

Construction
paracyclonique

P. QUISTIN₁

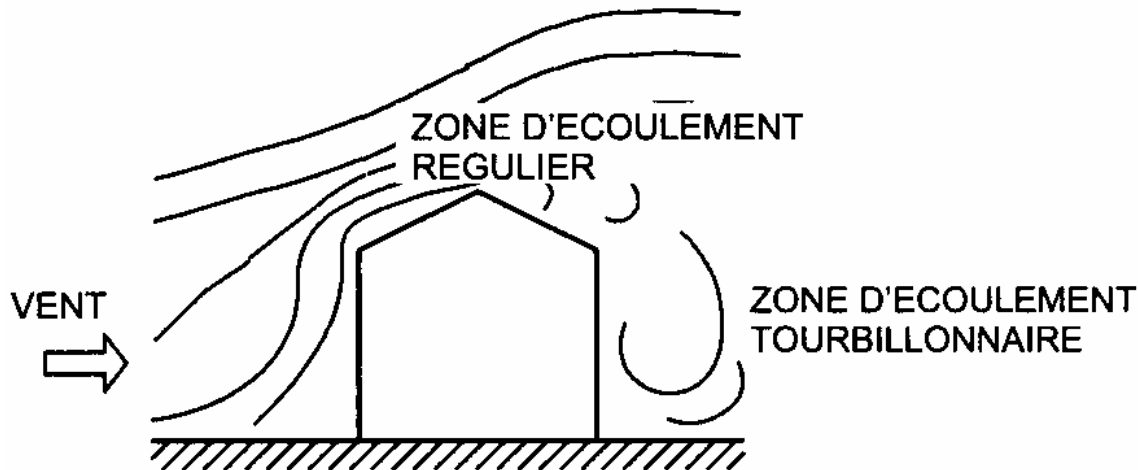
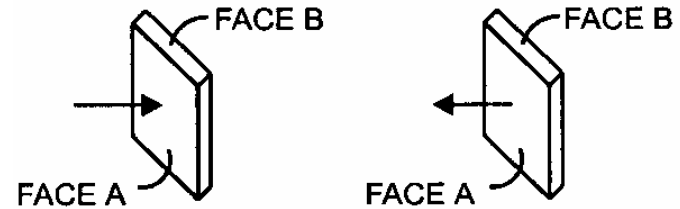
Sommaire

- 1/ Effets du vent cyclonique sur les constructions
- 2/ Règles de conception para cyclonique
- 3/ Normes et Règles de calcul au vent
 - Dimensionnement de la construction
 - Norme actuelle (DTU NV65 mod99)
 - Norme Européenne (Eurocode EC1-4)
 - Exigences sur les menuiseries (DTU 37-1/36-1...)

1/ Effets du vent cyclonique sur les constructions

□ Action sur les parois du bâtiment

- Pression (surpression)
- Succion (dépression)



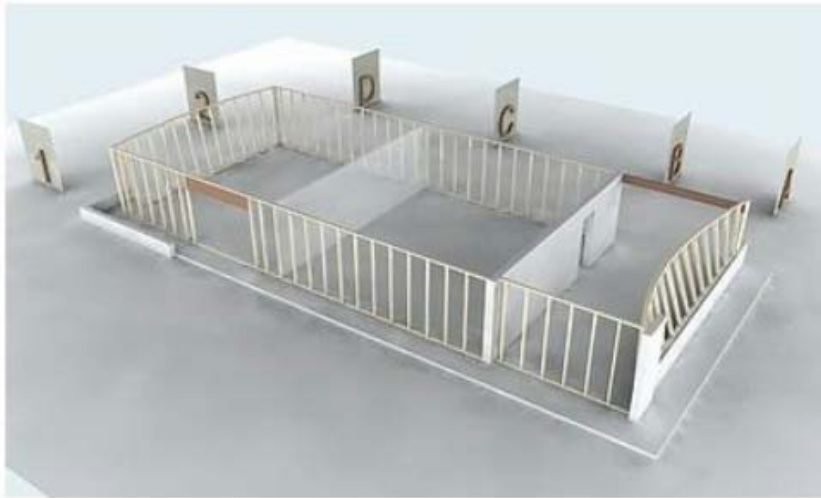
1/ Effets du vent cyclonique sur les constructions

❖ Actions locales sur un élément de la construction

L'Action exercée par le vent sur 1 des faces d'un élément d'une paroi est une pression fonction:

- » De la vitesse du vent
- » De la catégorie de la construction (proportion d'ensemble)
- » De l'emplacement de l'élément dans la construction et son orientation / au vent
- » Des dimensions de l'élément considéré
- » De la forme de la paroi (courbe, plane) à laquelle appartient l'élément considéré

1/ Effets du vent cyclonique sur les constructions



perpendiculairement à la petite façade



perpendiculairement à la grande façade

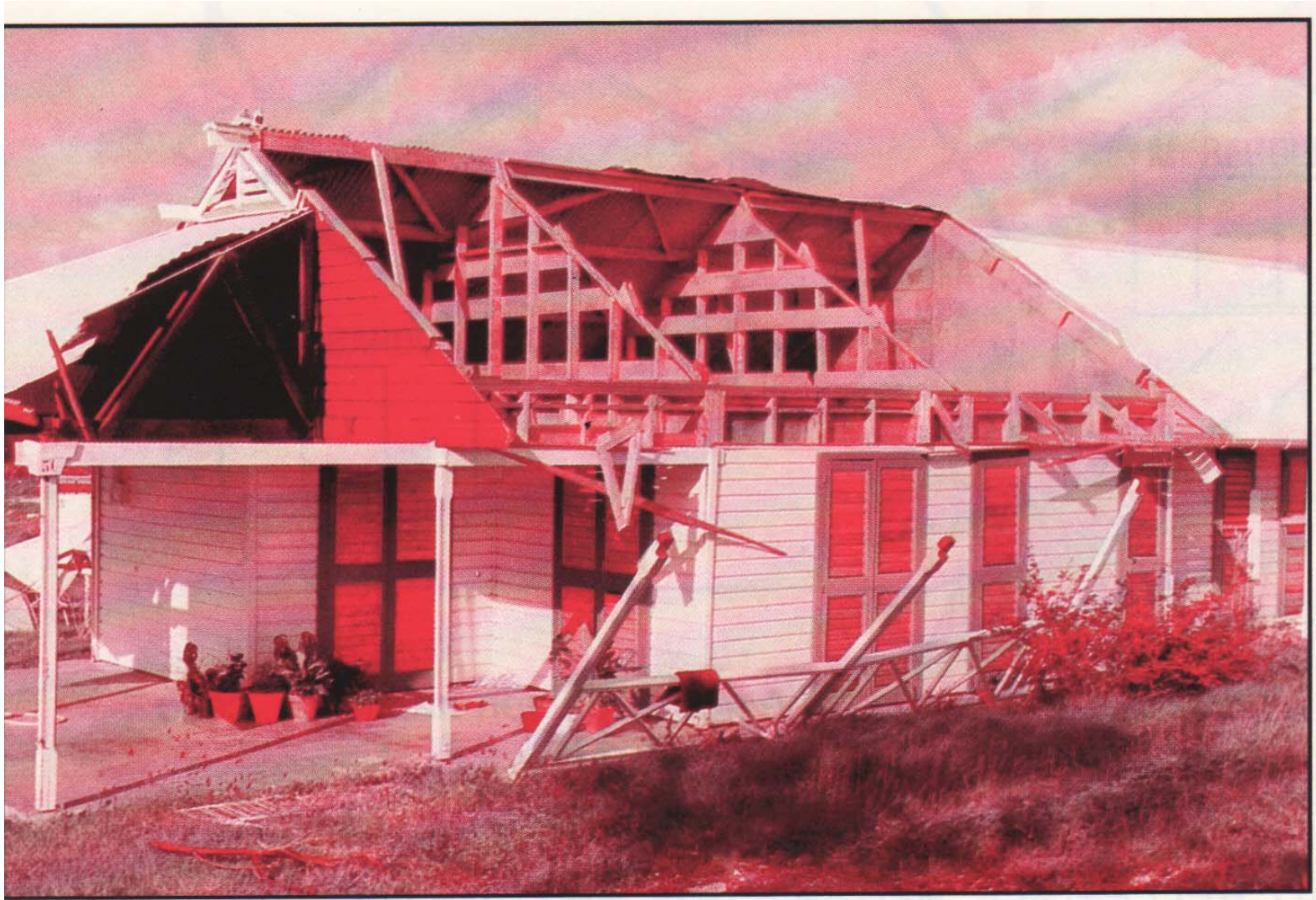
1/ Effets du vent cyclonique sur les constructions



