



**OFPPT**

**ROYAUME DU MAROC**

**مكتب التكوين المهني وإنعاش الشغل**

**Office de la Formation Professionnelle et de la Promotion du Travail**  
*Direction Recherche et Ingénierie de la Formation*

***RÉSUMÉ THÉORIQUE***  
***&***  
***GUIDE DE TRAVAUX PRATIQUES***

<b>MODULE</b>	<b>METRISER LES REGLES DU</b>
<b>N°: 14</b>	<b>VENT</b>

*Secteur : CONSTRUCTION METALLIQUE*

*Spécialité : TSBECEM*

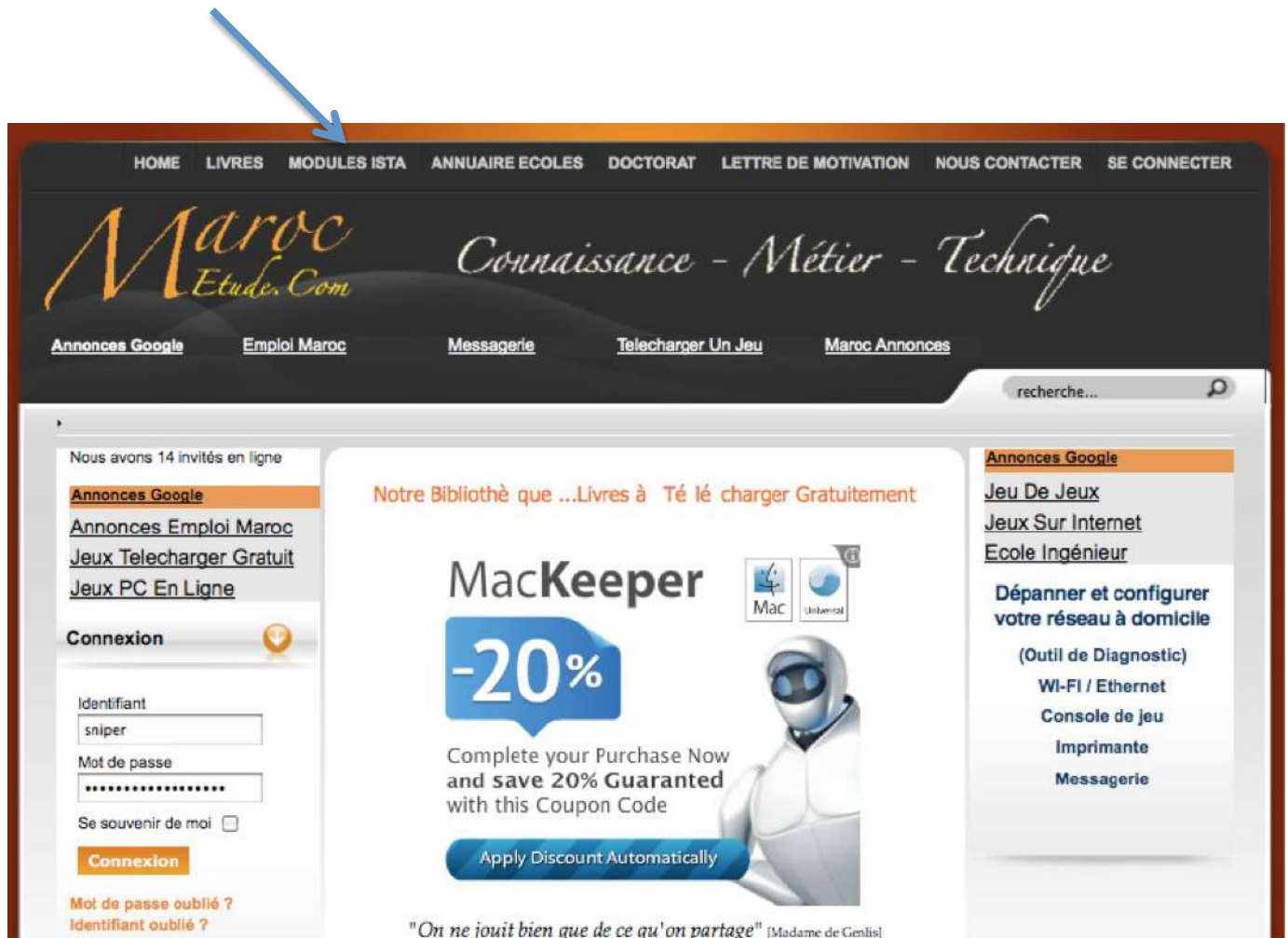
*Niveau : TECHNICIEN SPECIALISE*

## PORTAIL DE LA FORMATION PROFESSIONNELLE AU MAROC

Télécharger tous les modules de toutes les filières de l'OFPPT sur le site dédié à la formation professionnelle au Maroc : [www.marocetude.com](http://www.marocetude.com)

