

VERIFICATION DE L'ÉPAISSEUR D'UN VITRAGE VERTICAL AU VENT

Nom :
Classe:
Date:

1) Généralités:

Les vitrages sont soumis aux **intempéries**, tout comme le reste d'un bâtiment. Cependant le vitrage y est plus sensible de part sont mode fixation à celui-ci. Il convient donc d'appliquer certaines règles pour déterminer l'épaisseur d'un vitrage. Il importe donc de se référer au DTU 39P4 de 2012.

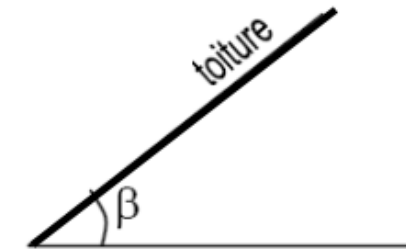
La détermination de l'épaisseur du vitrage dépend :

- des charges climatiques : **vent**... et **neige**...
- des **dimensions**, des caractéristiques du vitrage, de la **façon** dont il est mis en œuvre.

2) Position du vitrage:

Le vitrage concerné peut se trouver dans deux positions:

- soit il **vertical**.
- soit il est en **toiture** avec un certaine inclinaison.



On distingue deux démarches de calcul :

Si $\beta > 60^\circ$: calcul en vitrage vertical soumis à l'action du vent.

Si $\beta \leq 60^\circ$: calcul en vitrage en toiture soumis à l'action la plus défavorable.

- du vent.
- de la neige augmentée du poids propre.

3) Les vitrages verticaux:

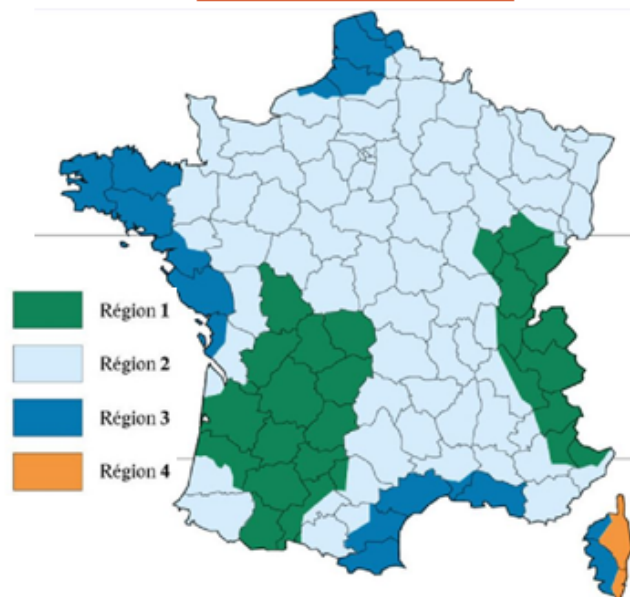
***Exposition du vitrage :**

Les éléments à prendre en compte sont (voir Dtu 39P4 version 2012):

- la **région**... où se situe la construction (voir carte des régions de vent)
- la **catégorie** de terrain de la construction : il en existe 5.
- la **hauteur** au dessus du sol : hauteur du bâtiment (quelle que soit l'étage de menuiserie étudiée , voir tableau des pressions de vent).

La pression du vent est nommée P1 et est fonction de l'exposition du vitrage.

Les régions



**Pour
déterminer la
pression du vent
il faut connaître
(voir le cours sur
l'AEV)**

Les catégories de terrain

Catégorie: **0**

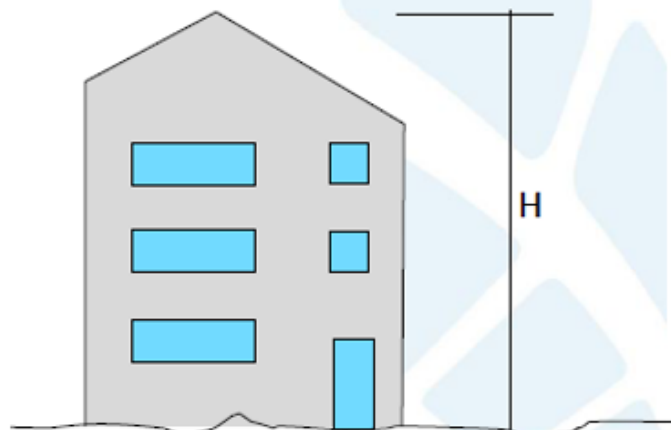
Catégorie : **II**

Catégorie : **IIIa**

Catégorie : **IIIb**

Catégorie : **IV**

La hauteur du bâtiment par rapport au sol







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

La pression du vent à considérer dans le cas de bâtiments de plus de 100m de hauteur doit être précisée dans le DPM (documents particuliers du marché de travaux).