1/ Effets du vent cyclonique sur les constructions

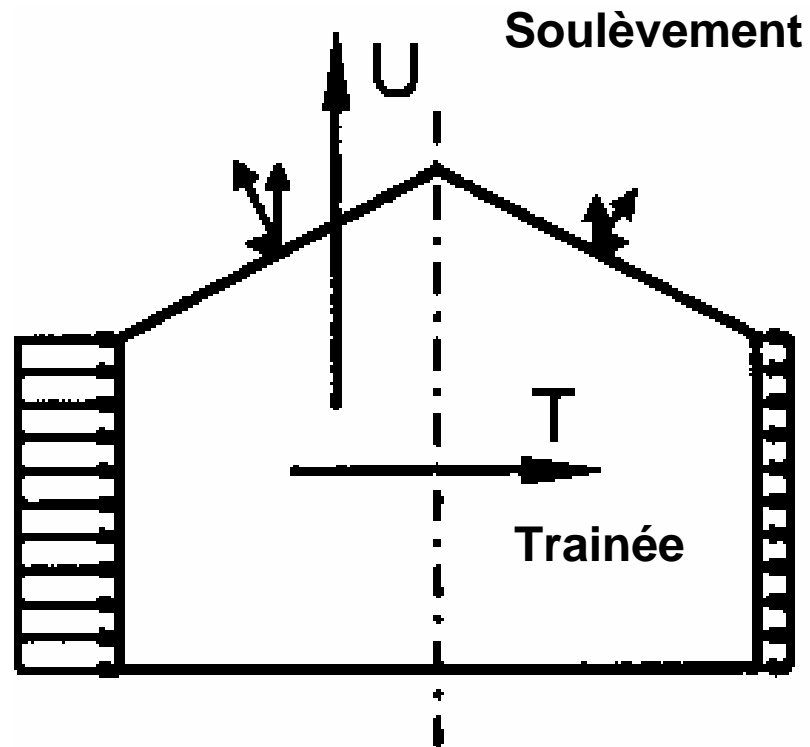


1/ Effets du vent cyclonique sur les constructions

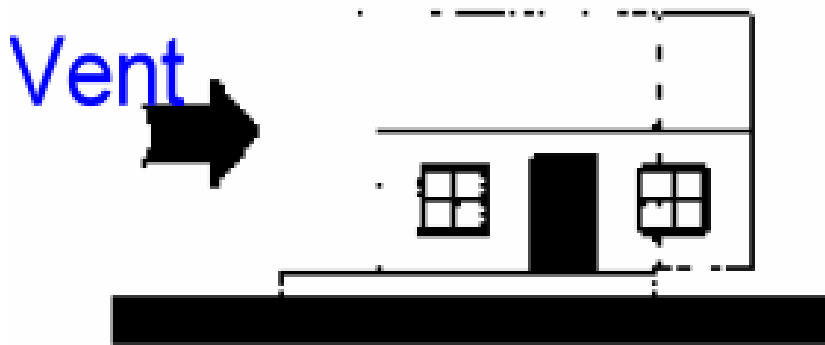


1/ Effets du vent cyclonique sur les constructions

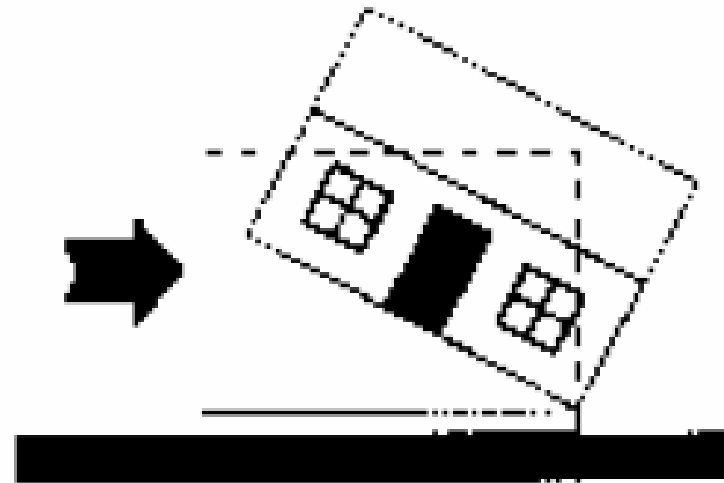
❖ Actions d'ensemble sur la construction



1/ Effets du vent cyclonique sur les constructions



Glissement



Renversement

1/ Effets du vent cyclonique sur les constructions

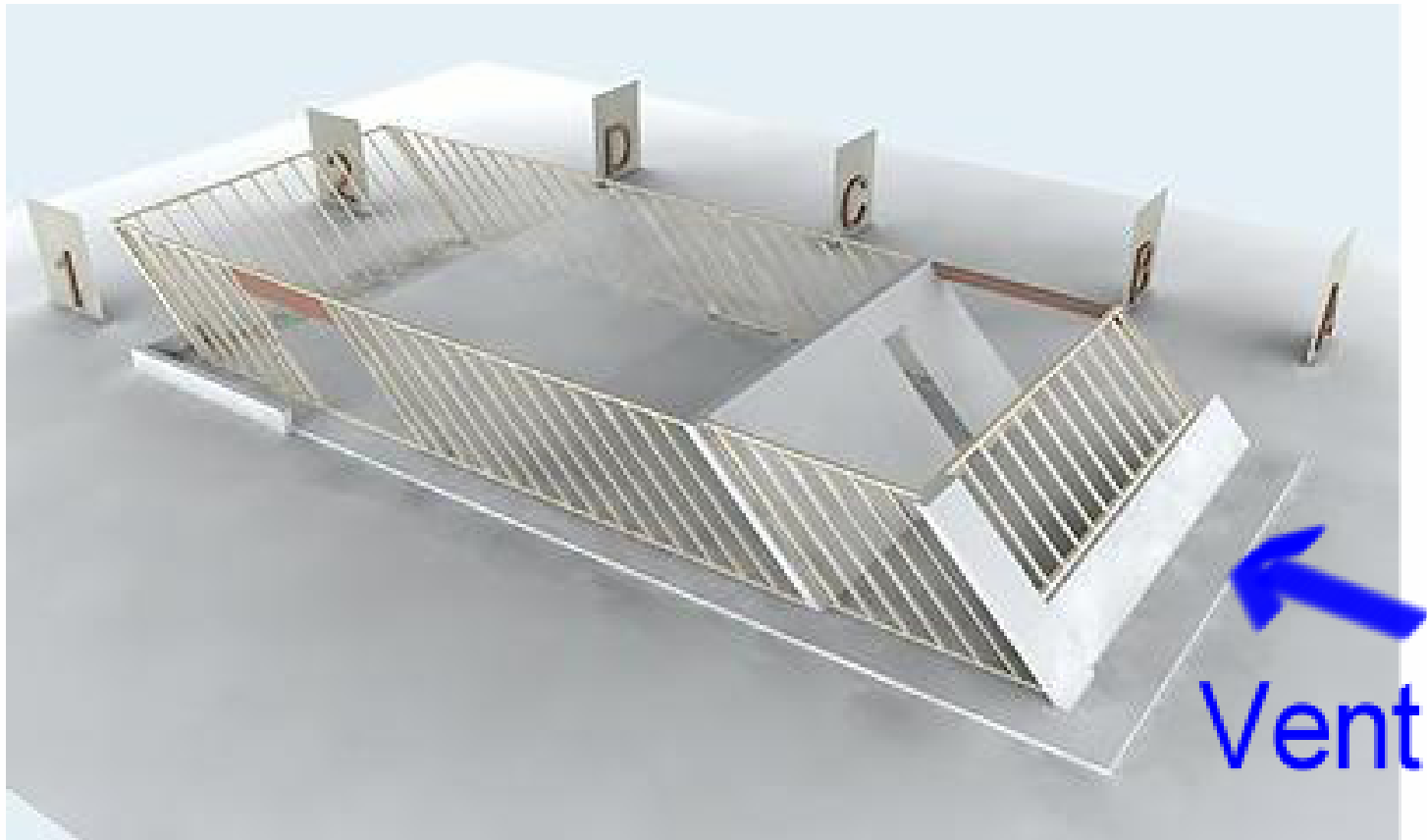


1/ Effets du vent cyclonique sur les constructions



1/ Effets du vent cyclonique sur les constructions

Il s'agit de la justification même des vents dominants



voiles (1) et (2), vent perpendiculaire à la petite façade,

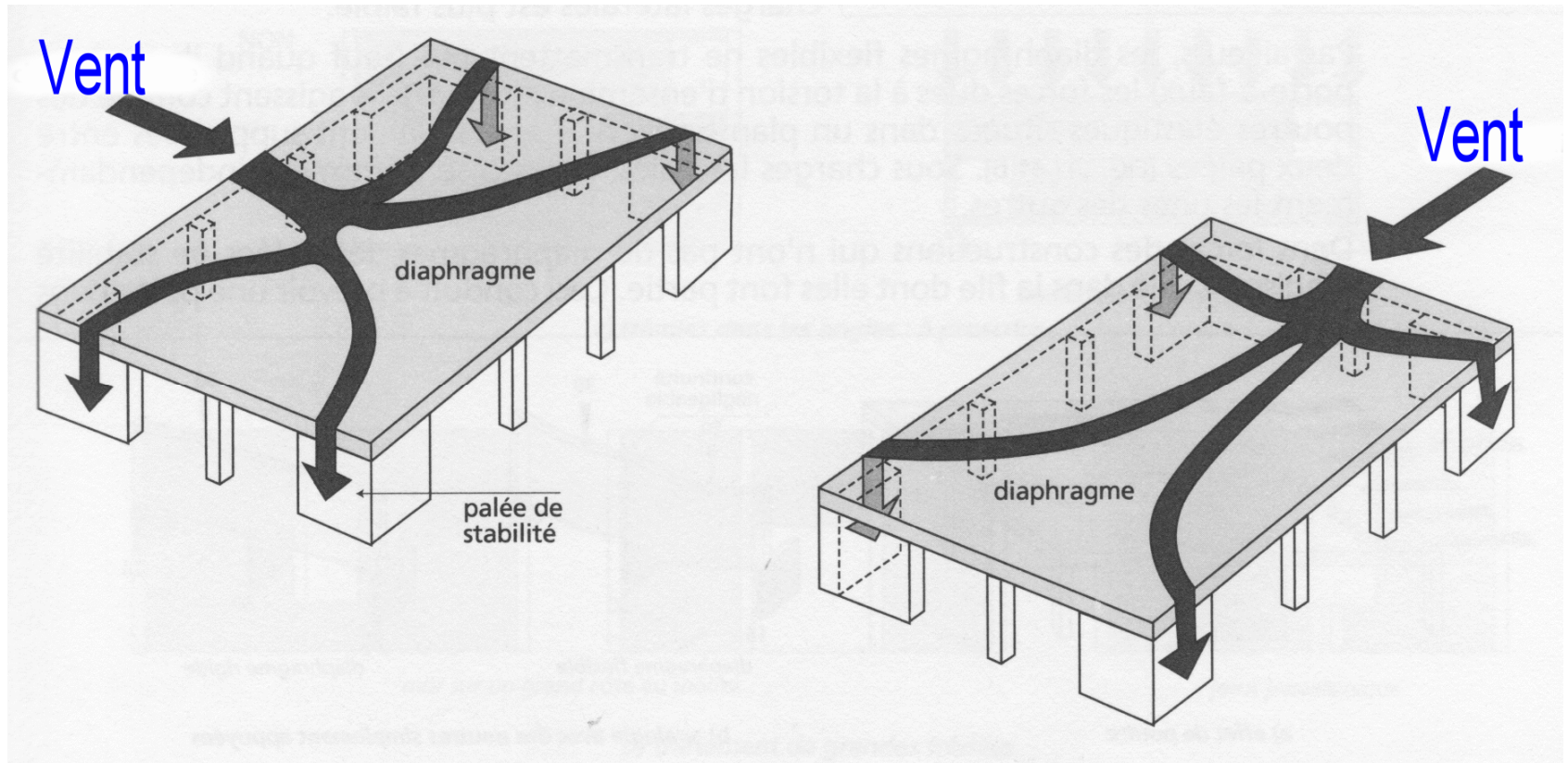
1/ Effets du vent cyclonique sur les constructions



