce dernier cas, il importe d'être vigilant sur la protection anticorrosion des organes de rotation ainsi que sur la présence de limiteur d'ouverture.

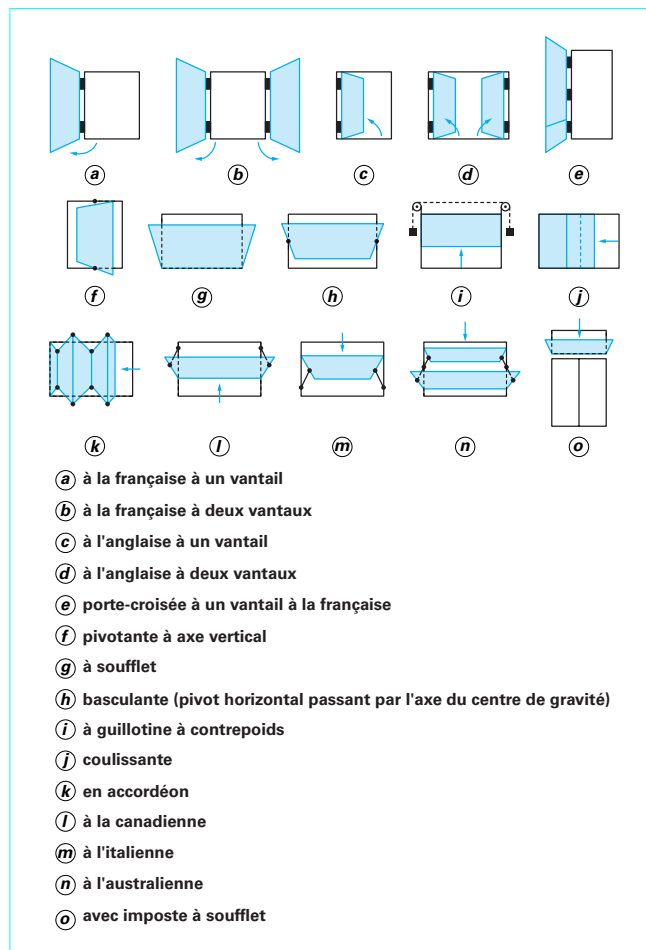


Figure 10 – Quelques types d'ouverture de châssis ou croisées vues de l'intérieur

Chaque baie de dormant comporte, en général un (châssis) ou deux vantaux (croisée). Si deux vantaux sont articulés l'un sur l'autre, la rotation de cet axe n'est pas alors guidée.

● **Axe de rotation horizontal** : s'il appartient à la traverse basse, l'ouverture du vantail se fait vers l'intérieur (châssis à soufflet). S'il appartient à la traverse haute, l'ouverture se fait vers l'extérieur (châssis visière). Chaque baie de dormant ne comporte, en principe, qu'un seul vantail.

● **Axes de pivotement vertical et horizontal sur le même vantail** : il s'agit de l'oscillo-battant, il ouvre vers l'intérieur. La baie de dormant comporte un ou deux châssis. Dans ce cas, le deuxième châssis ouvre à la française (dit semi-fixe car bloqué par un verrou baïonnette en haut et en bas ou par un système équivalent).

■ Axe de pivotement contenu dans l'aire du vantail

● **Axe horizontal** : il s'agit du châssis basculant. Pour des raisons d'équilibrage et d'effort de manœuvre, l'axe de rotation se confond avec la médiane horizontale du châssis. Les pivots comportent des dispositifs de freinage de telle sorte que l'effort minimal de mise en mouvement du vantail soit de 30 N (tout en restant inférieur à 80 N s'il est équipé d'une seule poignée et à 130 N s'il en comporte deux). La baie du dormant ne comporte, en principe, qu'un seul vantail.

● **Axe vertical** : il s'agit du châssis pivotant. L'axe de pivotement peut être centré ou non. Comme pour son homologue à axe horizontal, l'effort de manœuvre doit être supérieur à 30 N tout en restant inférieur à 80 N. La baie du dormant ne comporte, en principe, qu'un seul vantail.

2.2.2 Fenêtres à translation

■ Translation horizontale

Il s'agit des châssis coulissants. La baie de dormant comporte deux châssis, un ou deux sont mobiles.

Cette conception permet de faire des grandes baies vitrées.

■ Translation verticale

Il s'agit des châssis dits à guillotine. La baie de dormant comporte deux châssis, un ou deux sont mobiles. Si le châssis mobile est unique, son poids est compensé soit par des masses soit par des ressorts. Si les deux châssis sont mobiles, ils s'équilibrent, le plus souvent, mutuellement. Ils posent un problème de sécurité. Il faut qu'ils soient associés à un dispositif antichute.

2.2.3 Fenêtres combinant translation et frappe

■ Translation horizontale (figure 11)

Il s'agit de châssis coulissants qui, en position de fermeture, prennent un mouvement normal au plan du dormant. La plus grande facilité de maîtriser l'étanchéité des châssis à frappe a motivé la mise au point de ce châssis à quincaillerie tout à la fois complexe et résistante (de par les poids à reprendre). On peut également rattacher à cette famille les fenêtres en accordéon.

■ Translation verticale

La baie de dormant comporte un ou deux vantaux.

- **Baie à un vantail** : l'ouverture se fait avec projection soit vers l'extérieur (fenêtre à l'italienne) soit vers l'intérieur (fenêtre à la canadienne).

- **Baie à deux vantaux** : il s'agit de la fenêtre à l'australienne (un châssis ouvre vers l'intérieur, l'autre est projeté vers l'extérieur).

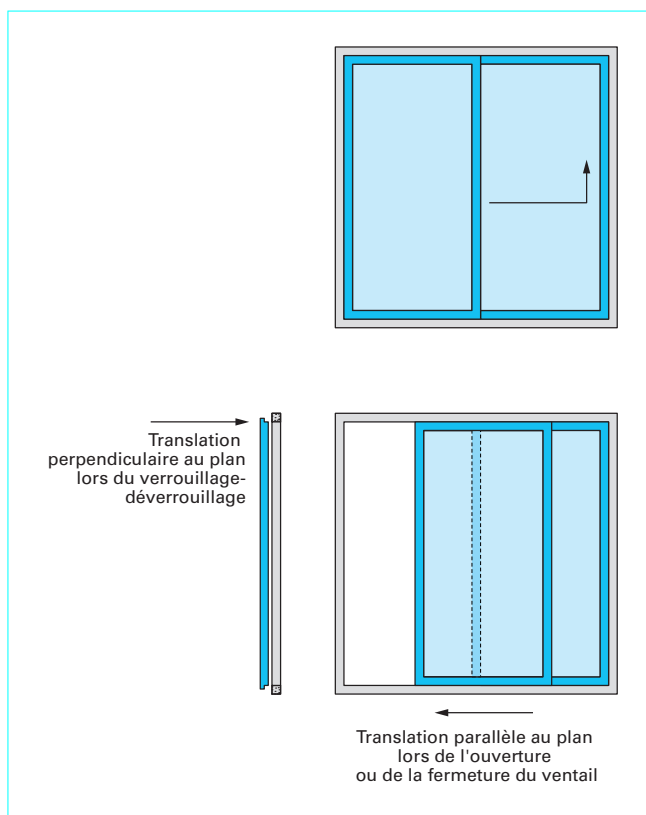


Figure 11 – Fenêtre à frappe et à translation horizontale