EPAISSEUR VITRAGE

VERIFICATION

Extrait de NF DTU 39 P4 de juillet 2012
Pour déterminer l'épaisseur mini d'un vitrage (simple, double ou triple) il faut respecter la méthode ci-dessous :

PRINCIPE :

La pression P est utilisée dans les formules ci-après pour déterminer une épaisseur e_1

- Un facteur de réduction « c » lié à la situation du châssis est appliqué;
- L'épaisseur e_R intègre les facteurs d'équivalence du vitrage. Elle doit être au moins égale au produit (e_1 x c).
  $e_R \geq e_1$ x c

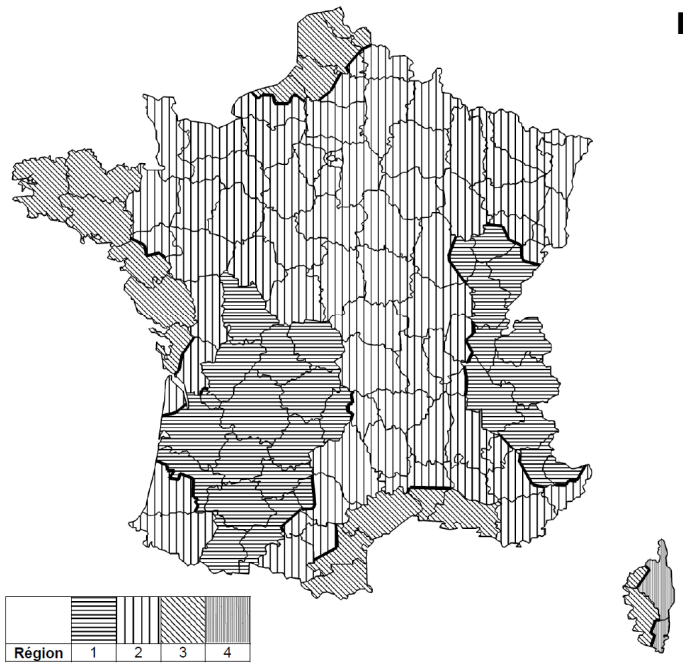
- Dans tous les cas, on calcule ensuite une épaisseur e_F pour vérifier que la flèche respecte les critères fixés. Si la flèche dépasse la valeur admissible, l'épaisseur des composants doit être augmentée jusqu'au respect de l'ensemble des exigences.

METHODE

A) LA PRESSION P

Localiser la ville sur la carte et en déduire une zone 1, 2, 3 ou 4.

Définition des régions climatiques de vent



B) LA SITUATION :

a) IV - Zones urbaines dont au moins 15 % de la surface est recouverte de bâtiments dont la hauteur moyenne est supérieure a 15 m ; forets.
b) IIIb - Zones urbanisées ou industrielles ; bocage dense ; vergers.
c) IIIa - Campagne avec des haies ; vignobles ; bocages ; habitat disperse.
d) II - Rase campagne, avec ou non quelques obstacles isoles (arbres, bâtiments, etc.) séparés les uns des autres de plus de 40 fois leur hauteur.
e) 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

C) HAUTEUR (H)

C'est la hauteur *H* du bâtiment au-dessus du sol qui détermine la pression du vent pour tous les vitrages extérieurs de ce bâtiment.
On distingue cinq classes de hauteur de bâtiment :

— H ≤ 9 m ;

1 Pa = 1 N/m² = 0.0001 N/cm²

— 9 < H ≤ 18 m ;

— 18 < H ≤ 28 m ;

— 28 < H ≤ 50 m ;

— 50 < H ≤ 100 m.