2/ Règles de conception paracylonique

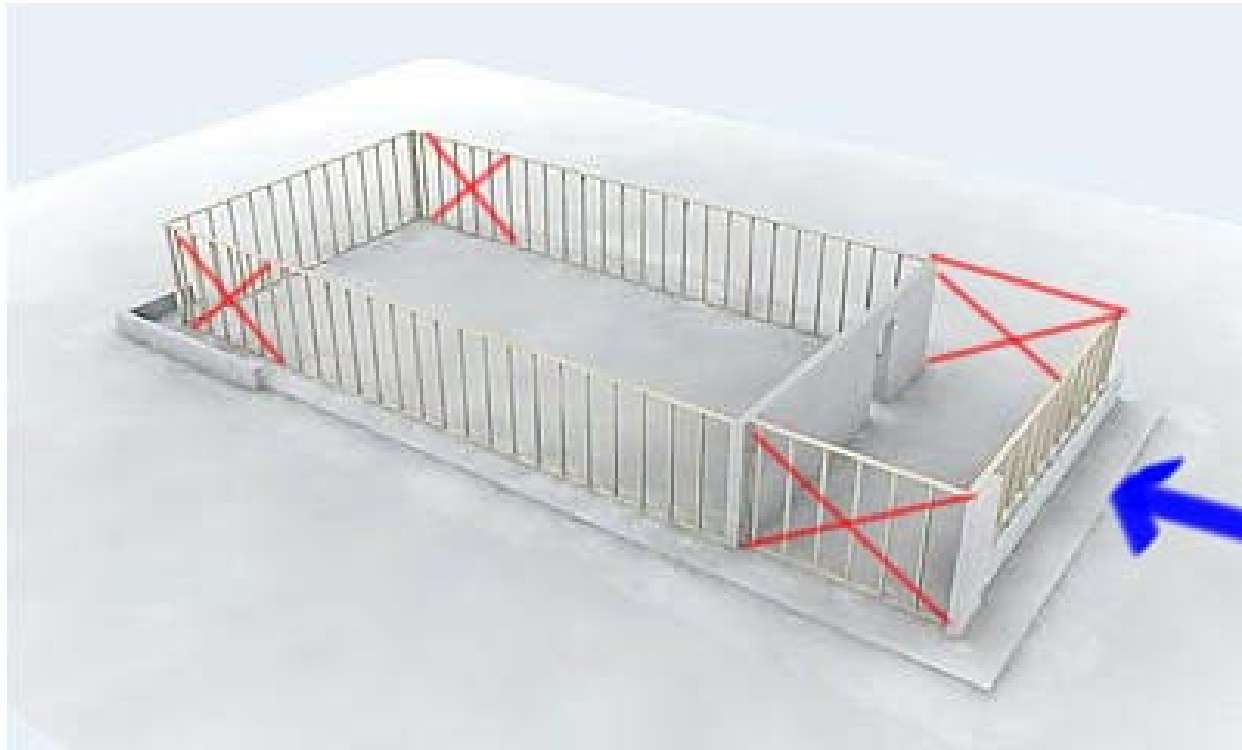
□ STABILITE GLOBALE

❖ Principe du Contreventement



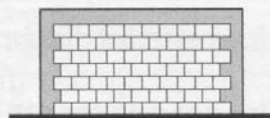
2/ Règles de conception paracylonique

❖ Contreventement vertical

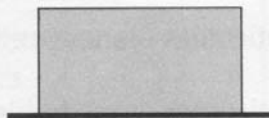


voiles (1) et (2), vent perpendiculaire à la petite façade,

2/ Règles de conception paracylonique



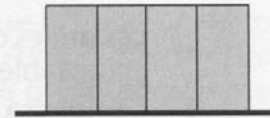
maçonnerie chaînée
ou armée



voile béton ou
béton armé

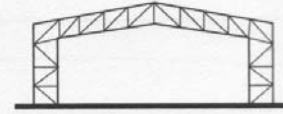
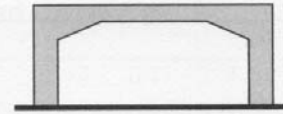
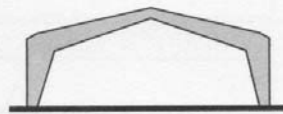
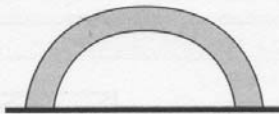


voile en bois massif



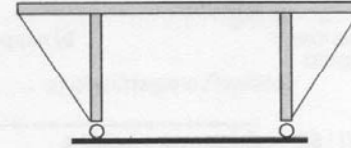
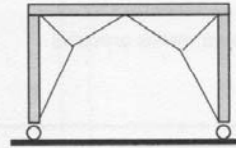
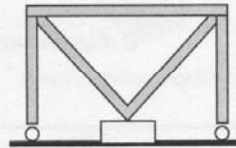
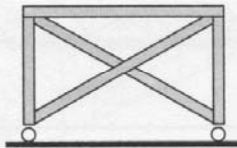
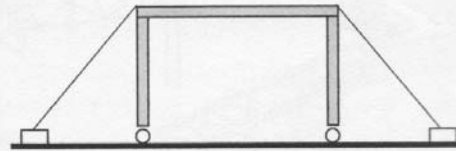
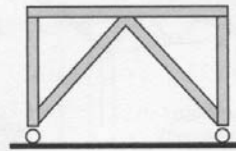
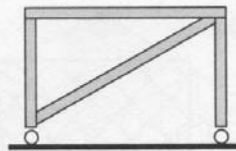
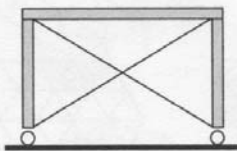
voile en panneaux de
particules ou de contreplaqué

a) panneaux rigides

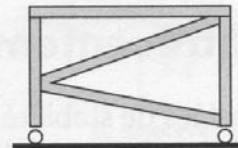
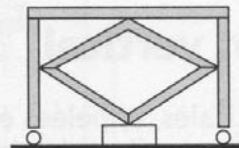
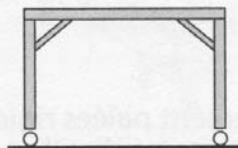


b) arcs et portiques

OUI



NON



c) palées triangulées

2/ Règles de conception paracylonique



2/ Règles de conception paracylonique

❖ Contreventement horizontal-Diaphragme rigide

➤ Plancher

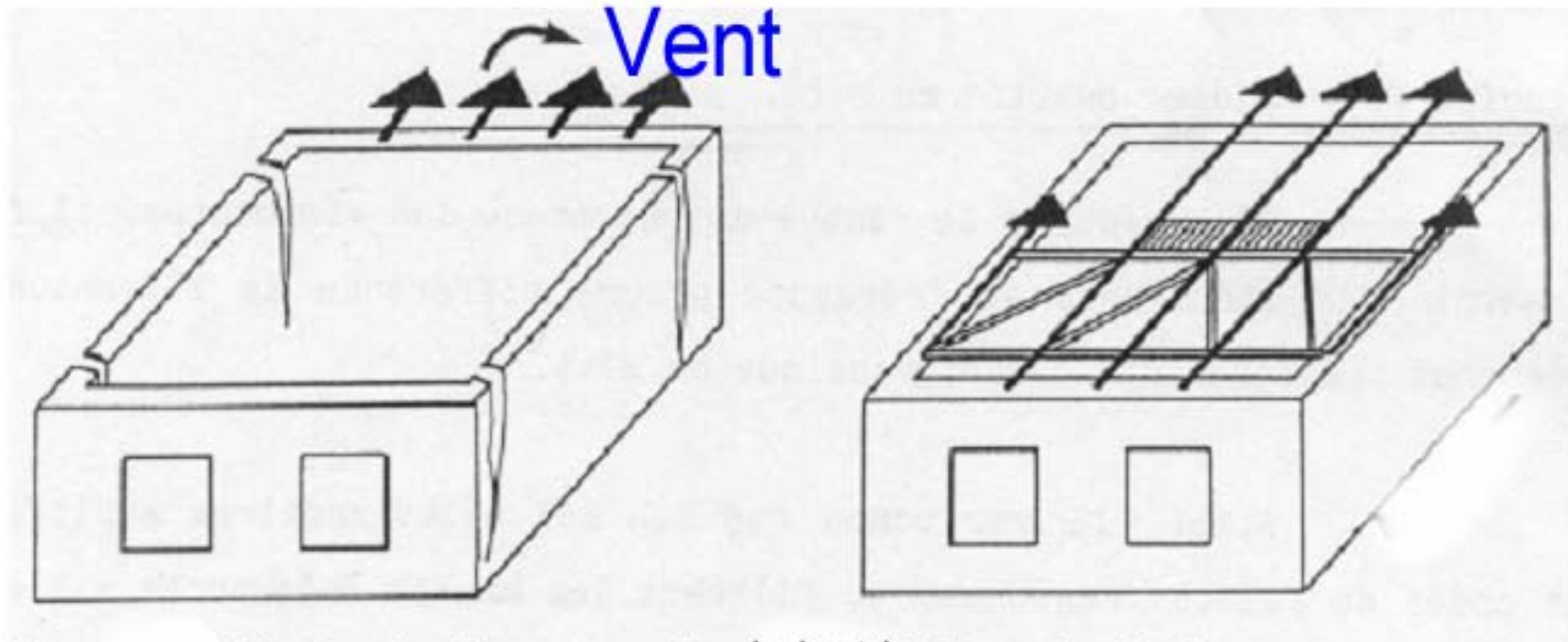
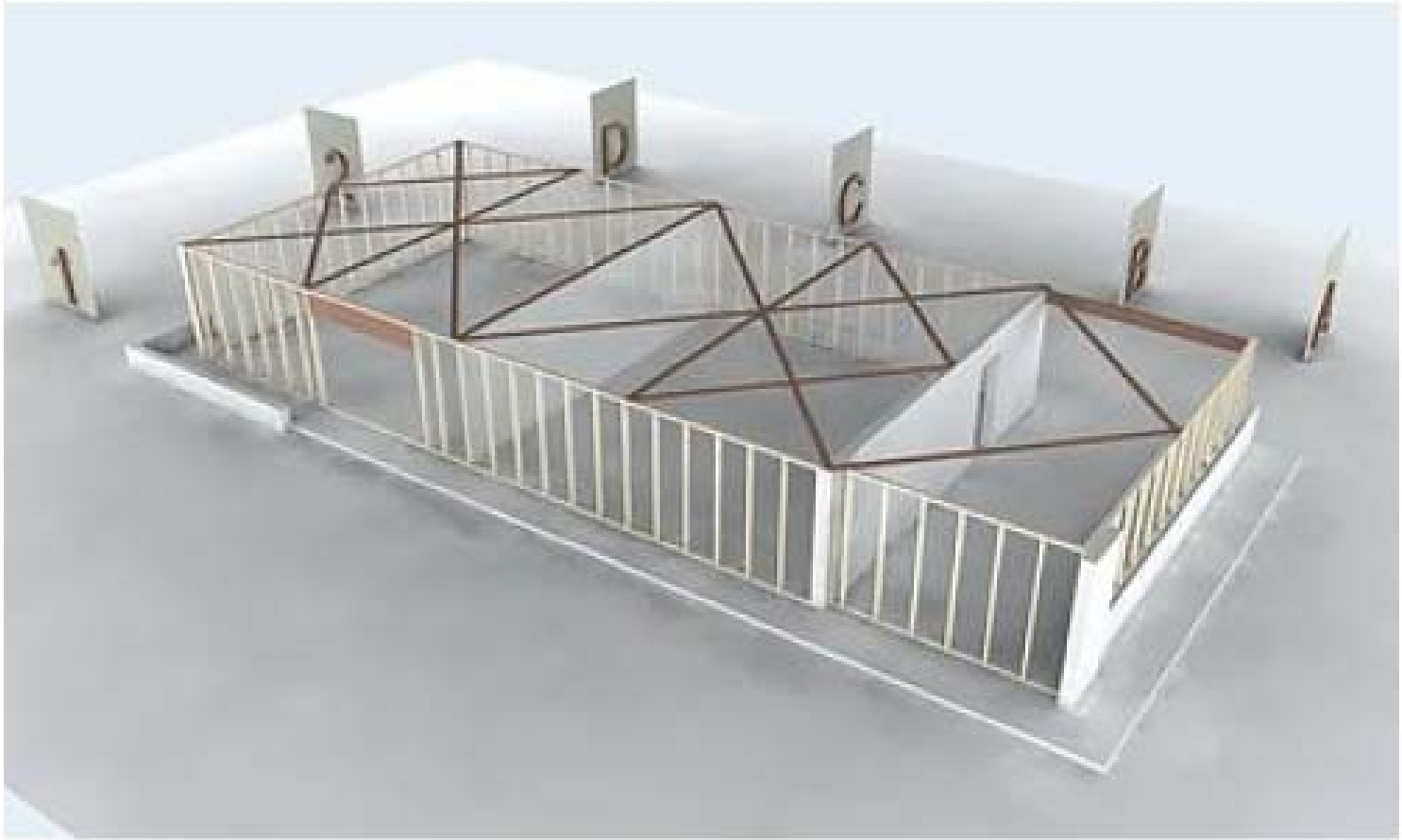