- Le facteur de réduction C pour les vitrages à moins de 6m du sol est $C=0,9$
- Pour tous les autres vitrages, il est de $C=1$

Tableau des pressions de vent P1

	Catégorie de Terrain	Hauteur du bâtiment				
		$H \leq 9$ m	$9 < H \leq 18$ m	$18 < H \leq 28$ m	$28 < H \leq 50$ m	$50 < H \leq 100$ m
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

Facteur d'équivalence ϵ_1

Type de vitrage	Norme	Composition	ϵ_1
Vitrage isolant	NF EN 1279	Comportant deux produits verriers	1,60
		Comportant trois produits verriers	2,00

Facteur d'équivalence ϵ_2

Type de vitrage	Norme	Composition	ϵ_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



Facteur d'équivalence ϵ_3

Type de vitrage	ϵ_3
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 émaillé durci NF EN 1863	1
Vitrage alcalino-terreux recuit NF EN 1748-1-1	1
Vitrage alcalino-terreux trempé NF EN 14321	0,61
Vitrocéramique NF EN 1748-2-1	1
Vitrage trempé chimique NF EN 12337	0,55
Vitrage dépoli acide industriellement	1
Vitrage dépoli par sablage	1,1
Vitrage dépoli par grenailage	1,4
Vitrage gravé	1,2



EXEMPLE

Construction à Dax centre, hauteur du bâtiment 17m(département 40).
On trouve dans le Cctp un double vitrage de 4/16/4 monolithique.

Région : 2

Catégorie de terrain : IIIb

Hauteur au dessus du sol: De 9 à 18 m

$P1 =$ 1400 Pa

Dans le cas de vitrage situé à l'intérieur de locaux (cloisons intérieures par exemple), on retiendra une pression conventionnelle de 600Pa.

Calcul de l'épaisseur :

Le choix des relations dépend (voir feuilles 8 à 15):

- du nombre de côtés pris en feuillure.
- du rapport L/l. (grand côté L / petit côté l)
- de la dimension du bord libre.

EXEMPLE (suite)

Le châssis est mobile, le vitrage est pris sur 4 cotés, sa hauteur est 1175mm et sa largeur de 1600mm.

$$P1 = \dots 1400 \text{ Pa}$$

$$S = \dots 1,175 \dots \times \dots 1,6 \dots = \dots 1,88 \dots \text{ m}^2$$

Région : **2**

Catégorie de terrain : **IIIB**

Hauteur au dessus du sol: **de 9 à 18m**

Nous devons toujours vérifier que : $e_R \geq e_1 \times C$

L : grande dimension du vitrage en m.

l : petite dimension du vitrage en m.

S : surface du vitrage en m².

P : pression du vent en Pa.

e₁ : épaisseur du verre en mm.

e_R : épaisseur équivalente du verre.

Calcul de L/l = $\dots 1,6/1,175 \dots = 1,361$ L/l est **inférieur** à 2,5, donc la formule employée sera : (voir les pages 8 à 15 pour les formules et les exemples)

$$e_1 = \sqrt{\frac{S \cdot P}{100}} = \sqrt{\frac{1,88 \times 1400}{100}} = \sqrt{\frac{2632}{100}} = \sqrt{26,32} = \dots 5,13 \dots \text{ mm}$$

Facteurs d'équivalence : $\epsilon_1 = 1,6$

$$\text{On doit avoir: } e_R = \frac{4 + 4}{0,9 \times 1,6 \times 1} \geq 5,55 \times 1 \Rightarrow 5,92 \geq 5,55$$

Donc la préconisation du vitrage isolant du Cctp **convient** pour cette construction.

