

Hôtel de Région Alsace

Thème de l'étude :
RESTRUCTURATION, EXTENSION ET MISE
EN CONFORMITE D'UN GROUPE SCOLAIRE



Bâtiment : Métal, Aluminium, Verre et Matériaux de Synthèse
Session 2007

DOSSIER TECHNIQUE : DT

SOMMAIRE

Brise-soleil orientable	DT 1 à 6 / 26
Vérification de la flèche d'une traverse d'un mur rideau (exemple de calcul)	DT 7 / 26
Extrait du DTU 39 Charge de neige et poids propre du vitrage	DT 8 / 26
Extrait du DTU 36.1/37.1 FD P20-201 (AEV)	DT 9 / 26
Extrait du DTU P06-002 (règles NV 65) Pression de service	DT 10 / 26
Exemple d'une étude mécanique sur façade mur-rideau	DT 11 / 30
Extrait du DTU 39 (Calcul de l'épaisseur des vitrages rectangulaires)	DT 12 / 26
Documentation technique d'un système de mur rideau	DT 13 à 16 / 26
Tableau chevilles et vis	DT 17 à 18 / 26
Règles de mise en œuvre des menuiseries métalliques (Fixations, Mode de calfeutrement)	DT 19 / 26
Processus de fabrication d'une porte (Technal)	DT 20 à 22 / 26
Les performances d'étanchéité, Abaques d'utilisation des ferrures	DT 23 / 26
Règles de mis en œuvre de produits verriers	DT 24 à 25/ 26
Consommation produit de calfeutrement	DT 26 / 26

BRISE-SOLEIL ORIENTABLE

Principe

Adaptation d'un brise-soleil orientable de type ARS 80 de la société Griesser Hüppe sur la façade Géode.

La façade géode à étanchéité arrière assurée par des joints cadres vulcanisés et une injection de produit d'étanchéité dans les pièces de raccordement entre traverses et montants.

Maintien des volumes de remplissage par des serreurs ponctuels.

Possibilité de façade fixes, ouvrantes (oscillo-battant) à la française ou à soufflet.

La façade géode-mécano est un système sous avis technique et faisant l'objet de brevets. La dimension maxi de la trame : Hauteur 2m x largeur 2m.

Sortie standard de l'alimentation électrique à gauche vue de l'extérieur.

Caisson

Caisson en tôle aluminium pliée de 20/10 de 140 x 235 de la même teinte que la façade

Partie haute du coffre dans l'alignement du haut de capot de la traverse

Fixation du caisson par l'intermédiaire de goussets

Guides - coulisse

Support de guide de coulisse recevant les coulisses standard de la société Griesser Hüppe

Fixations de coulisses dans le support guide par l'intermédiaire de vis, réglage assuré par un trou oblong en partie haute et simple trou en partie basse

Dimension 52 x 52mm

Joint cache vis côté intérieur.

Pièce d'accroche

Pattes d'accroches spécifiques en aluminium

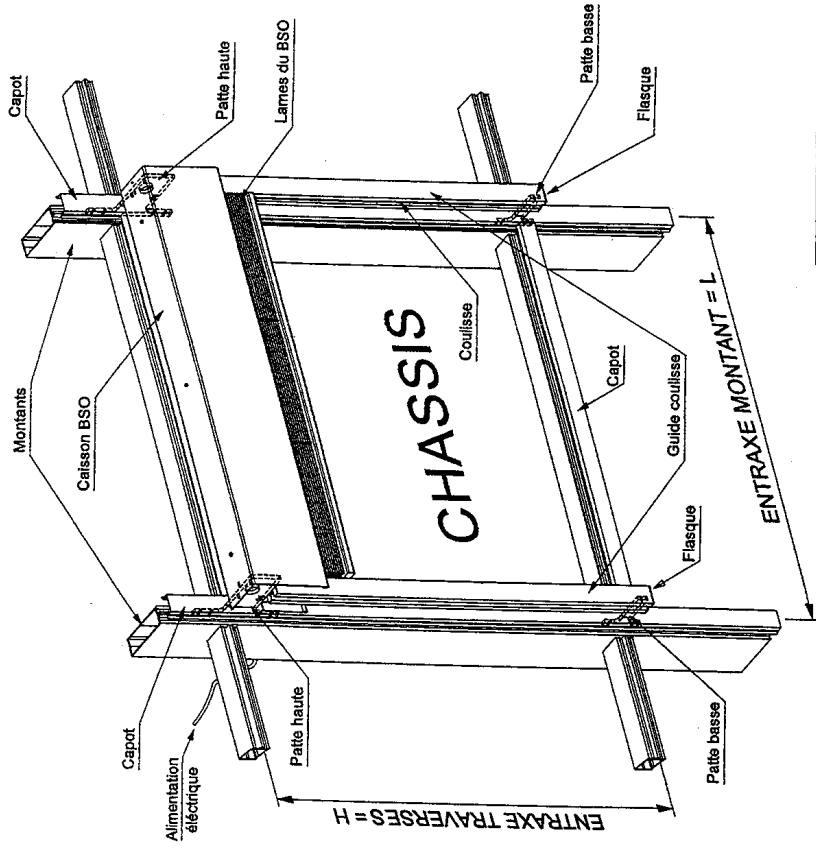
Pattes d'accroches fixées dans la rainure du profil montant de la façade

Usinage pour passage des pattes dans le capot

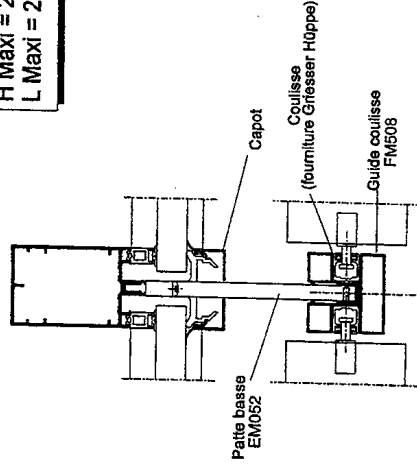
Usinage pour le passage du câble d'alimentation du BSO dans le capot et sur le montant de la façade