Figure · Rôle des planchers sous action horizontale: former des diaphragmes pour assurer la cohésion de la structure

2/ Règles de conception paracylonique



2/ Règles de conception paracylonique

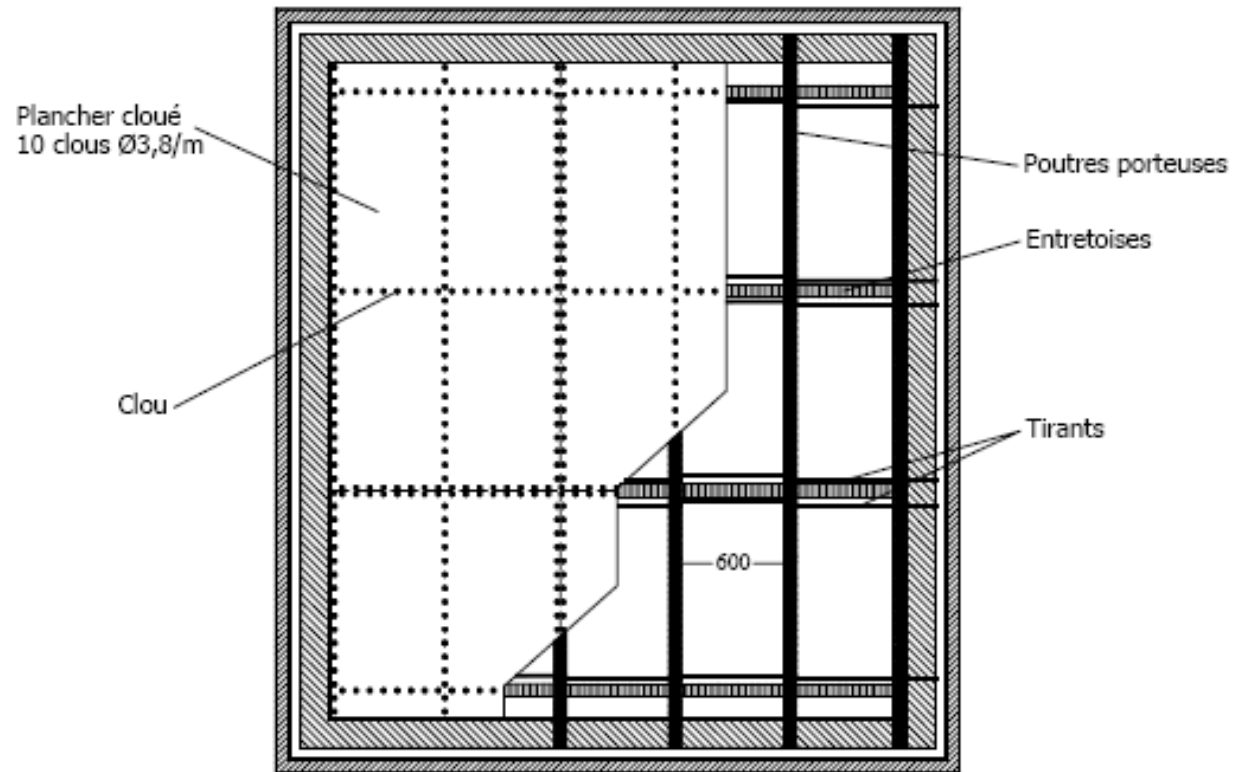
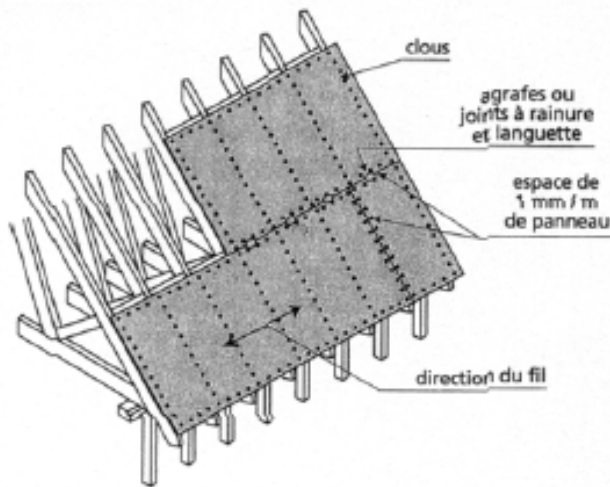


Figure 7.3.4. Planchers en bois constitués de poutres (direction x), entretoises et tirants (direction y) et couvert d'éléments en contreplaqué cloués aux poutres et entretoises.

2/ Règles de conception paracylonique

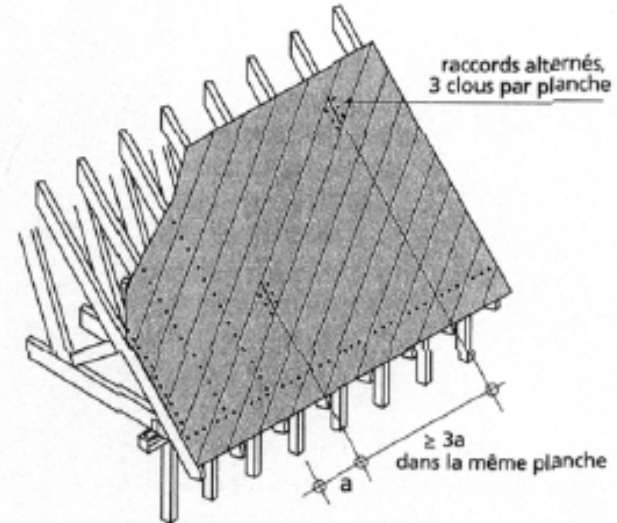
➤ Toiture

de toiture peuvent être réalisés à l'aide de panneaux de contreplaqués ou d'agglomérés.
cf. Figure 7.6.2.



a) toiture

solives



a) toiture

2/ Règles de conception paracylonique

□ STABILITE INTERNE LOCALE

Par un dimensionnement approprié

❖ Résistance des éléments de structure:

- Façades: Murs, montants bois ou métalliques, portiques
- Toiture: pannes, chevrons

❖ Résistance des organes de fermetures

- Menuiseries: Fenêtres, portes (mise en œuvre de Volets de protection)
- Couverture : tôle, dalle

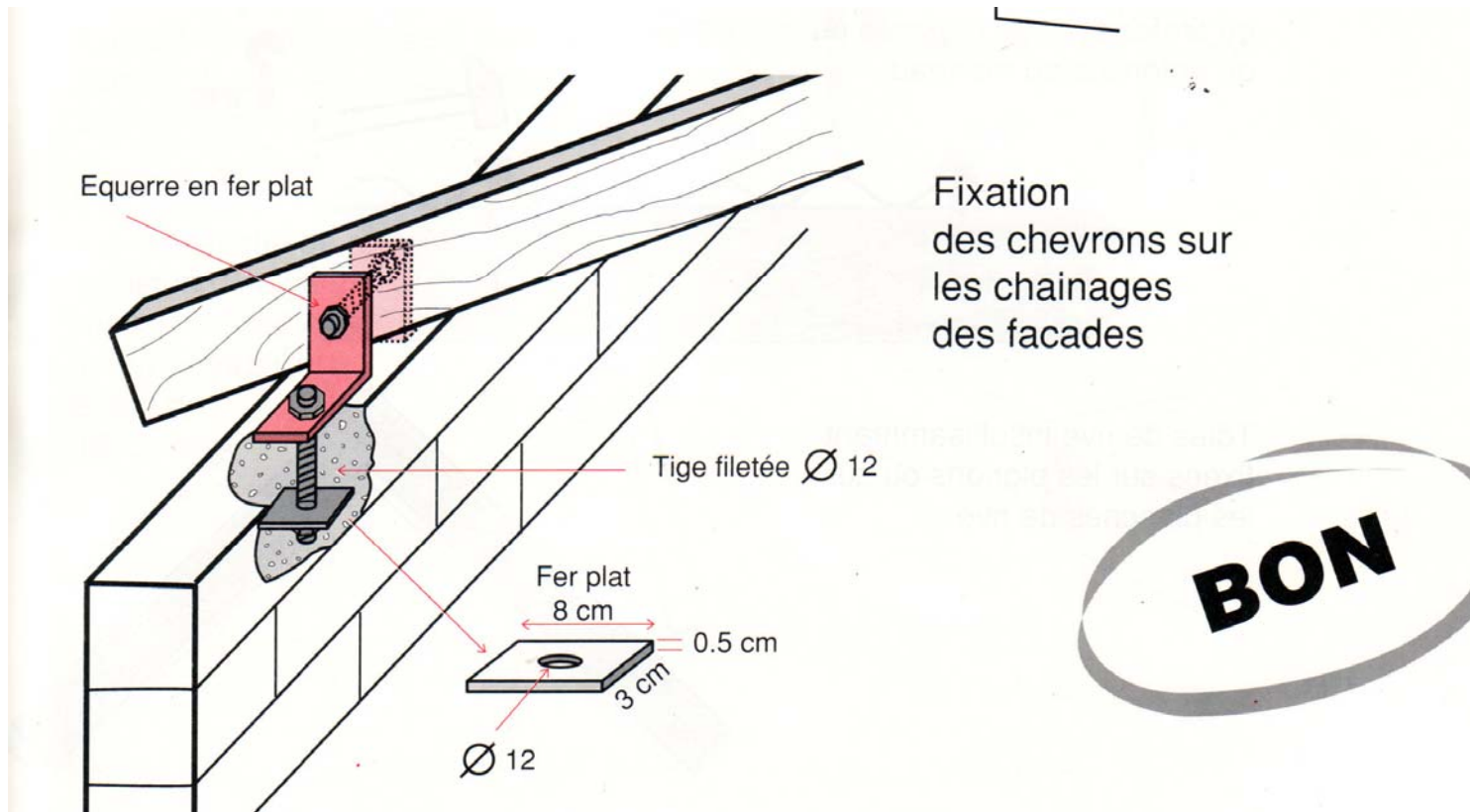
Par un choix de matériaux résistants et durables