■ 7.2 Épaisseur des vitrages

- *Vitrages pris en feuillure sur 4 côtés*

Vitrage dont le rapport $L/l \leq 2,5$

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

Vitrage dont le rapport $L/l > 2,5$

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



e_1 = épaisseur en mm

P = pression en Pa

S = Surface du vitrage en m^2

L = longueur du vitrage en m

l = largeur du vitrage en m

■ 7.2 Épaisseur des vitrages

- *Vitrages pris en feuillure sur 3 côtés*

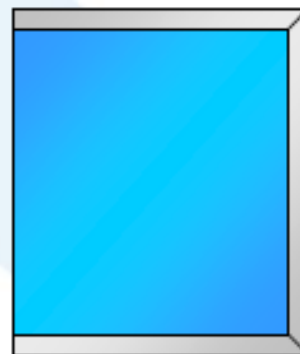
Si le bord libre est le plus grand côté L :

$$\text{Si } L/\ell \leq 7,5 \quad e_1 = \sqrt{\frac{3 \times S \times P}{100}}$$

$$\text{Si } L/\ell > 7,5 \quad e_1 = \frac{3 \times l \times \sqrt{P}}{6,3}$$

Si le bord libre est le plus petit côté :

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



e_1 = épaisseur en mm

P = pression en Pa

S = Surface du vitrage en m^2

L = longueur du vitrage en m

ℓ = largeur du vitrage en m

■ 7.2 Épaisseur des vitrages

- *Vitrages pris en feuillure sur 2 côtés opposés*



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

e_1 = épaisseur en mm

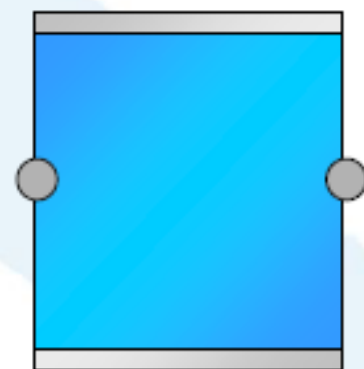
P = pression en Pa

S = Surface du vitrage en m^2

b = longueur bord libre en m

■ 7.2 Épaisseur des vitrages

- *Vitrages pris en feuillure sur 2 côtés opposés avec 1 maintien ponctuel sur les bords verticaux libres*



$$e_1 = \frac{b \times \sqrt{P}}{6,3} \times 0,625$$

e_1 = épaisseur en mm

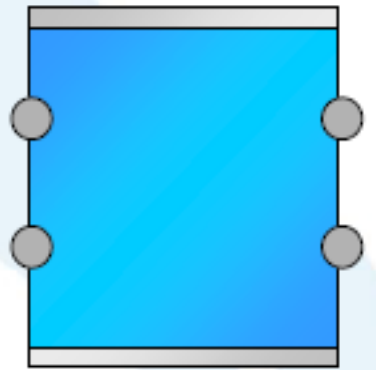
P = pression en Pa

S = Surface du vitrage en m^2

b = longueur bord libre en m

■ 7.2 Épaisseur des vitrages

- *Vitrages pris en feuillure sur 2 côtés opposés avec 2 maintiens ponctuels sur les bords verticaux libres*