Brise-soleil orientable

Se référer à la documentation du produit ARS 80 de la société Griesser Hüppe

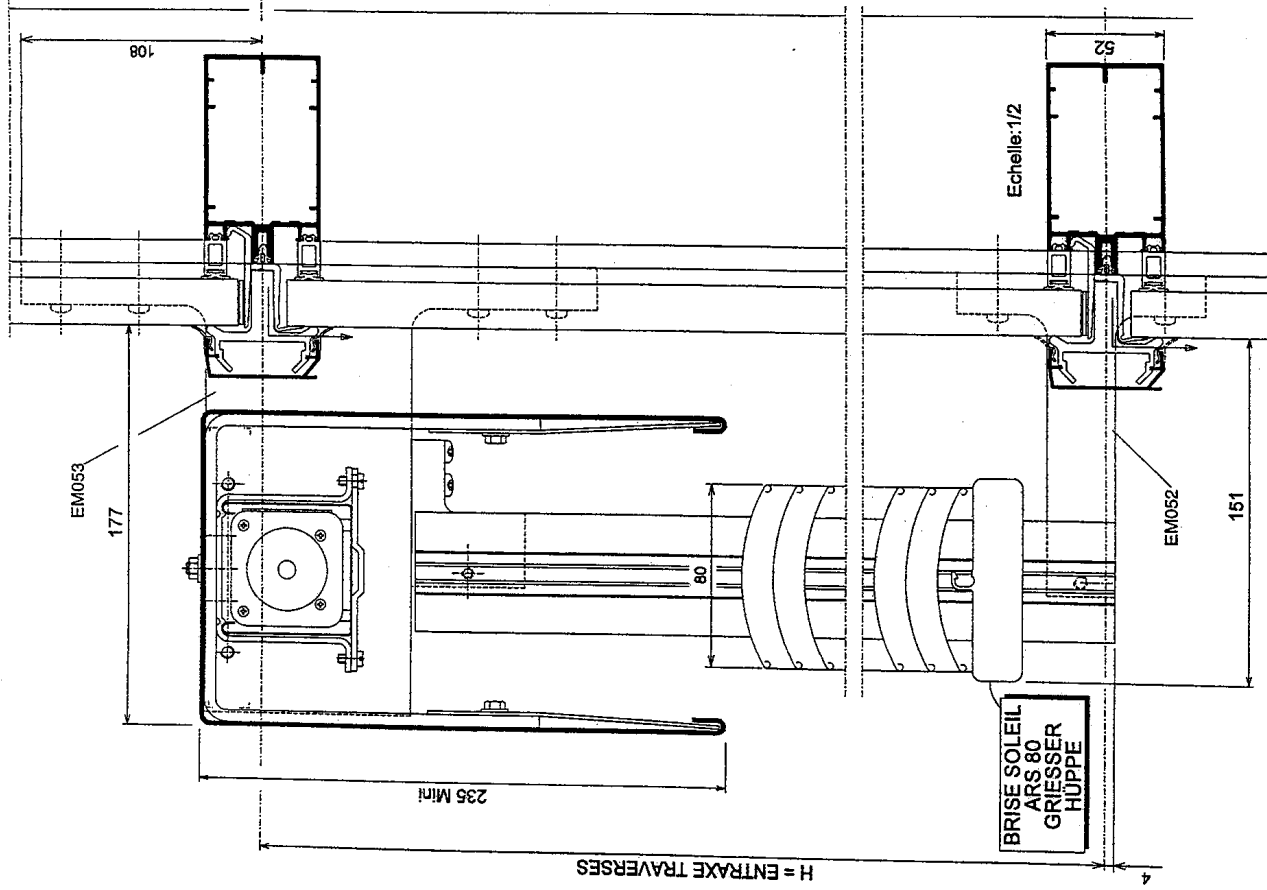


H Maxi = 2 mètres
L Maxi = 2 mètres



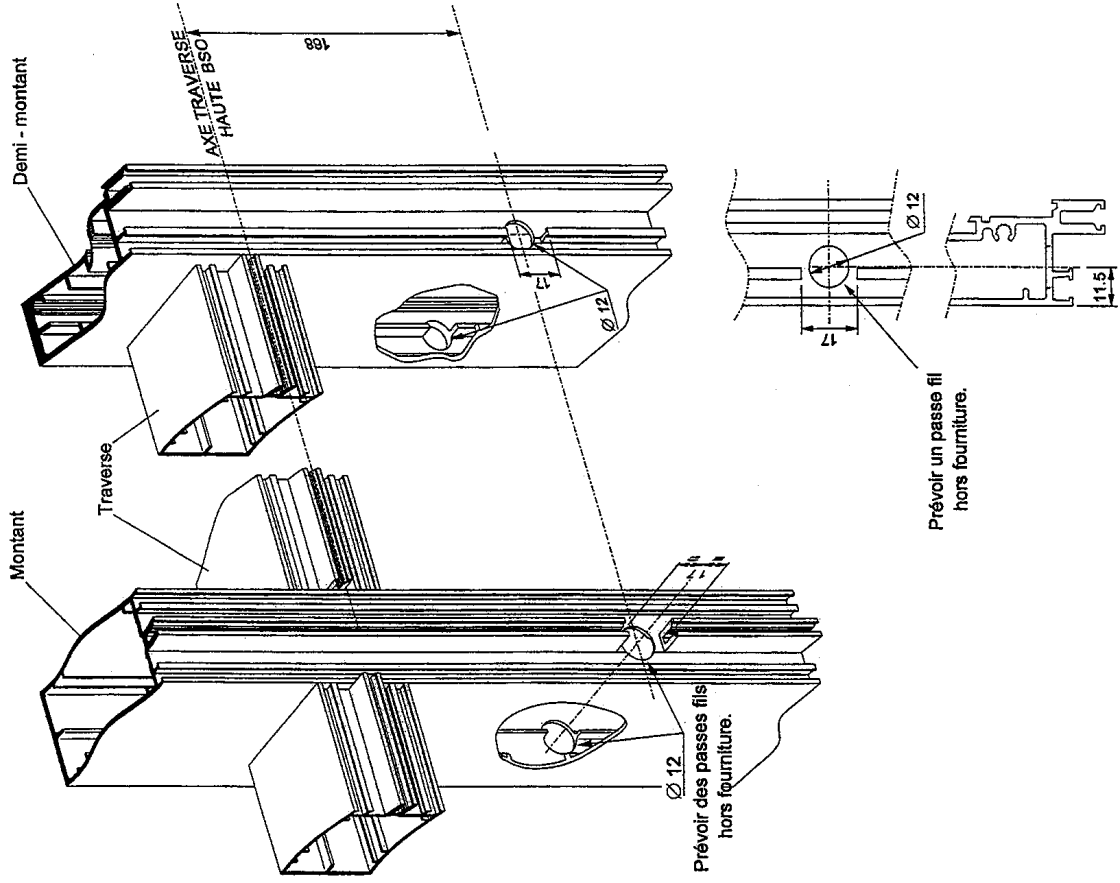
Echelle: 1/3

COUPE VERTICALE SUR FIXE

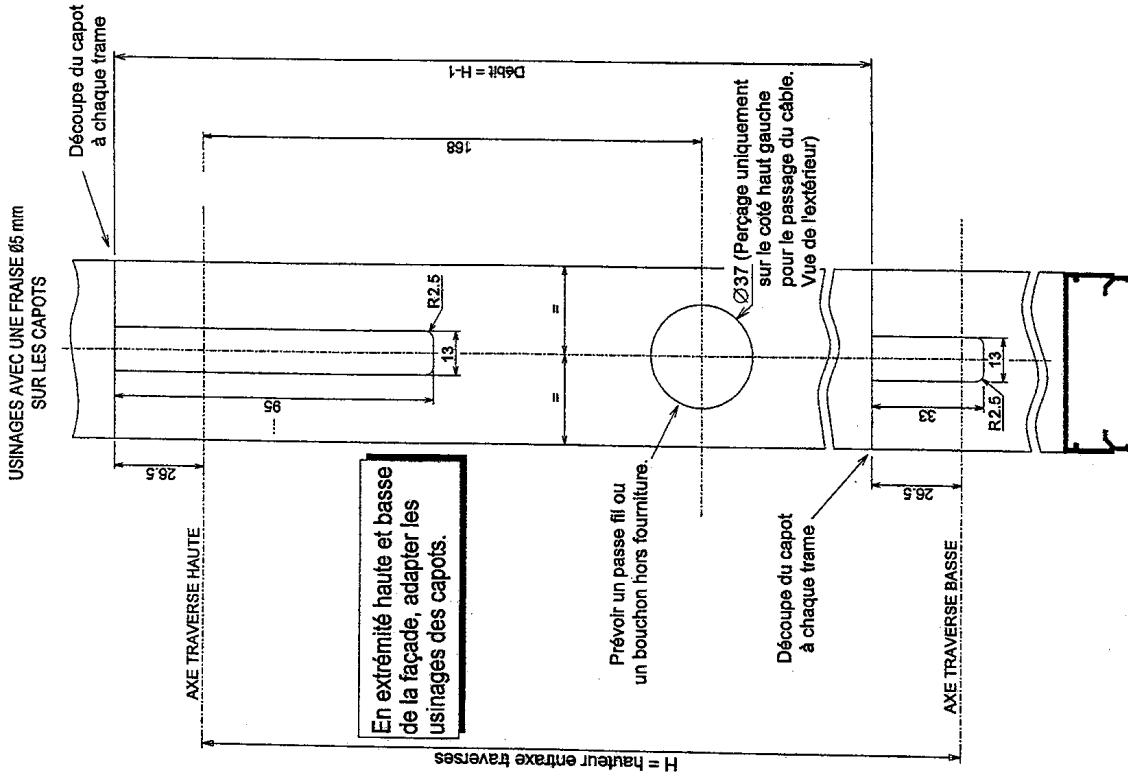