- ❖ Éléments métalliques, organes métalliques d'assemblage et d'ancrage inoxydables ou galvanisés
- ❖ Bois de structure traités anti-termite et pourriture

2/ Règles de conception paracylonique

❑ ANCRAGE ET FIXATIONS

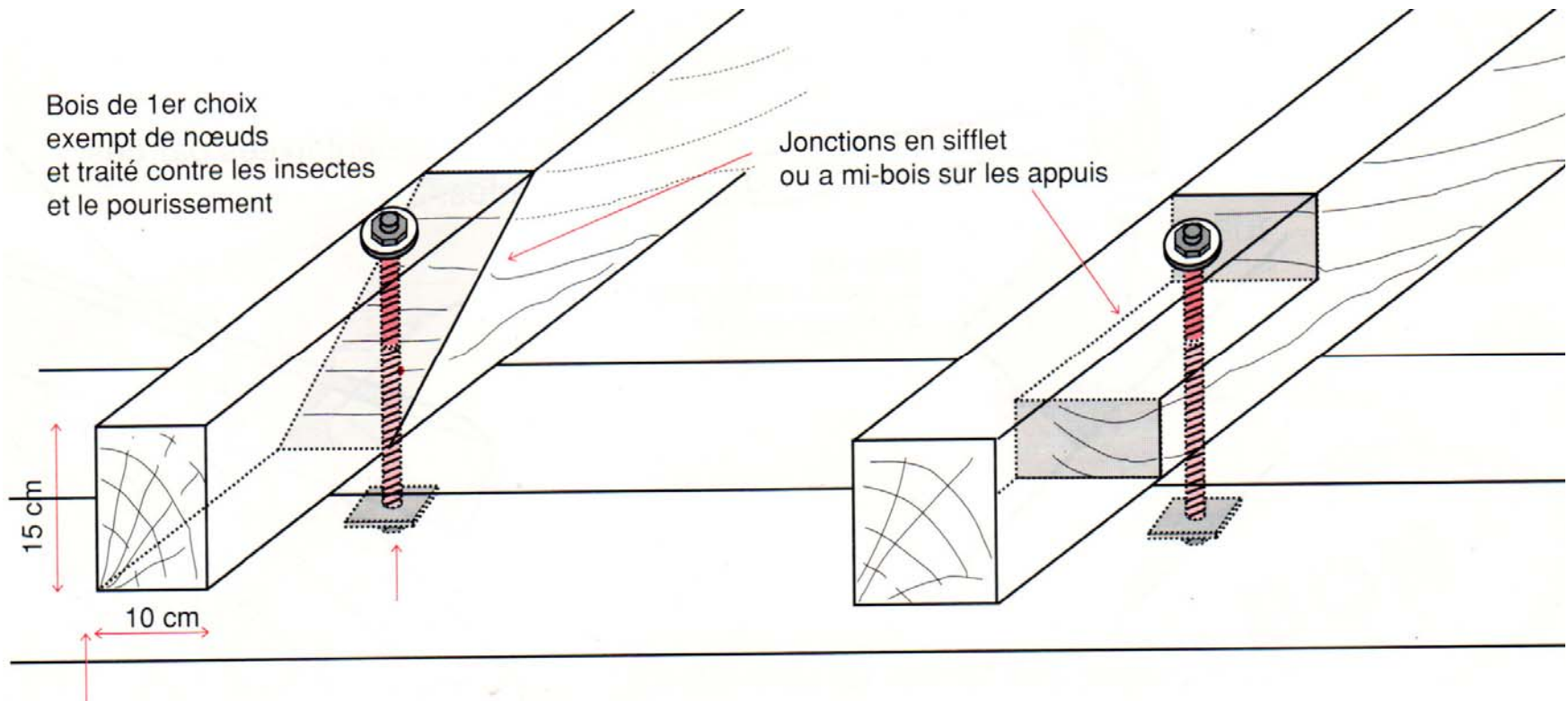
- ❖ Ancrage de la structure porteuse / palées de contreventement aux fondations



2/ Règles de conception paracylonique

- ❖ Fixation et solidarisation des éléments d'ossature entre eux

Clous travaillant à l'arrachement INTERDIT!

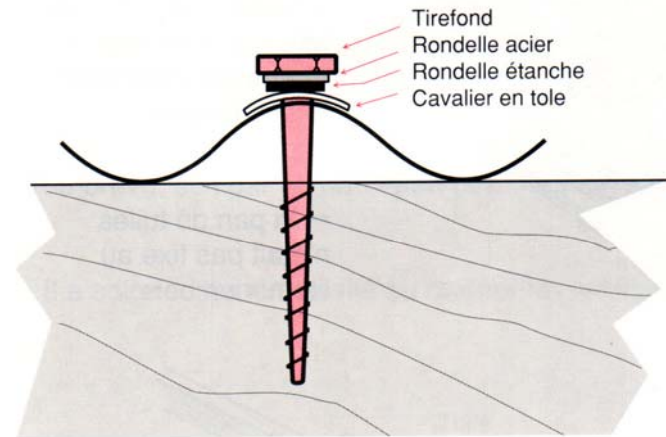


2/ Règles de conception paracylonique

❖ Fixation des éléments de « clos-couvert » à l'ossature

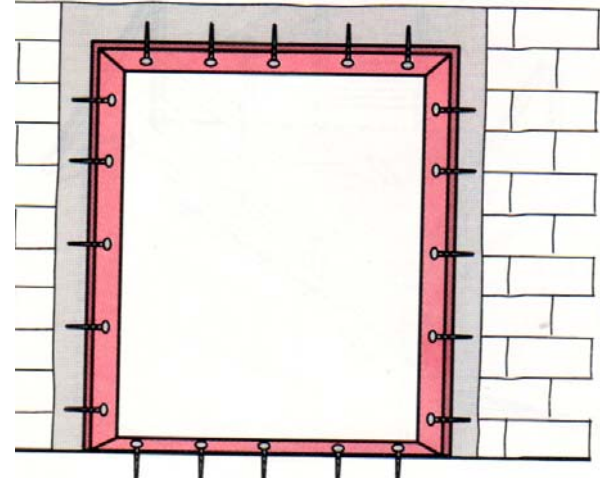
➤ Tôles

Clous interdits!



L'intervalle entre 2 tirefonds ne dépasse pas 4 ondes
sur une tôle à 14 ondes

➤ Menuiseries Extérieures



2/ Règles de conception paracylonique

□ ENTRETIEN REGULIER

- ❖ Révision annuelle du serrage des fixations des tôles (tirefonds)
- ❖ Vérification et serrage des organes métalliques d'assemblage, fixations/ancrages
- ❖ Vérification de l'état du bois de structure
- ❖ Vérification et réparation des dégâts occasionnés par la carbonatation du béton et foisonnement des aciers (éclats béton, corrosion armatures)

3/ Normes et Règles de calcul

□ Normes en vigueur : NV65 modifiées 99

❖ Représentations des actions du vent

- Les actions du vent varient en fonction du temps et s'appliquent directement sur les surfaces extérieures des constructions fermées et, du fait de la porosité de la surface extérieure, agissent également indirectement sur les surfaces intérieures.
- L'action du vent est représentée par un ensemble simplifié de pressions ou de forces dont les effets sont équivalents aux effets extrêmes du vent turbulent.

❖ Base de calcul

- Introduction en 1999 d'une nouvelle carte de zonage géographique issue d'une étude statistiques des données météorologiques en 1993 du vent cinquantennal, séparant la France en 5 régions; mais les valeurs de base de la vitesse normale n'ont pas été modifiées
- Vent=action variable

3/ Normes et Règles de calcul

- La pression dynamique de base définie est celle exercée à 10m au dessus du sol pour un site normal sans effet de masque sur un élément dont la plus grande dimension est égale à 0,50 m.
- Pression dynamique normale de base $q^{10}_n = \rho * V^2 / 20$
- Pression dynamique extrême de base $q^{10}_e = 1.75 q_n$
- **En Guadeloupe et Martinique (région 5):**
 - $q^{10}_n = 120 \text{ daN/m}^2$ (V=44.2m/s---159.2Km/h)
 - $q^{10}_e = 210 \text{ daN/m}^2$ (V=58.5m/s----210.6km/h)
- La pression dynamique de base est affectée d'un coefficient de site k_s et d'un coefficient de hauteur de la construction par rapport au sol k_h
- Pour les constructions en bordure du littoral sous effet du vent bord de mer, on majore la pression de base par $k_s = 1.20$ (TOUTE la Guadeloupe et la Martinique sont concernées: $q^{10}_n = 144 \text{ daN/m}^2$; $q^{10}_e = 252 \text{ daN/m}^2$)

3/ Normes et Règles de calcul

- ❖ Vérification des conditions de résistance/stabilité/déformations
 - sous l'action de la charge normale q_n : Etat limite de service ELS (déformations)

 - sous l'action de la charge extrême q_e :Etat limite Ultime ELU (rupture ou déformation plastique excessive, instabilité de forme, équilibre statique non assuré ,fissuration excessive)

- ❖ Pression dynamique de calcul
 - L'action élémentaire unitaire exercée par le vent sur une face d'un élément de paroi est : $C * q * k_s * k_h$
avec C coefficient de pression fonction des paramètres géométriques de la construction