$$e_1 = \frac{b \times \sqrt{P}}{6,3} \times 0,588$$

e_1 = épaisseur en mm

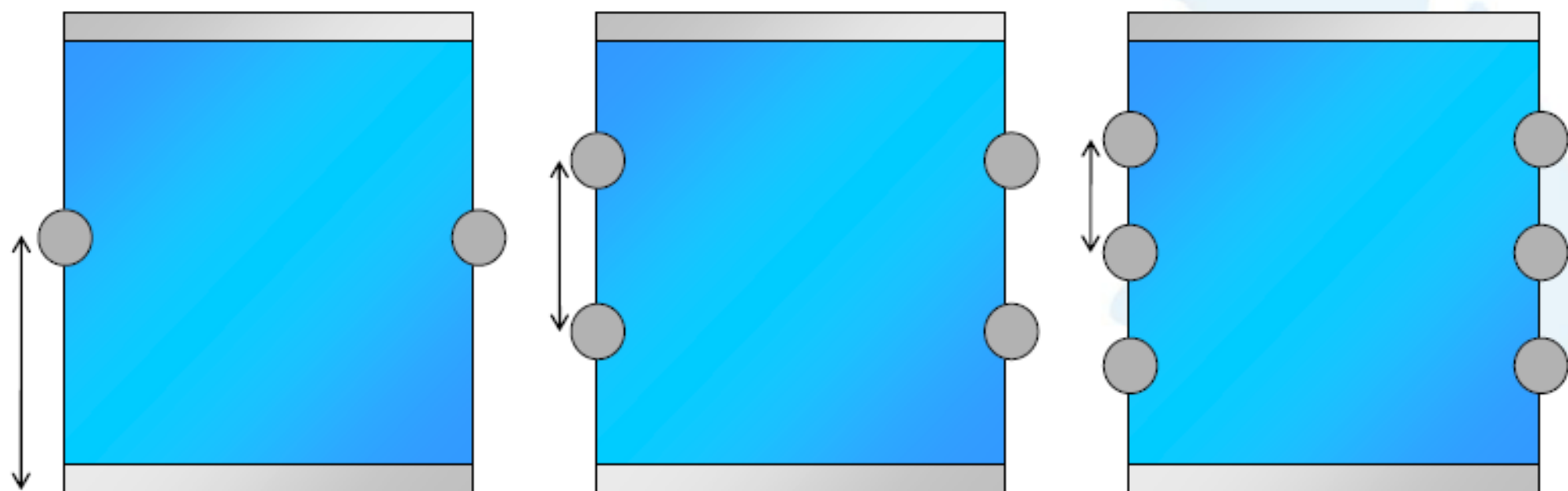
P = pression en Pa

S = Surface du vitrage en m^2

b = longueur bord libre en m

■ 7.2 Épaisseur des vitrages

- **Vitrages pris en feuillure sur 2 côtés opposés avec 1 maintien ponctuel ou plus sur les bords verticaux libres**



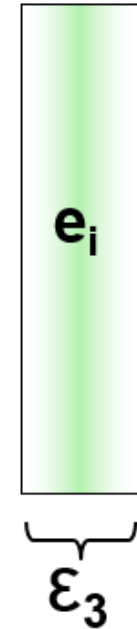
Lorsque les dispositifs ponctuels sont distants entre eux de moins de 300 mm, les vitrages sont calculés comme en appui sur 4 côtés.

Méthodes de calcul

➔ Vérification: simple vitrage

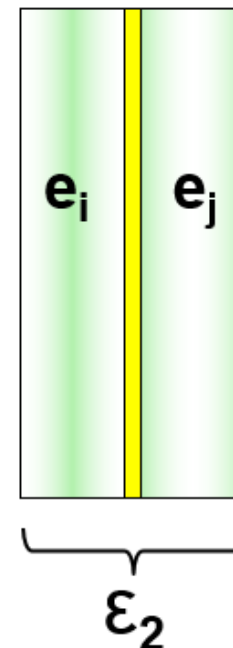
✚ Cas d'un vitrage simple monolithique posé dans un châssis fixe pris en feuillure sur 4 côtés :

$$e_R = e_i \geq e_1 \times \varepsilon_3 \times C$$



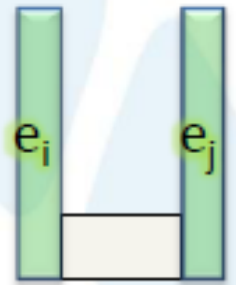
✚ Cas d'un vitrage simple feuilleté posé dans un châssis fixe pris en feuillure sur 4 côtés :

$$e_R = e_i + e_j \geq e_1 \times \varepsilon_2 \times C$$



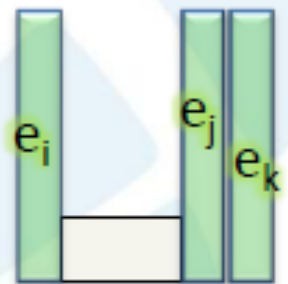
Vitrage Isolant double avec deux composants monolithiques :

$$e_R = \frac{e_i + e_j}{0,9 \times \varepsilon_1 \times \text{MAX}(\varepsilon_3)}$$



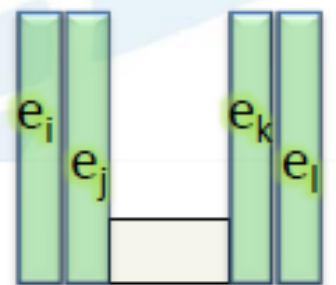
Vitrage Isolant double avec un composant feuilleté :

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



Vitrage Isolant double avec deux composants feuilletés :