D) PRESSION de VENT

Nous lirons, dans le tableau ci-dessous, la pression de vent à prendre en compte :

Tableau 2 — Pressions de vent P_{vent} en Pa – France Métropolitaine

	Catégorie de Terrain	Hauteur du bâtiment				
		H ≤ 9 m	9 < H ≤ 18 m	18 < H ≤ 28 m	28 < H ≤ 50 m	50 < H ≤ 100 m
Région 1	IV	850	950	1150	1400	1800
	IIIb	900	1200	1400	1700	2050
	IIIa	1200	1500	1700	2000	2350
	II	1500	1800	2050	2300	2650
	0	1900	2150	2350	2600	2900
Région 2	IV	1050	1100	1350	1700	2100
	IIIb	1050	1400	1650	2000	2450
	IIIa	1400	1750	2000	2350	2800
	II	1800	2150	2400	2750	3150
	0	2250	2600	2800	3100	3500
Région 3	IV	1200	1300	1600	2000	2500
	IIIb	1250	1650	1950	2350	2900
	IIIa	1650	2050	2350	2800	3300
	II	2100	2550	2850	3200	3700
	0	2650	3050	3300	3650	4100
Région 4	IV	1400	1500	1850	2300	2900
	IIIb	1450	1950	2250	2750	3350
	IIIa	1900	2400	2750	3200	3850
	II	2450	2950	3300	3750	4300
	0	3050	3500	3800	4200	4750

E) LES FORMULES

a) Vitrage pris en feuillure sur 4 côtés

Vitrage dont le rapport L/ℓ est inférieur ou égal à 2,5 :

$$e_1 = \sqrt{\frac{S \times P}{100}}$$

Vitrage dont le rapport L/ℓ est supérieur à 2,5 :

$$e_1 = \frac{\ell \times \sqrt{P}}{6,3}$$

L = plus grande dimension du vitrage ℓ = petite dimension du vitrage

Dans ces formules :

e_1 est exprimée en **mm**
P est exprimée en **Pa**
S est exprimée en **m²**
L et **ℓ** est exprimée en **m**

b est exprimée en **m**
e_2 est exprimée en **mm**

Résultats arrondis à 1 décimale

b) Vitrage pris en feuillure sur 3 côtés

Si le bord libre est le plus grand côté L :

Si L/$\ell \leq 7,5$:

$$e_1 = \sqrt{\frac{L \times 3 \times \ell \times P}{100}}$$

Si L/$\ell > 7,5$:

$$e_1 = \frac{3 \times \ell \times \sqrt{P}}{6,3}$$

Si le bord libre est le plus petit côté ℓ :

$$e_1 = \frac{\ell \times \sqrt{P}}{6,3}$$

c) Vitrage pris en feuillure sur 2 côtés

e_1 dépend du bord libre L ou ℓ :

Si le bord libre est le plus grand côté L :

$$e_1 = \frac{L \times \sqrt{P}}{6,3}$$

Si le bord libre est le plus petit côté ℓ :

$$e_1 = \frac{\ell \times \sqrt{P}}{6,3}$$

F) FACTEUR de REDUCTION (C)

Un facteur de réduction **C = 0,9** est à appliquer pour tous les vitrages extérieurs en rez de chaussée, et dont la partie supérieure est à moins de 6 m du sol extérieur.
Dans tous les autres cas, C = 1

G) FACTEUR D'EQUIVALENCE (ε)

Type de vitrage		$\varepsilon 1$
Vitrage isolant NF EN 1279	Comportant deux produits verriers (double vitrage)	1,60
	Comportant trois produits verriers (triple vitrage)	2,00

Type de vitrage		$\varepsilon 2$
Vitrage feuilleté de sécurité NF EN ISO 12543-2	Deux composants verriers	1,30
	Trois composants verriers	1,50
	Quatre composants verriers et plus	1,60
Vitrage feuilleté NF EN ISO 12543-3	Deux composants verriers	1,60
	Trois composants verriers et plus	2,00

Type de vitrage	ε3
Vitrage recuit NF EN 572-2	1
Vitrage recuit armé NF EN 572-3	1,2
Vitrage étiré NF EN 572-4	1,1
Vitrage imprimé NF EN 572-5	1,1
Vitrage imprimé armé NF EN 572-6	1,3
Vitrage trempé NF EN 12150 ou NF EN 14179	0,61
Vitrage émaillé trempé NF EN 12150	0,77
Vitrage imprimé trempé NF EN 12150	0,71
Vitrage durci NF EN 1863	0,8
Vitrage borosilicate NF EN 1748-1	1
Vitrage borosilicate trempé NF EN 13024	0,61
Vitrage émaillé durci NF EN 1863	1
Vitrage alcalino-terreux recuit NF EN 1748-1	1
Vitrage alcalino-terreux trempé NF EN 14321	0,61
Vitrocéramique NF EN 1748-2	1
Vitrage trempé chimique NF EN 12337	0,55
Vitrage recuit dépoli acide industriellement	1
Vitrage recuit dépoli par sablage	1,1
Vitrage recuit dépoli par grenaillage	1,4
Vitrage gravé	1,2

H) Vérification de la résistance.