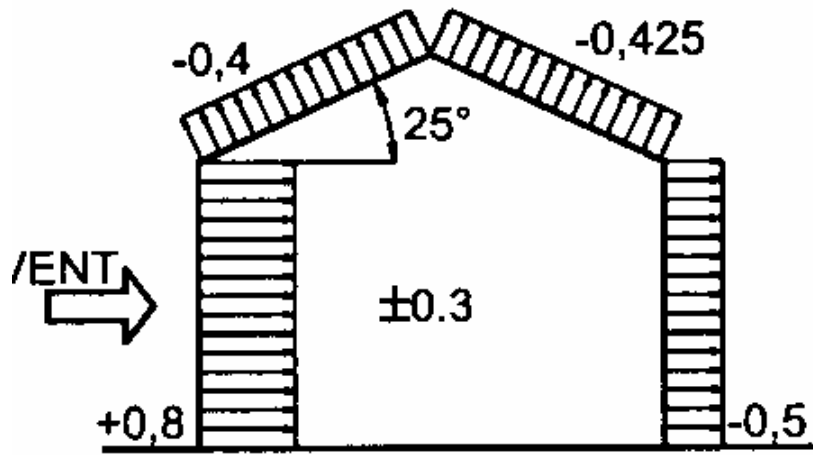
3/ Normes et Règles de calcul

❖ Coefficients de pression C

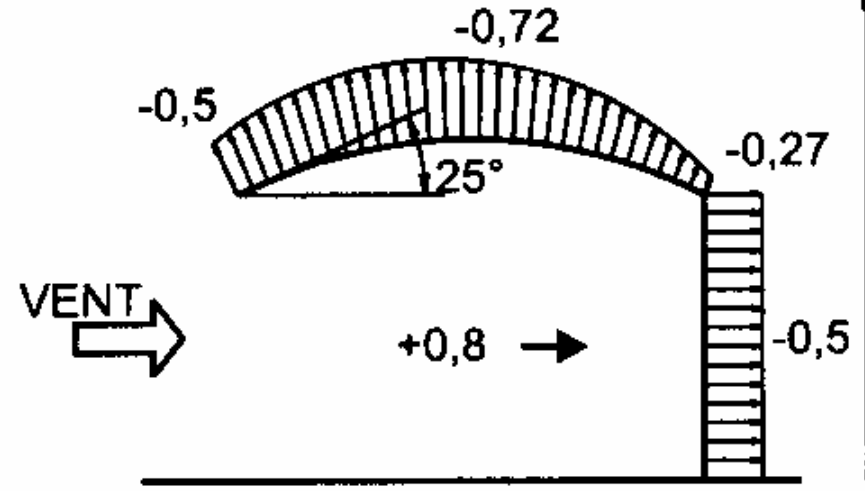
- Coefficient pression extérieure C_e
 - ✓ Défini par les NV65 pour plusieurs cas de figures

- Coefficient pression intérieure C_i
 - ✓ Fonction de la perméabilité des parois du bâtiment

3/ Normes et Règles de calcul



Construction fermée à deux versants plans.



Construction ouverte à toiture en voûte à génératrice circulaire.

Exemples d'application.

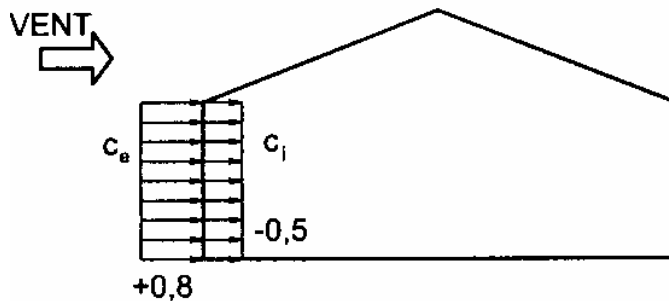
3/ Normes et Règles de calcul

❖ Actions statiques

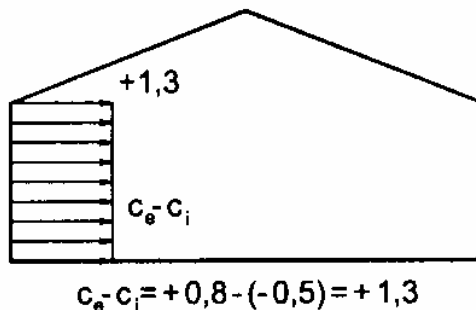
➤ L'action résultante unitaire sur une paroi est :

$$q_w = (C_e - C_i) * q$$

BÂTIMENT AVEC VOLUME INTÉRIEUR

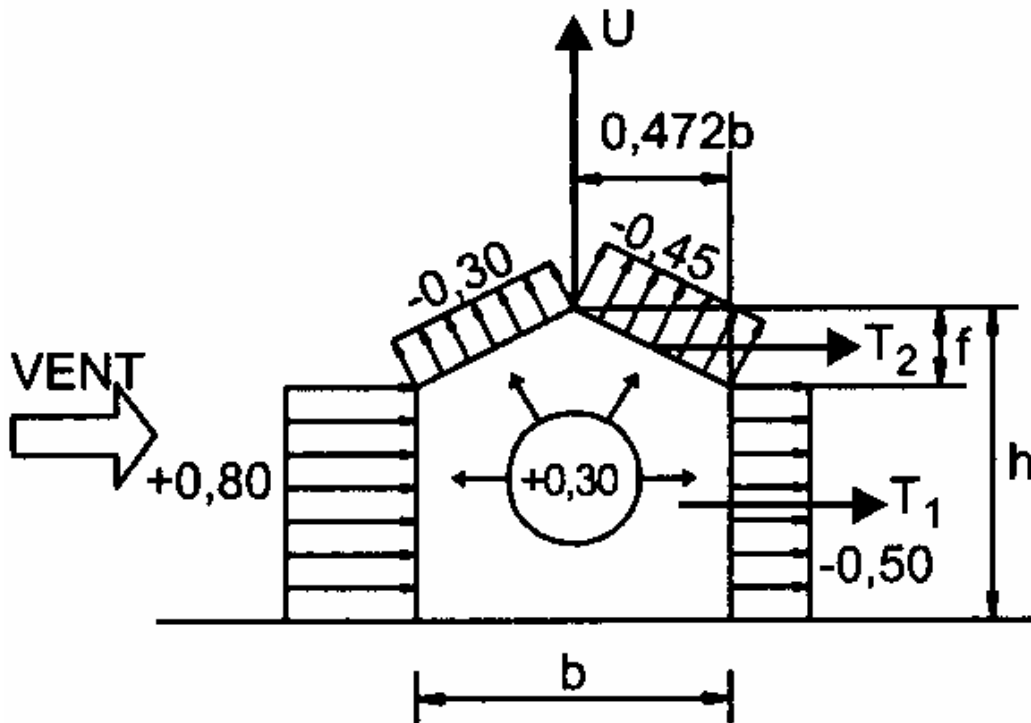


-> **Dimensionnement d'un élément d'une paroi (toiture, murs façade et pignon)**



3/ Normes et Règles de calcul

- L'action d'ensemble sur une construction est la sommation de ces actions sur les surfaces de parois + les forces d'entraînement sur la toiture:



→ dimensionnement des éléments de stabilité du bâtiment (contreventement)

→ vérification de la stabilité globale (non glissement, non renversement, non soulèvement)

3/ Normes et Règles de calcul

❖ Actions dynamiques

- Action parallèle à la direction du vent (rafales)
 - ✓ Majoration sensible des actions du vent sur les constructions de grande hauteur (tours, clochers, mâts...)
 - ✓ Rafales → Oscillations aggravants les déformations des structures élancées et flexibles
 - ✓ *Majoration des pressions dynamiques q_w pour vérification stabilité d'ensemble par un Coefficient β fct° de la période propre du mode fondamental du bâtiment*

- Actions perpendiculaires à la direction du vent régulier
 - ✓ Oscillations forcées de structures élancées, flexibles dues aux sollicitations dynamiques qui agissent perpendiculairement à la direction du vent
 - ✓ Phénomènes de galop, de battement, de tourbillons
 - ✓ *Étude spécifique par des modèles mathématiques*

3/ Normes et Règles de calcul

□ Norme EUROCODE EC1-4

❖ Représentations des actions du vent

- L'action du vent est représentée par un ensemble simplifié de pressions ou de forces dont les effets sont équivalents aux effets extrêmes du vent turbulent.

❖ Base de calcul

- Vent = action fixe variable selon EN 1990
- Valeurs caractéristiques cinquanteennales

Les actions du vent EC1-4 sont des valeurs caractéristiques. Elles sont déterminées à partir des valeurs de référence de la vitesse ou de la pression dynamique. (Cf EN 1990, les valeurs de référence sont des valeurs caractéristiques dont la probabilité de dépassement sur une période d'un an, est égale à 0,02, ce qui équivaut à une ***période moyenne de retour de 50 ans.***)

3/ Normes et Règles de calcul

❖ La carte de zonage Introduit en 1999 dans les NV65 donne la valeur de base de la vitesse de référence $v_{b,0}$

❖ $v_{b,0}$ est la vitesse moyenne sur 10 min caractéristique, indépendamment de la direction du vent et de la période de l'année, mesurée à une hauteur de 10 m au-dessus du sol en terrain dégagé, de type " rase campagne "

En Guadeloupe et Martinique $V_{b,0}=34\text{m/s}$

❖ Pression dynamique de référence q_b

$$q_b = 1/2 \rho * (V_{b0} * C_{dir} * C_{season})^2$$

En Guadeloupe et Martinique : $q_b = 71 \text{ daN/m}^2$

3/ Normes et Règles de calcul

NOTA: l'enquête publique de l' AN de l'EC1-4 est en cours;
une carte révisée modifiée suite aux violentes tempêtes de
décembre 1999 a été introduite en remplacement du zonage
des Règles NV65mod99

3/ Normes et Règles de calcul

- ❖ Vérification des conditions de résistance/stabilité/déformations
 - Etat limite de service ELS
 - Etat limite Ultime ELU
 - Etat limite accidentelle (cas de portes ou fenêtres supposées fermées et se brisant ou s'ouvrant en situation de tempête)

- ❖ Vitesse du vent
 - La vitesse du vent comprend une composante moyenne et une composante fluctuante.
 - La Vitesse moyenne $V_m(z)$ dépend de $V_{b,0}$ et de
 - ✓ la hauteur au dessus du sol
 - ✓ la rugosité du terrain (catégorie 0, II, IIIa, IIIb, IV)
 - ✓ l'orographie du terrain (falaises, collines...)
 - La turbulence du vent est fonction de l'intensité de la turbulence $I_v(z)$ définie comme l'écart type de la turbulence divisé par la vitesse moyenne du vent

3/ Normes et Règles de calcul

- ❖ Calcul pression dynamique de pointe :

$$q_p(ze) = q_b * C_e(ze) \text{ avec } C_e(ze) \text{ coefficient d'exposition}$$