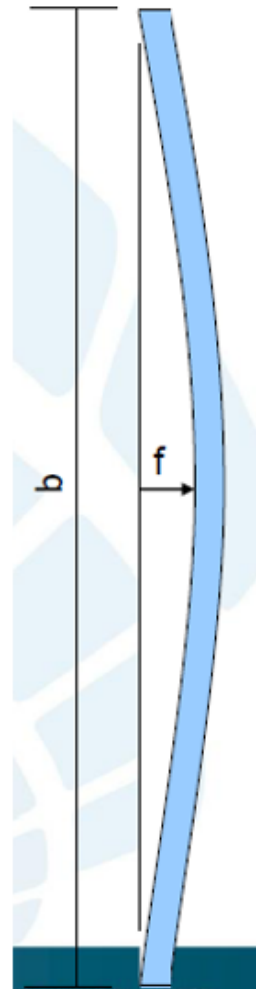
$$e_R = \frac{\frac{e_i + e_j}{0,9 \times \varepsilon_2} + \frac{e_k + e_l}{0,9 \times \varepsilon_2}}{0,9 \times \varepsilon_1 \times \text{MAX}(\varepsilon_3)}$$



Méthodes de calcul

➔ Vérification de la flèche :

La flèche est la **déformation** maximale autorisée pour un vitrage, au delà le vitrage risque de **casser**.....



$$f = \alpha \times \frac{P}{1,5} \times \frac{b^4}{e_f^3}$$

α = coefficient de déformation (Annexe D).

P = Pression de calcul

b = dimension du bord libre ou du plus petit côté

e_f = épaisseur équivalente du vitrage

Attention : $e_f \neq e_R$!

Dans le cas d'un vitrage pris en feuillure haut et bas :

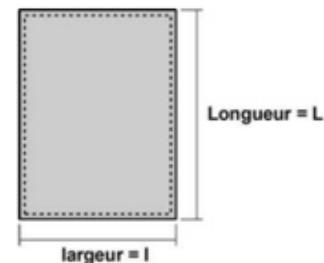
$\alpha = 2,1143$

Dans les autres cas, se reporter à l'Annexe D

Le coefficient α prend en compte le module d'élasticité du verre (E = 70 GPa).

Vitrage en appui sur 4 côtés

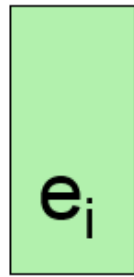
Tableau D.1 — Appui sur 4 côtés



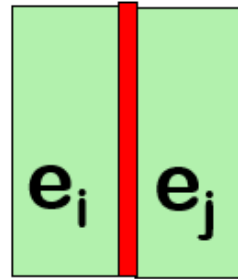
Valeurs du coefficient α	
rapport largeur/Longueur (l / L)	α
1	0,6571
0,9	0,8000
0,8	0,9714
0,7	1,1857
0,6	1,4143
0,5	1,6429
0,4	1,8714
0,3	2,1000
0,2	2,1000
0,1	2,1143
< 0,1	2,1143

Nota : prendre la valeur la plus proche de α

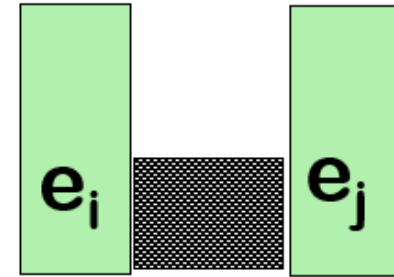
Formules pour calculer e_F



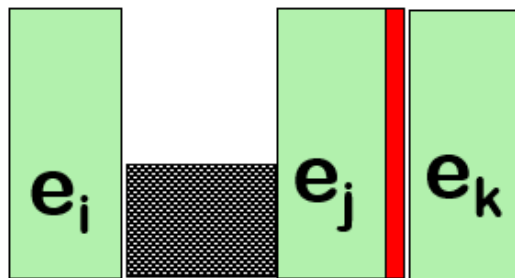
$$e_F = e_i$$



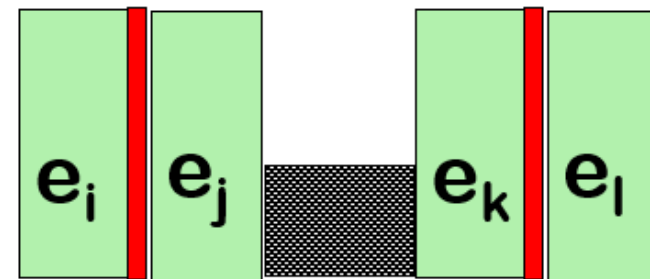
$$e_F = \frac{e_i + e_j}{\varepsilon_2}$$



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



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



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

Vitrages extérieurs pris en feuillure

4 côtés* :