Calcul de e_R :

e_R est l'épaisseur équivalente pour le calcul de résistance.

La résistance d'un vitrage dépend de son épaisseur et de sa nature (recuit, trempé, imprimé, etc…). Dans le cas d'un assemblage associant des composants de nature différente, seule la valeur maximale des coefficients ε_3, MAX (ε_3) est à prendre en compte.

Lorsque l'épaisseur e_R est inférieure à l'épaisseur nominale du composant le plus épais, e_R est pris égal à l'épaisseur de ce seul composant.

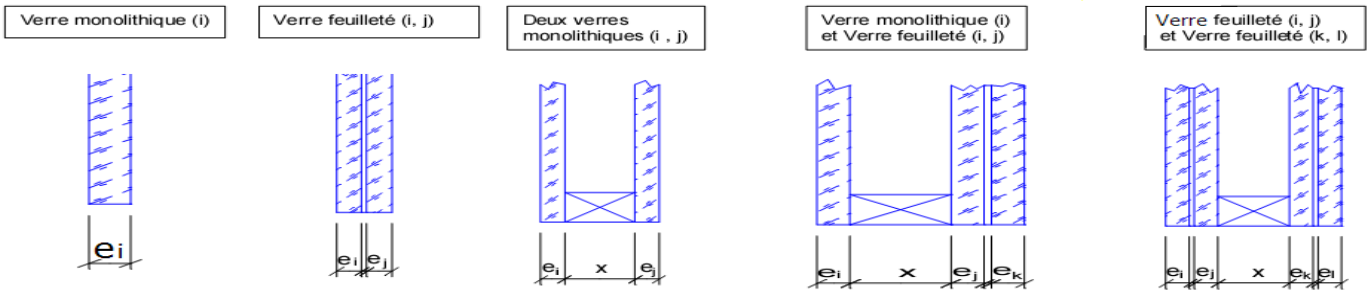
Il faut vérifier que : $e_R \geq e_1 \times c$

Vitrage simple monolithique

$$e_R = \frac{e}{\varepsilon_3}$$

Vitrage simple feuilleté

$$e_R = \frac{e_i + e_j + \ldots + e_n}{0{,}9 \times \varepsilon_2 \times MAX(\varepsilon_3)}$$



Pour un vitrage isolant :

L'épaisseur e_R est égale à la somme des épaisseurs nominales des composants, soit monolithiques, soit feuilletés divisés par ε_2, le tout divisé par le produit du coefficient ε_1 et de MAX(ε_3).

-Calcul de e_R pour un vitrage isolant double avec **deux composants monolithiques** :

$$e_R = \frac{e_i + e_j}{0{,}9 \times \varepsilon 1 \times \mathrm{MAX}(\varepsilon 3)}$$

-Calcul de e_R pour un vitrage isolant double **avec un composant feuilleté** :

$$e_R = \frac{e_i + \frac{e_j + e_k}{0{,}9 \times \varepsilon 2}}{0{,}9 \times \varepsilon 1 \times \mathrm{MAX}(\varepsilon 3)}$$

e_i : épaisseur en mm du vitrage simple monolithiques
e_j et e_k : épaisseur en mm de chaque composant du feuilleté

Exemple (12/xx/88.2)

Soit un double vitrage isolant (ε_1 = 1,6) avec une face en verre sablé (ε_3 = 1,1) de 12 mm et une face en verre feuilleté de sécurité (ε_2 = 1,3) trempé (ε_3 = 0,61) 88.4.