USINAGE DU PASSAGE CABLE ELECTRIQUE
COTE GAUCHE VUE DE L'EXTERIEUR

OPERATIONS EN ATELIER

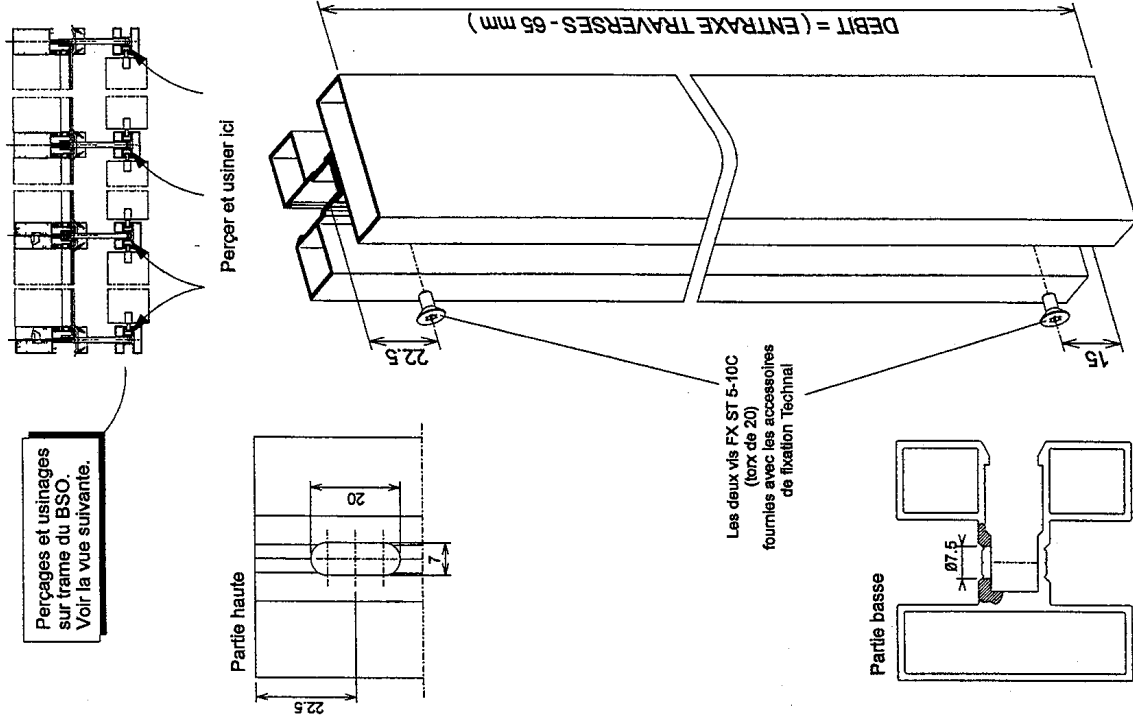


OPERATIONS EN ATELIER

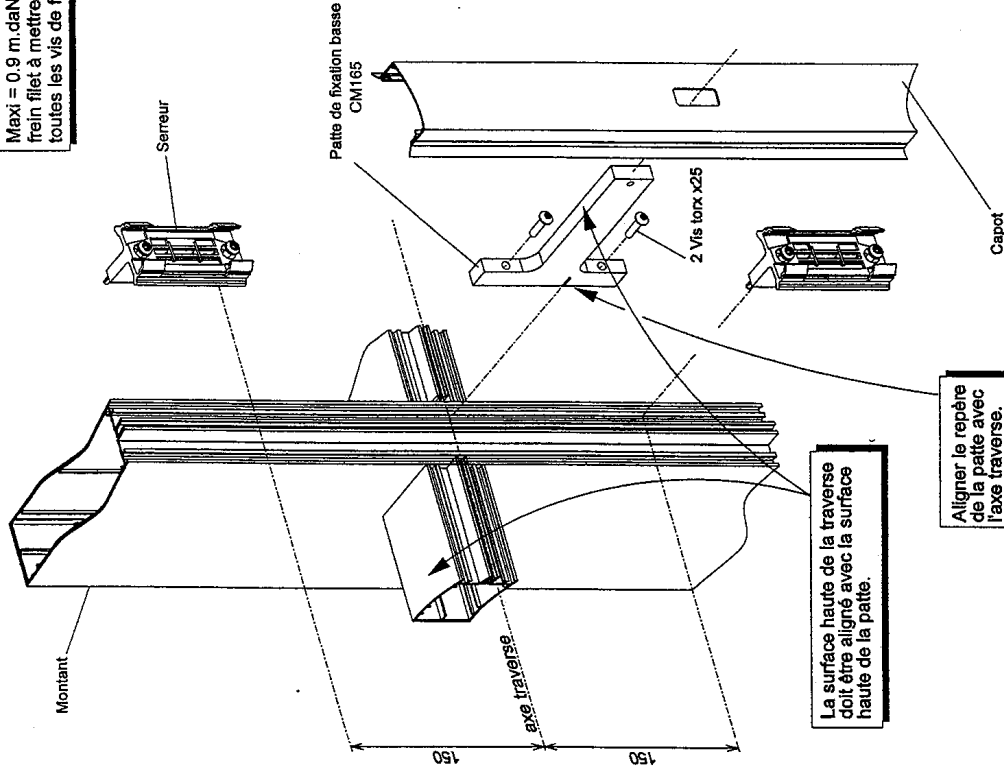


OPERATIONS EN ATELIER

Perçages et usinages sur trame du BSO. Voir la vue suivante.