- ❖ Calcul des pressions exercées par le vent sur les éléments de construction : $W = q_p(z) * (C_{pe} - C_{pi})$

- ❖ Calcul de la force exercée par le vent sur la construction :

$$F_w = (c_s * c_d) * \text{SOMME}[q_p(z) * (C_{pe} - C_{pi})]$$

*($C_s * c_d$: coeff structural prend en compte l'aspect dynamique)*

- ❖ Coefficients de pression de surface

- Coefficients de pression extérieure C_{pe} : donnent l'effet du vent sur les surfaces ext. des bâtiments (C_{pe1} ; $C_{pe,10}$)
- Coefficients de pression intérieure C_{pi} : donnent l'effet du vent sur les surfaces intérieures des bâtiments

3/ Normes et Règles de calcul

□ Norme FD 20-201(DTU 36.1/37.1)/ NF P20-302 / NF DTU 39 P1àP5

- ❖ Exigences sur les fenêtres extérieures (NF P20-201 et 302)
 - essais donnant une classification transitoire
 - ✓ Perméabilité à l'air : A^*
 - ✓ Étanchéité à l'eau: E_A^* ou E_B^*
 - ✓ Résistance au vent : V^*
 - basée sur la carte de zonage des NV65mod99
 - fonction de la situation géographique du bâtiment (dito EC1-4 catégorie de terrain)
 - fonction hauteur fenêtre au dessus du sol

3/ Normes et Règles de calcul

- Résistance au vent
 - Exigences de sécurité sous pression P3
 - Exigences de service
 - * exigence de rigidité/flèche sous $P1=1/3P3$
 - * exigence de résistance à la pression répétée sous $P2=2/3P3$

- ❖ Exigences sur les vitrages de fenêtres extérieures (NF DTU 39 P1à5)
 - En l'absence de protection ou de fermetures extérieures, des vitrages de protection sont à prévoir de type:
 - ✓ Vitrages feuilletés de sécurité
 - ✓ Vitrages trempés
 - ✓ Les parois vitrées empêchant la pénétration de débris doivent avoir un classement P2A
 - ✓ Pression de calcul : 2500Pa pour un vitrage vertical

CONCLUSIONS

- ❖ Des Règles de conception paracyclonique existent
- ❖ Des Règles de calcul et dimensionnement existent
 - ❖ Elles évoluent pour se rattacher à la réalité du terrain
 - ❖ Elles sont modifiées pour tenir compte des nouvelles tempêtes (reclassement de certains départements dans la carte de zonage pour prise en compte des tempêtes de décembre 1999)
 - ❖ Mais toujours à l'issue de catastrophes et de changement climatique notoire
- ❖ Une étude montre que les nouvelles Règles Eurocodes EC1-4 plus précises donnent en France des pressions dynamiques de référence supérieures à leur homologues des Règles NV65 de **23 à 42%** (**EC1-4 bcp plus sévère pour petits bâtiments en bordure littoral → SURCOUT**)

ANNEXES

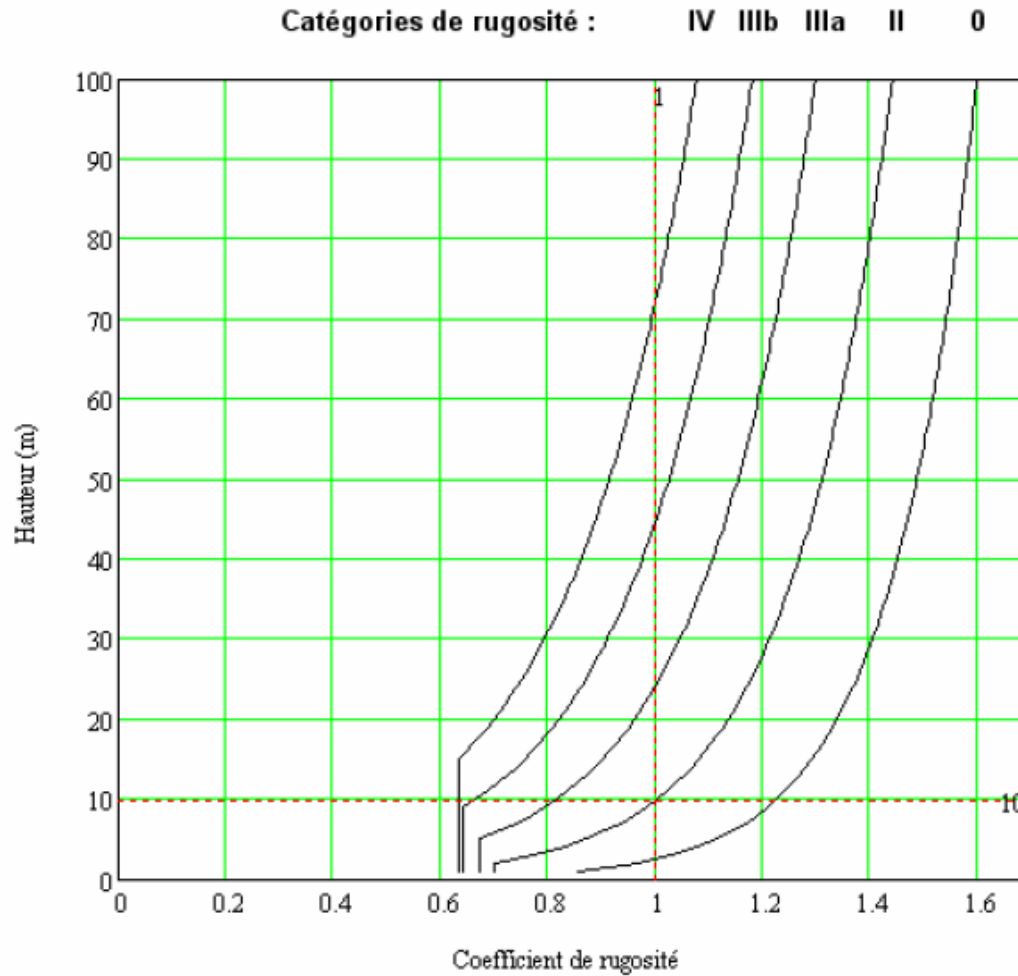
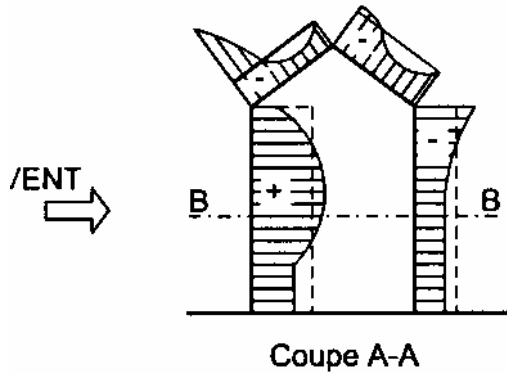
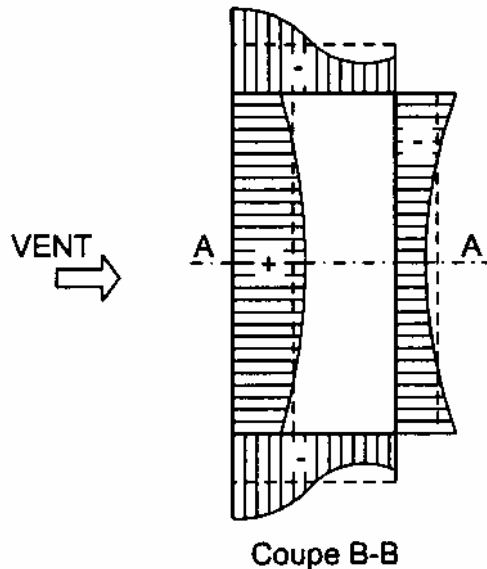


Figure 4.15(NA) — Coefficient de rugosité

ANNEXES

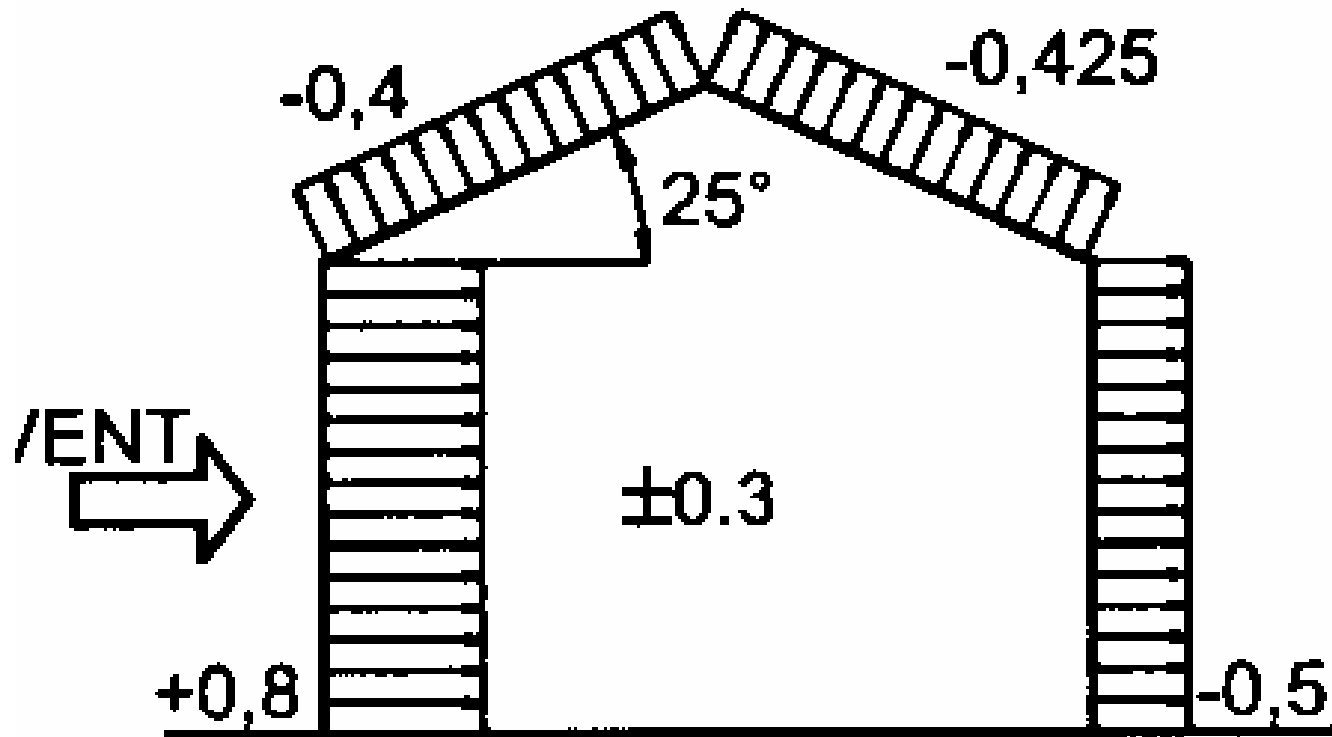


En réalité, sur des surfaces planes appartenant à une construction, l'action élémentaire unitaire varie d'un point à un autre, comme sur une surface courbe (fig. C-III-15), mais pour simplifier les calculs il a paru préférable d'adopter, pour chaque surface, une valeur moyenne et constante de la pression et par suite du coefficient c correspondant.