$f \leq 1/60^e$ du petit côté, limité à 30 mm

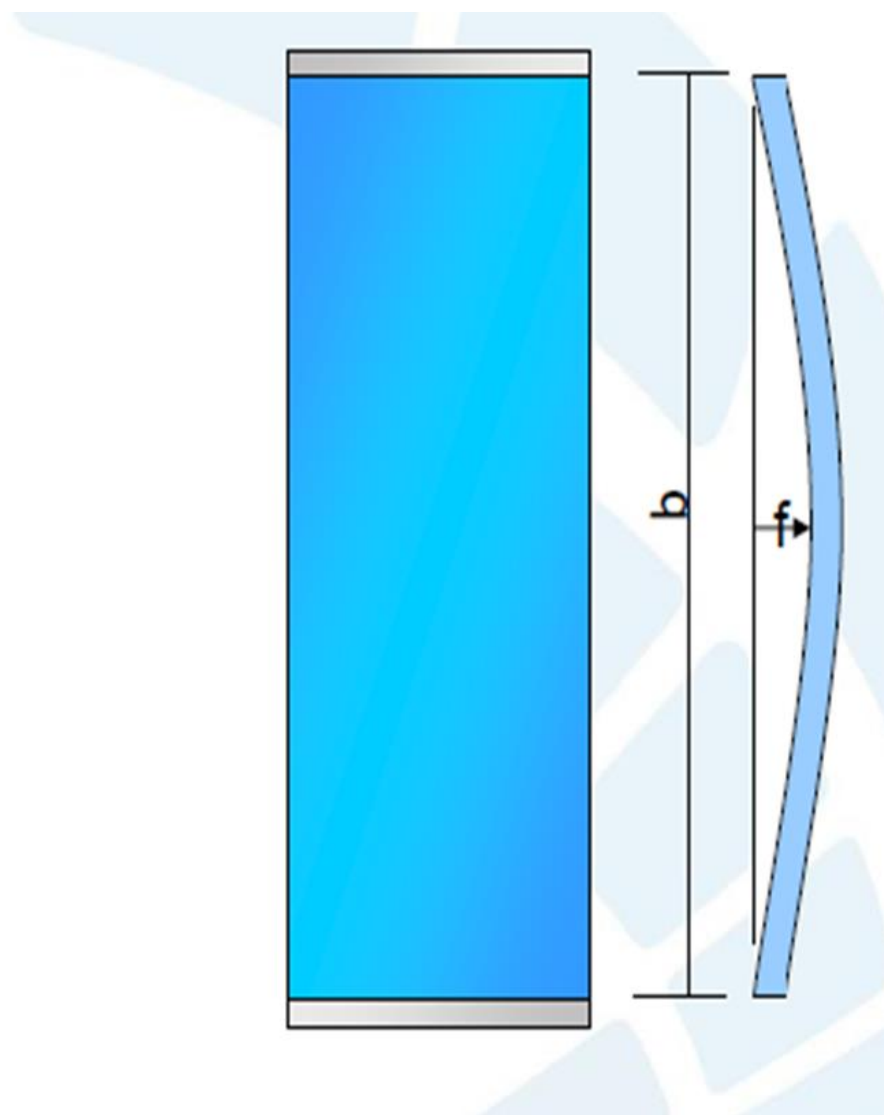
Vitrage présentant un bord libre :

Simple Vitrage :

$f \leq 1/100^e$ du bord libre, limité à 50 mm

Double Vitrage :

$f \leq 1/150^e$ du bord libre, limité à 50 mm



EXEMPLE

Reprenons notre construction à Dax centre (page 6), hauteur du bâtiment 17m(département 40).

On trouve dans le Cctp un double vitrage de 4/16/4 monolithique pris en feuillure sur les 4 cotés.

Choix de la formule de calcul de E_F : $e_F = \frac{4 + 4}{1,6} = 5$

Rapport $l / L = 1,175/1,6 = 0,734$

$$f = 1,1857 \times \frac{1400}{1,5} \times \frac{1,175^4}{5^3} = 16,82$$

Sur un vitrage pris sur 4 cotés, la flèche admissible est de $1/60^e$ du petit côté, limité à 30mm soit :

$$\frac{1175}{60} = 19,58$$

Nous devons vérifier que $f \leq 1/60^e$ du petit côté, limité à 30 mm soit :

$$16,82 \leq 19,58$$

La condition de flèche est respectée, donc le vitrage est conforme au DTU :