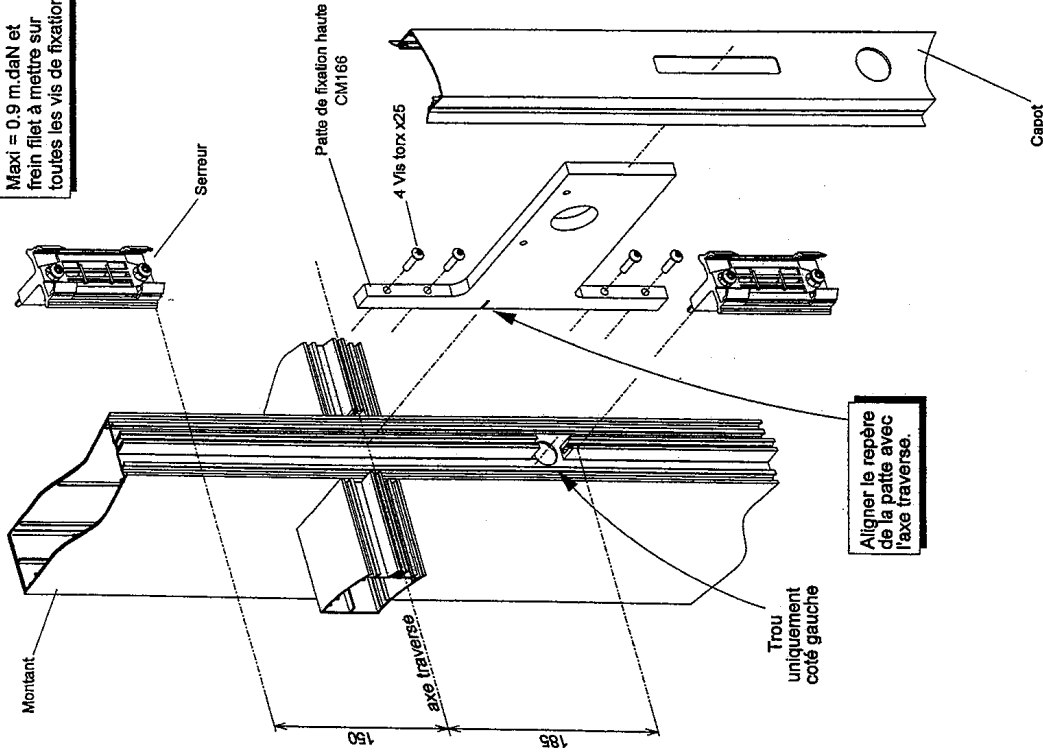
Couple de serrage
 Mini = 0.6 m.daN
 Maxi = 0.9 m.daN et
 frein fileté à mettre sur
 toutes les vis de fixation.



La surface haute de la traverse
 doit être alignée avec la surface
 haute de la patte.

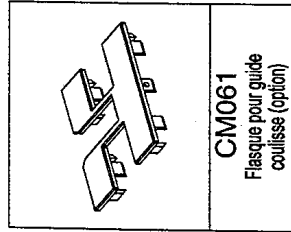
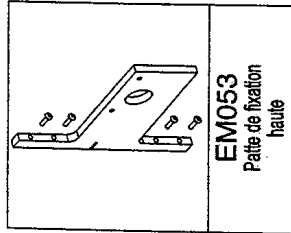
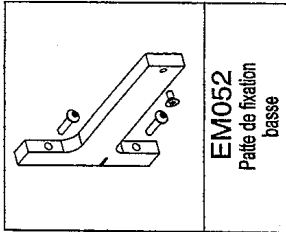
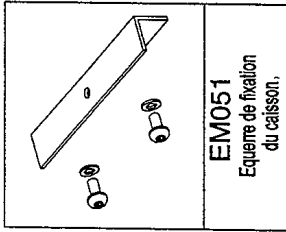
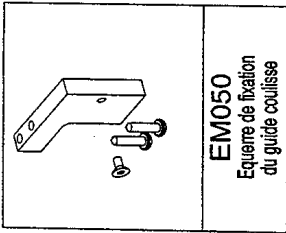
Aligner le repère
 de la patte avec
 l'axe traverse.

Couple de serrage
 Mini = 0.6 m.daN
 Maxi = 0.9 m.daN et
 frein fileté à mettre sur
 toutes les vis de fixation.



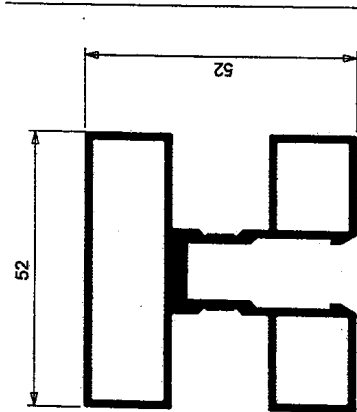
Aligner le repère
 de la patte avec
 l'axe traverse.

Trou
 uniquement
 coté gauche

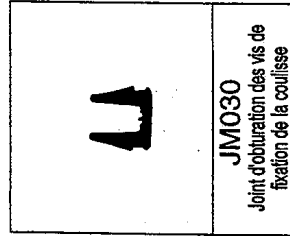


REFERENCES	EM050	EM051	EM052	EM053	CM061	JM030	FM508
CAS DE POSE A1, B1, C1, D1	2	2	2	2	2	2 H. LINEAIRES DEBIT SUIVANT HAUTEUR TRAME	2 H. DEBIT SUIVANT HAUTEUR TRAME
CAS DE POSE A2, B2, C2, D2	3	4	3	3	3	3 H. LINEAIRES DEBIT SUIVANT HAUTEUR TRAME	3 H. DEBIT SUIVANT HAUTEUR TRAME
CAS DE POSE A3, B3, C3, D3	4	6	4	4	4	4 H. LINEAIRES DEBIT SUIVANT HAUTEUR TRAME	4 H. DEBIT SUIVANT HAUTEUR TRAME

PROFILE

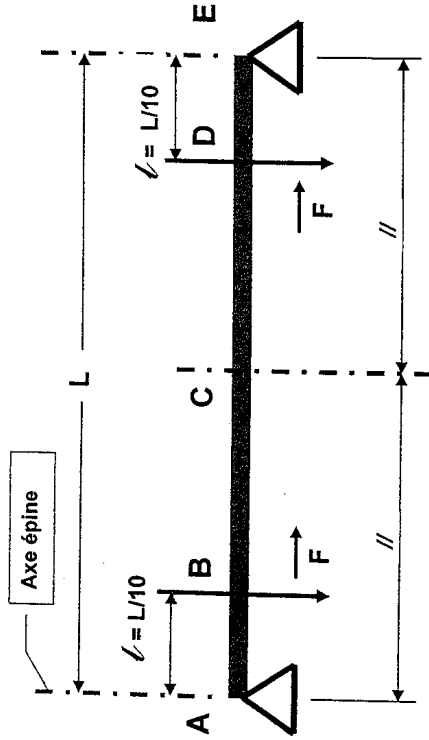


PROFILE D'ETANCHEITE



Vérification de la flèche d'une traverse (poids du vitrage) d'un mur rideau.

Schéma mécanique de la traverse.