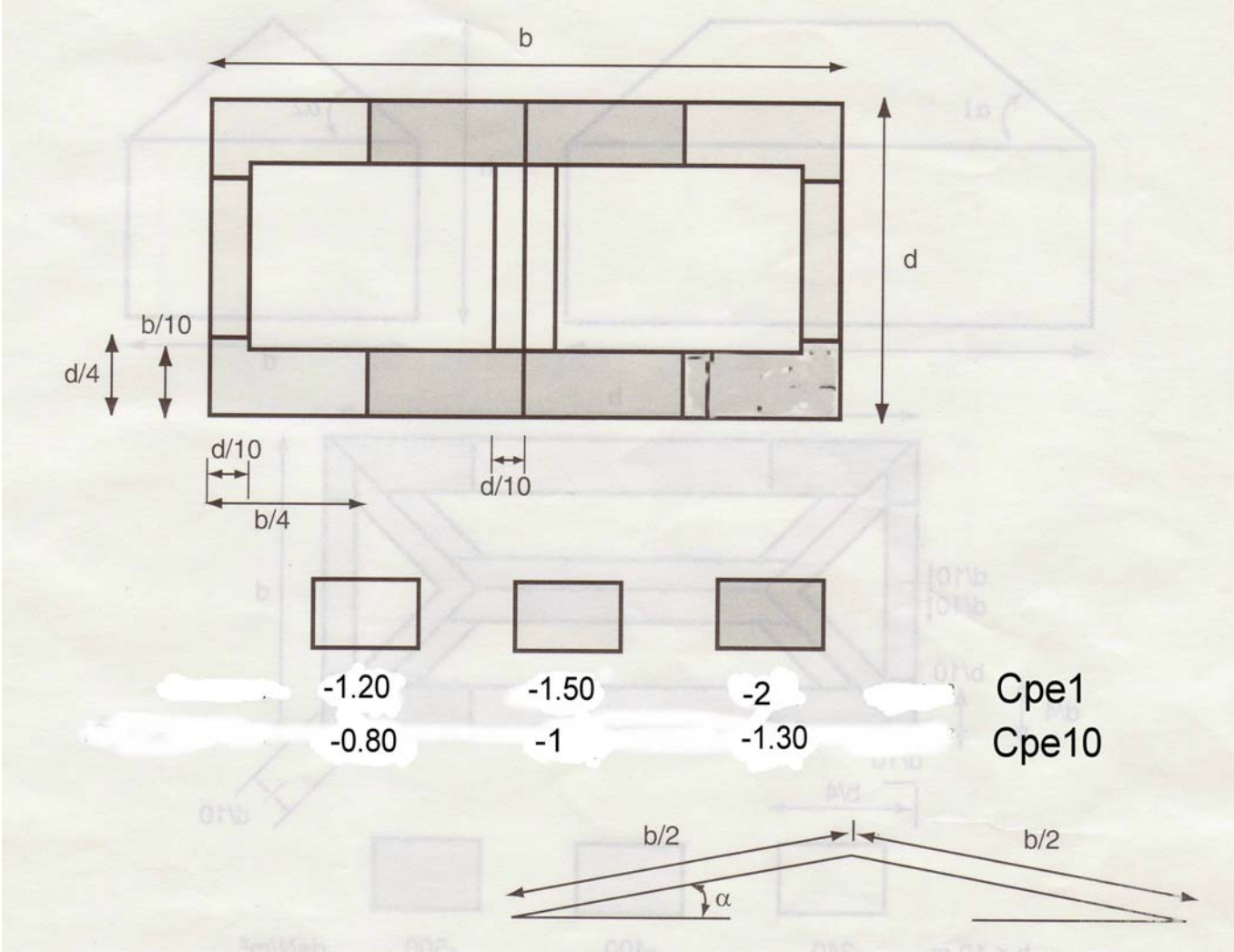
- Valeurs de c mesurées en soufflerie
- Valeurs moyennes de c

ANNEXES



Construction fermée à deux versants plans.

ANNEXES



ANNEXES

Zone	Situation	Hauteur H (m) de la fenêtre au-dessus du sol				
		H ≤ 6	6 < H ≤ 18	18 < H ≤ 18	28 < H ≤ 50	50 < H ≤ 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 ^{*)}	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	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

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

Les classes étant celles définies dans la NF EN 12210. De façon générale, les classes indiquées sont les classes V^{*}_{A2} à V^{*}_{A5} avec le critère du 1/150^e.

Si le critère est celui du 1/300^e selon l'exigence indiquée en 6.1.2.1.2 ces classes sont les classes V^{*}_{C2} ou V^{*}_{C3} (limite supérieure de rigidité).

ANNEXES

Zone	Situation	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	1200	1 200	1 200	1 200	1 200
	b	1 200	1 200	1 200	1 200	1 200
	c	1 200	1 200	1 200	1200	1 300
	d	1 200	1 200	1 200	1 250	1 400
2	a	1 200	1 200	1 200	1 200	1 200
	b	1 200	1 200	1 200	1 200	1 200
	c	1 200	1 200	1 200	1 350	1 550
	d	1 200	1 200	1 300	1 450	1 650
3	a	1 200	1 200	1 200	1 200	1 200
	b	1 200	1 200	1 200	1 200	1 300
	c	1 200	1 200	1 350	1 550	1 800
	d*)	1 200	1 400	1 550	1 700	1 900
4	a	1 200	1 200	1 200	1 200	1 200
	b	1 200	1 200	1 200	1 200	1 500
	c	1 200	1 400	1 550	1 750	2 050
	d*)	1 300	1 600	1 750	1 950	2 200
5	a	1 200	1 200	1 200	1 200	1 550
	b	1 200	1 200	1 250	1 550	1 900
	c	1 350	1 800	2 000	2 250	2 650
	d	1 700	2 100	2 250	2 500	2 800

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

ANNEXES

Zone	Situation	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	$A^*2 E^*4 V^*A2$	$A^*2 E^*4 V^*A2$	$A^*2 E^*4 V^*A2$	$A^*2 E^*4 V^*A2$	$A^*2 E^*4 V^*A2$
	b	$A^*2 E^*4 V^*A2$	$A^*2 E^*4 V^*A2$	$A^*2 E^*4 V^*A2$	$A^*2 E^*4 V^*A2$	$A^*2 E^*5 V^*A2$
	c	$A^*2 E^*4 V^*A2$	$A^*2 E^*4 V^*A2$	$A^*2 E^*5 V^*A2$	$A^*2 E^*5 V^*A2$	$A^*3 E^*6 V^*A3$
	d	$A^*2 E^*4 V^*A2$	$A^*2 E^*5 V^*A2$	$A^*2 E^*5 V^*A2$	$A^*3 E^*6 V^*A3$	$A^*3 E^*6 V^*A3$
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	$A^*2 E^*4 V^*A2$	$A^*2 E^*4 V^*A2$	$A^*2 E^*4 V^*A2$	$A^*2 E^*4 V^*A2$	$A^*2 E^*5 V^*A2$
	c	$A^*2 E^*4 V^*A2$	$A^*2 E^*5 V^*A2$	$A^*2 E^*5 V^*A2$	$A^*3 E^*6 V^*A3$	$A^*3 E^*7 V^*A3$
	d	$A^*2 E^*5 V^*A2$	$A^*2 E^*5 V^*A2$	$A^*3 E^*6 V^*A3$	$A^*3 E^*6 V^*A3$	$A^*3 E^*7 V^*A3$
3	a	$A^*2 E^*4 V^*A2$	$A^*2 E^*4 V^*A2$	$A^*2 E^*4 V^*A2$	$A^*2 E^*4 V^*A2$	$A^*2 E^*5 V^*A2$
	b	$A^*2 E^*4 V^*A2$	$A^*2 E^*4 V^*A2$	$A^*2 E^*4 V^*A2$	$A^*2 E^*5 V^*A2$	$A^*3 E^*6 V^*A3$
	c	$A^*2 E^*4 V^*A2$	$A^*2 E^*5 V^*A2$	$A^*3 E^*6 V^*A3$	$A^*3 E^*7 V^*A3$	$A^*3 E^*7 V^*A3$
	d*)	$A^*2 E^*5 V^*A2$	$A^*3 E^*6 V^*A3$	$A^*3 E^*7 V^*A3$	$A^*3 E^*7 V^*A3$	$A^*3 E^*8 V^*A4$
4	a	$A^*2 E^*4 V^*A2$	$A^*2 E^*4 V^*A2$	$A^*2 E^*4 V^*A2$	$A^*2 E^*5 V^*A2$	$A^*2 E^*5 V^*A2$
	b	$A^*2 E^*4 V^*A2$	$A^*2 E^*4 V^*A2$	$A^*2 E^*5 V^*A2$	$A^*2 E^*5 V^*A2$	$A^*3 E^*6 V^*A3$
	c	$A^*2 E^*5 V^*A2$	$A^*3 E^*6 V^*A3$	$A^*3 E^*7 V^*A3$	$A^*3 E^*7 V^*A3$	$A^*3 E^*8 V^*A4$
	d*)	$A^*3 E^*6 V^*A3$	$A^*3 E^*7 V^*A3$	$A^*3 E^*7 V^*A3$	$A^*3 E^*8 V^*A4$	$A^*3 E^*8 V^*A4$
5	a	$A^*2 E^*4 V^*A2$	$A^*2 E^*4 V^*A2$	$A^*2 E^*4 V^*A2$	$A^*2 E^*5 V^*A2$	$A^*3 E^*7 V^*A3$
	b	$A^*2 E^*4 V^*A2$	$A^*2 E^*4 V^*A2$	$A^*3 E^*6 V^*A3$	$A^*3 E^*7 V^*A3$	$A^*3 E^*8 V^*A4$
	c	$A^*2 E^*4 V^*A3$	$A^*3 E^*4 V^*A3$	$A^*3 E^*8 V^*A4$	$A^*3 E^*8 V^*A4$	$A^*3 E^*8 V^*A5$
	d	$A^*2 E^*4 V^*A3$	$A^*3 E^*4 V^*A4$	$A^*3 E^*8 V^*A4$	$A^*3 E^*8 V^*A5$	$A^*3 E^*9 V^*A5$

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