MAX(ε_3) = 1,1 (Vitrage sablé)

$$e_R = \frac{12 + \frac{8+8}{0{,}9 \times 1{,}3}}{0{,}9 \times 1{,}6 \times 1{,}1} = 16{,}2 \text{ mm}$$

-Calcul de e_R pour un vitrage isolant double **avec 2 composants feuilletés** :

$$e_R = \frac{\frac{e_i + e_j}{0{,}9 \times \varepsilon_2} + \frac{e_k + e_l}{0{,}9 \times \varepsilon_2}}{0{,}9 \times \varepsilon_1 \times \mathrm{MAX}(\varepsilon_3)}$$

I) LA FLECHE

$$f = \alpha \times \left(\frac{P}{1{,}5}\right) \times \frac{b^4}{{e_F}^3}$$

b est :

- Soit le petit côté l dans le cas de vitrages pris en feuillure sur 4 côtés ;
- Soit le bord libre L ou l dans le cas de vitrages pris sur 2 ou 3 côtés.

Critères d'admissibilité :

Dans le cas des vitrages extérieurs en appuis sur leur périphérie, verticaux ou inclinés, la flèche maximale au centre doit être inférieure au 1/60^e du petit côté, et limitée à 30mm.
Les vitrages présentant un bord libre doivent avoir une flèche maximale inférieure aux valeurs suivantes :

— Simple Vitrage : $f \leq 1/100^{e}$ du bord libre, soit $f \leq b \times 10$, limitée à 50 mm ;

— Double Vitrage : $f \leq 1/150^{e}$ du bord libre, soit $f \leq b \times 6{,}67$, limitée à 50 mm.

e_1, e_R, e_F= épaisseur du vitrage en mm
L = plus grand côté en m
l ou b= plus petit côté du vitrage en m

S = surface du vitrage en m²
P = pression de vent en Pa

Calcul de e_F

e_F est l'épaisseur équivalente correspondant à la somme des épaisseurs des vitrages monolithiques ou feuilletés, pondérés des coefficients ε_1 et ε_2.
Lorsque l'épaisseur e_F est inférieure à l'épaisseur du composant le plus épais, l'épaisseur e_F peut être prise égale à ce seul composant.

Vitrage simple monolithique

$$e_F = e$$

Vitrage simple feuilleté

$$e_F = \frac{e_i + e_j + \ldots}{\varepsilon_2}$$

Pour un vitrage isolant

Calcul de e_F pour un vitrage isolant double avec deux composants monolithiques :

$$e_F = \frac{e_i + e_j}{\varepsilon_1}$$

Calcul de e_F pour un vitrage isolant double avec un composant feuilleté :

$$e_F = \frac{e_i + \dfrac{e_j + e_k}{\varepsilon_2}}{\varepsilon_1}$$

Calcul de e_F pour un vitrage isolant double avec deux composants feuilletés :

$$e_F = \frac{\dfrac{e_i + e_j}{\varepsilon_2} + \dfrac{e_k + e_l}{\varepsilon_2}}{\varepsilon_1}$$

Exemple (12/xx/88.2)

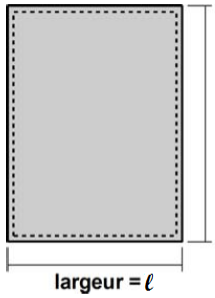
Soit un double vitrage isolant (ε_1 = 1,6) avec une face en verre sablé de 12 mm et une face en verre feuilleté de sécurité (ε_2 = 1,3) trempé 88.4.

$$e_F = \frac{12 + \dfrac{8+8}{1{,}3}}{1{,}6} = 15{,}2 \text{ mm}$$

Coefficient α :

Le coefficient a prend en compte le module d'élasticité du verre
E = 70 GPa

Vitrage en appui sur 4 côtés



Valeurs du coefficient α	
rapport largeur/Longueur (ℓ / L)	α
1	0,6571
0,9	0,8000
0,8	0,9714
0,7	1,1857
0,6	1,4143
0,5	1,6429
0,4	1,8714
0,3	2,1000
0,2	2,1000
0,1	2,1143
< 0,1	2,1143