EXEMPLE DE CALCUL

ENTRE AXE DES MONTANTS (EPINES)	1350 mm
DIMENSIONS DU VITRAGE	1,334 x 0,658 m
SURFACE DU VITRAGE	0,877 m ²
POIDS DU VITRAGE	27,65 daN
INTENSITE DE LA FORCE (27,65 / 2)	13,82daN = 138,2 N
LONGUEUR A B (l) 1350 mm / 10 = 135 mm	13,5cm
FLECHE ADMISSIBLE (dans ce cas 1/150 ^{ème} de L)	0,9 cm
INERTIE	18,51 cm ⁴
$f_c = \frac{138,2 \times 13,5}{24 \times 7 \cdot 10^6 \times 18,51} = \frac{3 \times 135^2 - 4 \times 13,5^2}{24 \times 7 \cdot 10^6 \times 18,51}$	
LA FLECHE ADMISSIBLE AU POINT C EST DE	0,0323 cm
0,0323 est inférieur à 0,9 donc le choix est proposé à la validation	

Formule

$$f_c = \frac{F \cdot l}{24 \cdot E \cdot I} = \frac{3 L^2 - 4 l^2}{24 \cdot E \cdot I}$$

f_c = Flèche au point C

F = Intensité de la force aux points B et D (poids du vitrage exprimé en Newton / 2)

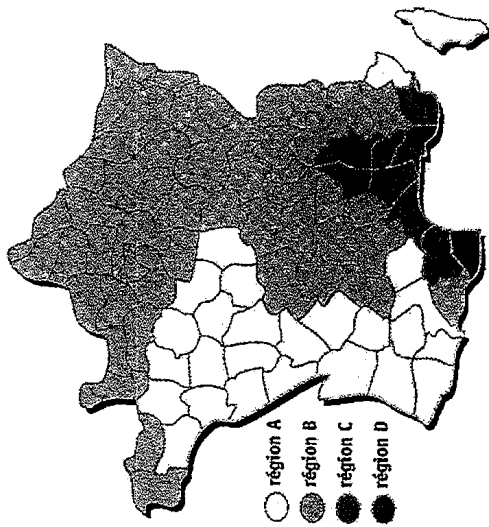
l = L / 10 = position des cales de vitrage

E = Module d'élasticité (pour l'aluminium E= 7.10⁶ N/cm

I = Moment quadratique ou moment d'inertie en cm⁴

DTU 39 CHARGE DE NEIGE ET POIDS PROPRE DU VITRAGE

La charge de neige dépend de la région en rapport avec son enneigement. On distingue 4 régions :



Les charges caractéristiques au sol S_0 min pour une altitude ≤ 200 m sont données en fonction de la région :

- région A = 450 Pa
- région B = 550 Pa
- région C = 650 Pa
- région D = 900 Pa

Au-delà de 200 m, les surcharges augmentent jusqu'à 2 000 m et ont pour valeur :

- 200 m < h \leq 500 m $S_0 = (S_0 \text{ min} + 1,5 h) - 300$
- 500 m < h \leq 1 000 m $S_0 = (S_0 \text{ min} + 3 h) - 1 050$
- 1 000 m < h \leq 2 000 m $S_0 = (S_0 \text{ min} + 4,5 h) - 2 250$

« h » étant l'altitude exprimée en mètre, et S_0 la surcharge exprimée en pascals.

POIDS PROPRE DU VITRAGE

Il engendre une pression verticale $pp = 24,5 \times e$ (nominale) « e » étant l'épaisseur nominale en mm.

IDENTIFICATION DU COEFFICIENT DE FORME DE LA TOITURE (FACTEUR D'ACCUMULATION)

La charge de neige à prendre en compte par m^2 de vitrage est prise égale à ΨS_0 , expression dans laquelle :

- Ψ est un coefficient tenant compte de la forme de la toiture,
- S_0 est la charge de neige au sol exprimée en Pa.

COEFFICIENT DE FORME DE LA TOITURE (Facteur d'accumulation)

SITUATION DE LA TOITURE	ILLUSTRATION	Ψ
Vitrages de toitures supérieures n'allant pas jusqu'au bord de celles-ci, quelle que soit l'altitude		1,0
Vitrages situés en bord de toiture altitude > 500 m		1,6
Vitrages situés en bord de toiture altitude \leq 500 m Avec possibilité d'accumulation de la neige en bord de toiture (gouttière, chéneau)		1,6
Vitrages situés en bord de toiture altitude \leq 500 m Sans possibilité d'accumulation de la neige en bord de toiture		1,0
Toiture à redants (beta est toujours le plus petit des deux angles)		1,6
Toitures courbes		1,6
Verrières inférieures sur pignon		1,6
Verrières susceptibles de recevoir de la neige d'une toiture supérieure		2,2 1,6

- 3 m \leq h \leq 6 m et $\beta < 30^\circ$
- dans tous les autres cas pour lesquels h \leq 6 m
- si h > 6 m, faire étude particulière

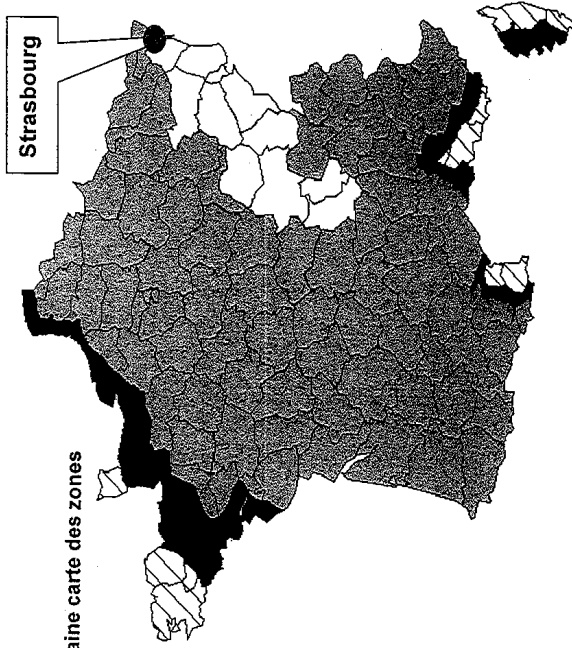
DETERMINATION DE L'ÉPAISSEUR DES VITRAGES EN TOITURE

L'épaisseur du vitrage monolithique plan se détermine à partir de la pression conventionnelle P qui est la plus défavorable des charges P_1 ou P_2 :

Angle d'inclinaison par rapport à l'horizontale	Charge P_1	Charge P_2
$\alpha \leq 60^\circ$	P_v	$1,5 (\Psi \cdot S_0 + pp)$
$\alpha > 60^\circ$	P_v	-

Pour les bâtiments dont la hauteur est comprise entre 28 et 50 m, il sera tenu compte, lors de la détermination de P_1 , du coefficient d'élancement, soit : $P_1 = 1,5 P_v$
 Pour les bâtiments dont la hauteur est comprise entre 50 et 100 m, il sera tenu compte, lors de la détermination de P_1 , du coefficient d'élancement, soit : $P_1 = 2,2 P_v$

France Métropolitaine carte des zones



- Zone 1
- Zone 2
- Zone 3
- Zone 4

Départements appartenant à plusieurs zones : découpage selon les régions

Bas-Rhin	
Zone 2	Bischwiller, Bouxwiller, Drulingen, Haguenau, Lauterbourg, Marmoutier, Niederbronn-les-Bains, La petite-Pierre, Sarre-Union, Saverne, Seltz, Soultz-Sous-Forêts, Wissembourg, Woerth.
Zone 1	Autres cantons

La situation d'environnement de la construction

De ce point de vue, on distingue quatre situations d'environnement de la construction :

- a) à l'intérieur des grands centres urbains (zone urbaine où les bâtiments occupent au moins 15% de la surface et ont une hauteur moyenne supérieure à 15m);
- b) dans les villes petites et moyennes ou à la périphérie des grands centres urbains ; dans les zones industrielles ; dans les zones forestières;
- c) en rase campagne;
- d) en bord de lacs ou plans d'eau pouvant être parcourus par le vent sur une distance d'au moins 5 Km ou en bord de mer, lorsque la construction étudiée est à une distance du rivage inférieure à 20 fois la hauteur de cette construction.

Dans certains cas, en bord de mer, les vents forts viennent de l'intérieur des terres; c'est par exemple le cas général du littoral méditerranéen situé en zone 3 et 4 (hors Corse), dans ce cas, les fenêtres dont la situation correspond à la définition précédente sont considérées comme en situation (c) vis-à-vis des effets du vent.

La hauteur de la fenêtre au-dessus du sol : H

On distingue de ce point de vue les fenêtres dont la partie haute est située à une hauteur H au dessus du sol telle que :

- $H \leq 6$
- $6 < H \leq 18$
- $18 < H \leq 28$
- $28 < H \leq 50$
- $50 < H \leq 100$

Lorsque la construction est située au-dessus d'une dénivellation de pente moyenne supérieure à 1 (angle > 45°), la hauteur au-dessus du sol doit être comptée à partir du pied de la dénivellation, sauf si la construction est située à une distance de celle-ci supérieure à deux fois la hauteur de cette dénivellation.

Classement AEV

Zone	Situation	Hauteur H (m) de la fenêtre au-dessus du sol				
		H ≤ 6	6 < H ≤ 18	18 < H ≤ 28	28 < H ≤ 50	50 < H ≤ 100
1	a	A ₂ E ₄ V _{A2}	A ₂ E ₄ V _{A2}	A ₂ E ₄ V _{A2}	A ₂ E ₄ V _{A2}	A ₂ E ₄ V _{A2}
	b	A ₂ E ₄ V _{A2}	A ₂ E ₄ V _{A2}	A ₂ E ₄ V _{A2}	A ₂ E ₄ V _{A2}	A ₂ E ₄ V _{A2}
	c	A ₂ E ₄ V _{A2}	A ₂ E ₄ V _{A2}	A ₂ E ₄ V _{A2}	A ₂ E ₄ V _{A2}	A ₂ E ₄ V _{A2}
	d	A ₂ E ₄ V _{A2}	A ₂ E ₄ V _{A2}	A ₂ E ₄ V _{A2}	A ₂ E ₄ V _{A2}	A ₂ E ₄ V _{A2}
2	a	A ₂ E ₄ V _{A2}	A ₂ E ₄ V _{A2}	A ₂ E ₄ V _{A2}	A ₂ E ₄ V _{A2}	A ₂ E ₄ V _{A2}
	b	A ₂ E ₄ V _{A2}	A ₂ E ₄ V _{A2}	A ₂ E ₄ V _{A2}	A ₂ E ₄ V _{A2}	A ₂ E ₄ V _{A2}
	c	A ₂ E ₄ V _{A2}	A ₂ E ₄ V _{A2}	A ₂ E ₄ V _{A2}	A ₂ E ₄ V _{A2}	A ₂ E ₄ V _{A2}
	d	A ₂ E ₄ V _{A2}	A ₂ E ₄ V _{A2}	A ₂ E ₄ V _{A2}	A ₂ E ₄ V _{A2}	A ₂ E ₄ V _{A2}
3	a	A ₂ E ₄ V _{A2}	A ₂ E ₄ V _{A2}	A ₂ E ₄ V _{A2}	A ₂ E ₄ V _{A2}	A ₂ E ₄ V _{A2}
	b	A ₂ E ₄ V _{A2}	A ₂ E ₄ V _{A2}	A ₂ E ₄ V _{A2}	A ₂ E ₄ V _{A2}	A ₂ E ₄ V _{A2}
	c	A ₂ E ₄ V _{A2}	A ₂ E ₄ V _{A2}	A ₂ E ₄ V _{A2}	A ₂ E ₄ V _{A2}	A ₂ E ₄ V _{A2}
	d	A ₂ E ₄ V _{A2}	A ₂ E ₄ V _{A2}	A ₂ E ₄ V _{A2}	A ₂ E ₄ V _{A2}	A ₂ E ₄ V _{A2}
4	a	A ₂ E ₄ V _{A2}	A ₂ E ₄ V _{A2}	A ₂ E ₄ V _{A2}	A ₂ E ₄ V _{A2}	A ₂ E ₄ V _{A2}
	b	A ₂ E ₄ V _{A2}	A ₂ E ₄ V _{A2}	A ₂ E ₄ V _{A2}	A ₂ E ₄ V _{A2}	A ₂ E ₄ V _{A2}
	c	A ₂ E ₄ V _{A2}	A ₂ E ₄ V _{A2}	A ₂ E ₄ V _{A2}	A ₂ E ₄ V _{A2}	A ₂ E ₄ V _{A2}
	d	A ₂ E ₄ V _{A2}	A ₂ E ₄ V _{A2}	A ₂ E ₄ V _{A2}	A ₂ E ₄ V _{A2}	A ₂ E ₄ V _{A2}
5	a	A ₂ E ₄ V _{A2}	A ₂ E ₄ V _{A2}	A ₂ E ₄ V _{A2}	A ₂ E ₄ V _{A2}	A ₂ E ₄ V _{A2}
	b	A ₂ E ₄ V _{A2}	A ₂ E ₄ V _{A2}	A ₂ E ₄ V _{A2}	A ₂ E ₄ V _{A2}	A ₂ E ₄ V _{A2}
	c	A ₂ E ₄ V _{A2}	A ₂ E ₄ V _{A2}	A ₂ E ₄ V _{A2}	A ₂ E ₄ V _{A2}	A ₂ E ₄ V _{A2}
	d	A ₂ E ₄ V _{A2}	A ₂ E ₄ V _{A2}	A ₂ E ₄ V _{A2}	A ₂ E ₄ V _{A2}	A ₂ E ₄ V _{A2}

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

Pour les classes de résistance au vent : V

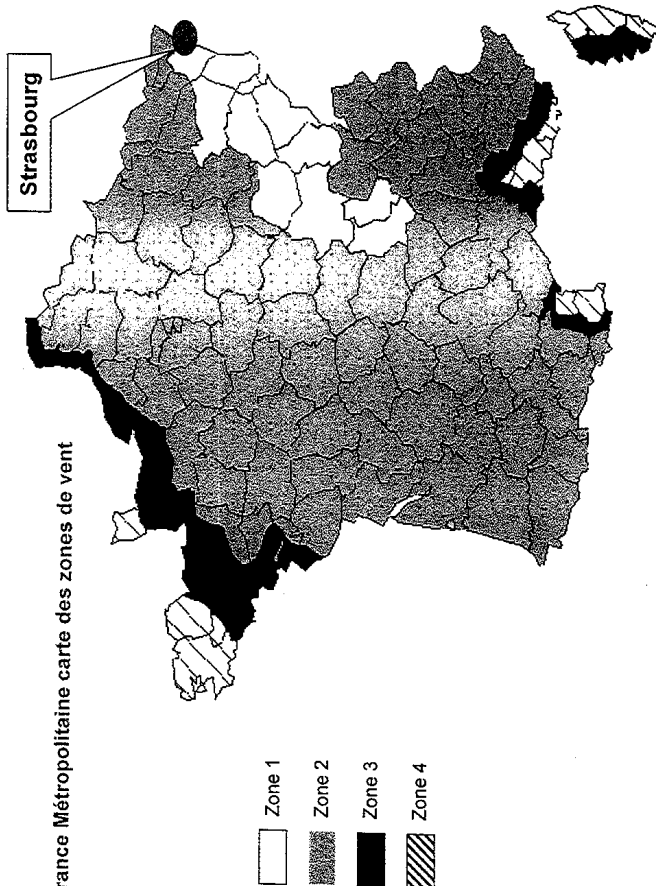
- de façon générale, les classes indiquées sont les classes V_{A2} à V_{A5} avec le critère du 1/150^{ème}
- si le critère est celui du 1/300^{ème} selon l'exigence indiquée en 6.1.2.1.2 ces classes sont les classes V_{C2} à V_{C3} (limite supérieure de rigidité).

Pour les classes d'étanchéité à l'eau : E

- de façon générale, les classes indiquées sont les classes E_{4A} à E_{9A}
- si l'ouvrage est partiellement protégé de la pluie, selon 8.3, les classes indiquées sont les classes E_{4B} à E_{7B} puis E_{6A} à E_{9A}
- si l'ouvrage est totalement protégé de la pluie, selon 8.4, les classes indiquées doivent être modifiées selon le tableau 6.

REGLES NV 65 DEFINISSANT LES EFFETS DE LA NEIGE ET DU VENT

France Métropolitaine carte des zones de vent



Départements appartenant à plusieurs zones : découpage selon les régions

Bas-Rhin	
Zone 2	Bischwiller, Bouxwiller, Drulingen, Haguenau, Lauterbourg, Marmoufier, Niederbronn-les-Bains, La petite-Pierre, Sarre-Union, Saverne, Seltz, Soultz-Sous-Forêts, Wissembourg, Woerth.
Zone 1	Autres cantons

PRESSIONS DYNAMIQUES DE BASE (q₁₀)

La pression dynamique de base c'est la pression qui s'exerce à une hauteur de 10m au-dessus du sol pour un site normal, sans effet de masque sur un élément dont la plus grande dimension est égale à 0,50m. Les pressions varient avec les zones et à une altitude inférieure ou égale à 1000m, elles sont données par le tableau ci-dessous.

	Pression dynamique de base normale	Pression dynamique de base extrême
Zone 1	50 daN/m ² soit 500 Pascal	87,5 daN/m ² soit 875 Pascal
Zone 2	60 daN/m ² soit 600 Pascal	105,0 daN/m ² soit 1050 Pascal
Zone 3	75 daN/m ² soit 750 Pascal	131,0 daN/m ² soit 1310 Pascal
Zone 4	90 daN/m ² soit 900 Pascal	157,5 daN/m ² soit 1575 Pascal
Zone 5	120 daN/m ² soit 1200 Pascal	210,0 daN/m ² soit 2100 Pascal

MODIFICATION DES PRESSIONS DYNAMIQUES DE BASE

Effet de la hauteur au-dessus du sol

La hauteur H est comptée à partir du sol environnant supposé sensiblement horizontal dans un grand périmètre en plaine autour de la construction

Pour H compris entre 0 et 500 m, le rapport entre q_H et q₁₀ est défini par la formule :

$$\frac{q_H}{q_{10}} = 2,5 \times \frac{H + 18}{H + 60}$$

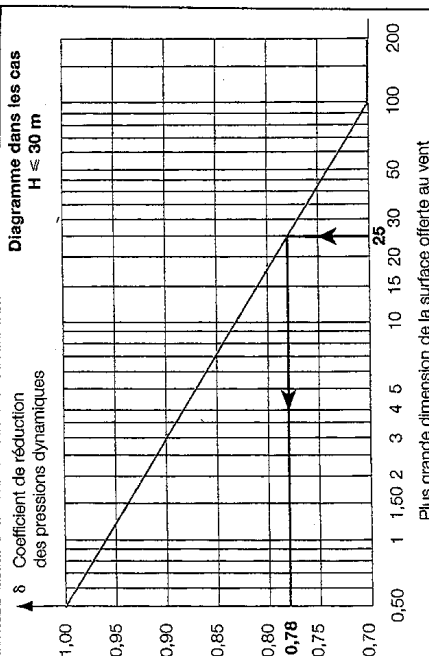
Effet du site (K_s = coefficient de site)

Type de site	Exemples	Région 1	Région 2	Région 3	Région 4
Site protégé	Fond de cuvette bordé de collines sur tout son pourtour et protégé ainsi pour toutes les directions du vent	0,8	0,8	0,8	Pas pris en compte dans ce cas
Site normal	Plaine ou plateau de grande étendue pouvant présenter des dénivellations peu importantes, de pente inférieure à 10%	1,00	1,00	1,00	1,00
Site exposé	Littoral sur une profondeur de 6km, sommet de falaises, îles ou presqu'îles étroites, vallées étroites où le vent s'engouffre, montagnes isolées ou élevées et certains cols	1,35	1,30	1,25	1,20

Effet de dimensions (δ)

L'action du vent s'exerçant sur une paroi n'étant pas uniforme du fait de tourbillons locaux, on tient compte de ce phénomène par l'utilisation du coefficient de réduction δ

Exemple : Pour une paroi dont la plus grande dimension de la surface offerte au vent est de 25m il faut appliquer le coefficient de réduction de 0.78



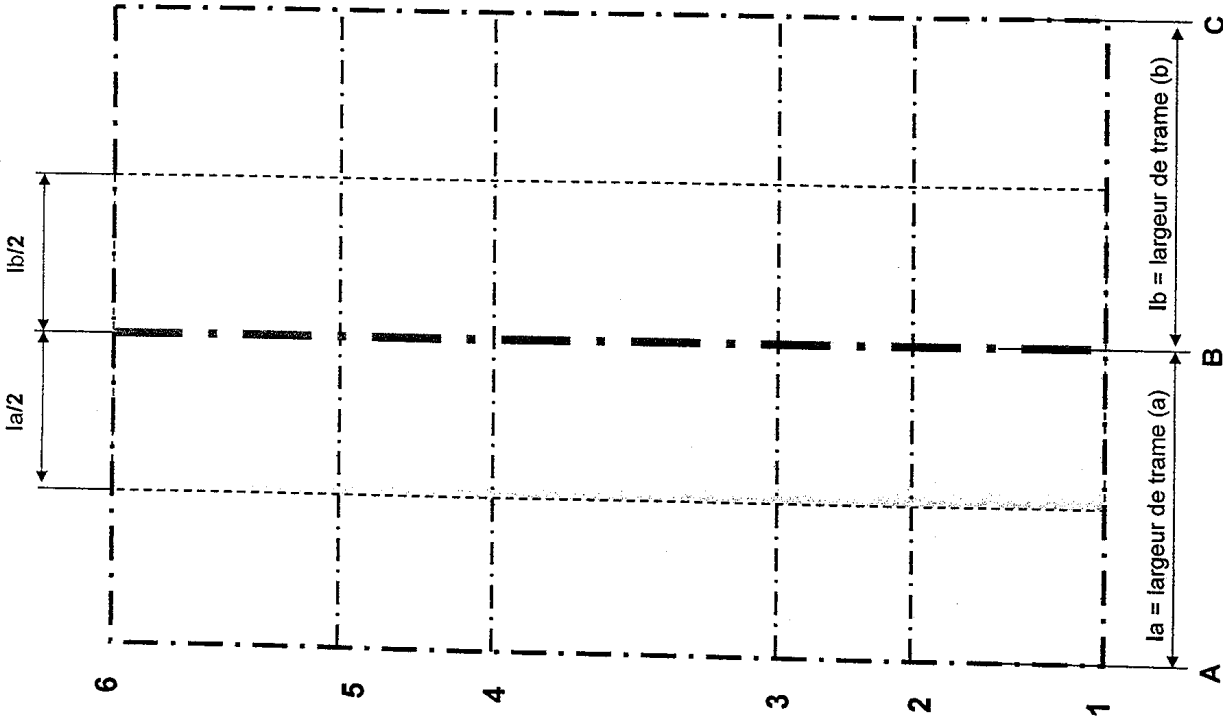
Influence de la forme de la construction (C_e, C_i)

Convention de signe : actions positives vers l'intérieur du bâtiment	Surpression		Dépression	
Cas du bâtiment fermé	C _a	C _e -C _i	C _i	C _s -C _i
Paroi verticale	α	0,80	0,30	0,50
	90°			1,10

Pression de chantier est égale à :

Pression dynamique de base x Coefficient de hauteur au-dessus du sol x Coefficient du site x Effet de dimension x C_e+C_i

ETUDE MECANIQUE SUR FACADE MUR-RIDEAU



= Charge sur montant

Type de charge : RECTANGULAIRE

Si

$$I = \frac{5 q L^4}{384 E f}$$

Nombre d'appuis : 2

Si

$$I = \frac{q L^4}{185 E f}$$

Nombre d'appuis : 3

RAPPEL DES FLECHES

- Façade semi-rideau $f = L / 150$
- Ouvrant ensemble composé $f = L / 200$
- Mur panneau
- Mur rideau sans contrainte de sécurité
- Toiture
- Mur rideau $f = L / 300$
- Montant $f = L / 300$
- Traverse $f = L / 300$ avec 0,4 cm maxi

Analyse d'une formule de calcul

Exemple : charge rectangulaire sur deux appuis

$$I = \frac{5 q L^4}{384 E f}$$

5 = constante liée à la forme géométrique de la charge.

I = Inertie minimum recherchée cm^4

q = Largeur de charge en cm x pression en N/cm^2

L = Distance entre appuis (portée) en cm

E = Module d'Elasticité N/cm^2
Le module d'élasticité renseigne la formule sur le matériau utilisé pour l'aluminium $E = 7\,000\,000$

f = flèche maximale admissible cm

Exemple :

$la = 1200$ mm

$lb = 1600$ mm

$L = 4500$ mm

$P =$ Pression de chantier 500 Pa (par exemple)

soit $P = 0,05$ N/cm^2

$E = 7\,000\,000$ N/cm^2

$f = 450 / 300 = 1,5$ cm

$qa = 0,05 \times 60 = 0,3$

$qb = 0,05 \times 80 = 0,4$

$$Ia = \frac{5 q L^4}{384 E f}$$

$$Ia = \frac{5 \times 0,3 \times (450)^4}{384 \times 7\,000\,000 \times 1,5}$$

$$Ia = 152,55 \text{ cm}^4$$

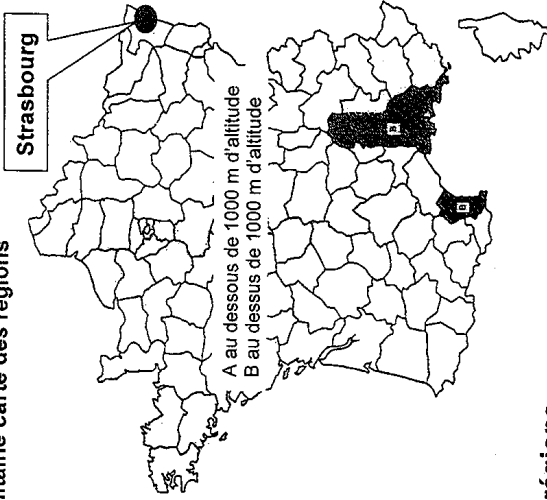
$$Ib = \frac{5 q L^4}{384 E f}$$

$$Ib = \frac{5 \times 0,4 \times (450)^4}{384 \times 7\,000\,000 \times 1,5}$$

$$Ib = 203,40 \text{ cm}^4$$

$$\text{Inertie minimale du montant} = Ia + Ib = 355,95 \text{ cm}^4$$

France Métropolitaine carte des régions



Définition des régions

- A Région en blanc sur la carte dont l'altitude est inférieure à 1000 m
- B Région en gris et région sur la carte dont l'altitude est supérieure à 1000 m

La situation d'environnement de la construction

Voir document technique

La hauteur de la fenêtre au-dessus du sol : H

Voir document technique

Tableau des pressions

Hauteur Du vitrage au- dessus du sol	Région A				Région B		
	Situation						
	a	b	c	d	a	b	c
≤ 6	600	600	900	1 400	800	900	1 300
6 à 18	600	800	1 100	1 600	900	1 100	1 600
18 à 28	700	900	1 200	1 700	1 000	1 300	1 800
28 à 50	900	1 100	1 300	1 800	1 300	1 600	2 000
50 à 100	1 100	1 300	1 500	1 900	1 700	2 000	2 300

1. Vitrages monolithiques plans

Les formules indiquées ci-après ont été établies en se basant sur la théorie générale de la flexion des plaques confirmée par la pratique.

COMMENTAIRE

1.1 Vitrages pris en feuillure sur 4 côtés :

Pour un vitrage monolithique, recuit, plan, non armé, l'épaisseur minimale théorique e déterminée par les formules suivantes en fonction des pressions conventionnelles.

Formules :

a) Vitrage dont le rapport L/l est inférieur ou égal à 3

$$e = \sqrt{\frac{SP}{72}}$$

Dans ces formules :

e est exprimée en mm

P est exprimée en Pa

S est exprimée en m²

L et l sont exprimées en mètre

b) Vitrage dont le rapport L/l est supérieur à 3

$$e = \frac{l \sqrt{P}}{4,9}$$

1.2 Facteur de réduction pour les vitrages fixes

Les épaisseurs calculées selon les dispositions ci avant sont multipliées dans des cas de vitrages fixes par 0,9

2. Facteur d'équivalence ε pour les autres vitrages

Tous les types de vitrage n'ayant pas, à épaisseur égale, la même résistance, on est amené, pour certain d'entre eux, à utiliser un facteur d'équivalence permettant, à partir de l'épaisseur calculée en l. de déterminer l'épaisseur minimale du vitrage considéré e.

$$e_t = \epsilon \times e$$

COMMENTAIRE

Pour les vitrages feuilletés ou les vitrages isolants thermiques, l'épaisseur à prendre en considération est la somme des épaisseurs des verres à l'exclusion de celles des films d'assemblage ou des épaisseurs d'air

Pour les vitrages habituels ε est donné par le tableau ci-dessous :

TYPE DE VITRAGE		ε
Vitrages simples plans recuits armés		1.20
Glaces non colorées armées		0.80
Verres imprimés armés		0.75
Vitrages simples plans en verre ou glace trempés	P ≤ 900 Pa	
	P > 900 Pa	
Vitrages feuilletés (*)	Comportant deux constituants verriers de même épaisseur	1.30
	Comportant trois constituants verriers de même épaisseur	1.60
Vitrages isolants thermiques (*)	Comportant deux produits verriers	1.50
	Comportant trois produits verriers	1.70

(*) Pour les calculs les constituants trempés des feuilletés ou isolant thermiques sont considérés comme recuits