Pour cela visiter notre site [www.marocetude.com](http://www.marocetude.com) et choisissez la rubrique :

[MODULES ISTA](#)



The screenshot shows the website's interface. At the top, a navigation bar contains links: HOME, LIVRES, **MODULES ISTA**, ANNUAIRE ECOLES, DOCTORAT, LETTRE DE MOTIVATION, NOUS CONTACTER, and SE CONNECTER. Below this is the site's logo 'Maroc Etude.Com' and the tagline 'Connaissance - Métier - Technique'. A secondary navigation bar includes 'Annonces Google', 'Emploi Maroc', 'Messagerie', 'Telecharger Un Jeu', and 'Maroc Annonces'. A search bar is located on the right. The main content area features a central advertisement for MacKeeper with a '-20%' discount, a coupon code, and a 'Apply Discount Automatically' button. To the left is a login section with fields for 'Identifiant' (containing 'sniper') and 'Mot de passe', and a 'Connexion' button. To the right is a sidebar with 'Annonces Google' and a list of links: 'Jeu De Jeux', 'Jeux Sur Internet', 'Ecole Ingénieur', 'Dépanner et configurer votre réseau à domicile', '(Outil de Diagnostic)', 'Wi-Fi / Ethernet', 'Console de jeu', 'Imprimante', and 'Messagerie'. A quote at the bottom reads: '"On ne jouit bien que de ce qu'on partage"' [Madame de Genlis].

**Document élaboré par :**

*Nom et prénom*

*EFP*

*DR*

**MOKHTAR . EL HAOUARI**

**ISTA GM**

**Grand Casablanca**

**Révision linguistique**

-  
-  
-

**Validation**

-  
-  
-

**Les utilisateurs de ce document sont invités à communiquer à la DRIF toutes les remarques et suggestions afin de les prendre en considération pour l'enrichissement et l'amélioration de ce programme**

**DRIF**

## **SOMMAIRE**

- **OBJET DES REGLES :**
- **VERIFICATION DES CONDITIONS DE RESISTANCE ET DE STABILITE :**
- **DEFINITIONS ET PRINCIPES GENERAUX**
- **PRESSION DYNAMIQUE**
- **Provinces-Région du vent :**
- **DISPOSITIONS DES CONSTRUCTIONS**
- **ACTIONS STATIQUES EXERCEES PAR LE VENT**
- **CONSTRUCTIONS PRISMATIQUES A BASES QUADRANGULAIRE**
- **EXEMPLE DE DETERMINATION DES ACTIONS INTERIEURES POUR DES CONSTRUCTIONS COMPORTANT DES PAROIS PARTIELLEMENT OUVERTES**
-

## **MODULE 14 : METRISER LES REGLES DU VENT**

CODE :	THEORIE :	75 %	95 H
DUREE : 126 HEURES	TRAVAUX PRATIQUES :	22 %	
		20 H	
RESPONSABILITE : D'ETABLISSEMENT	ÉVALUATION :	3 %	4 H

### **OBJECTIF OPERATIONNEL DE PREMIER NIVEAU**

#### ***DE COMPORTEMENT***

##### **PRESENTATION**

Le module «Maitriser les règles du vent » est étudié au cours de la deuxième année de formation.

##### **DESCRIPTION**

L'objectif de ce module est de rendre le stagiaire capable de déterminer les surcharges climatiques et de maitriser les méthodes d'évaluation des efforts correspondants sur l'ensemble d'une construction ou sur ses différentes parties.

##### **CONTEXTE D'ENSEIGNEMENT**

A l'aide d'exemples appropriés, faire ressortir les raisons pour lesquelles la maitrise des règles du vent est indispensable à l'exercice du métier de dessinateur d'études en construction métallique.

##### **CONDITIONS DELVATION**

- Travail individuel
- A partir :
  - D'u cahier de charge.
  - De plans, de croquis ou directives.
  - De problèmes posés par le formateur.
- A l'aide :
  - De règles et de normes.
  - Des documents et catalogues.

**OBJECTIF OPERATIONNEL DE PREMIER NIVEAU**  
**DE COMPORTEMENT**

<b>OBJECTIFS</b>	<b>ÉLÉMENTS DE CONTENU</b>
A. Connaître la carte des régions des vents	-Connaître les différentes régions du vent au Maroc. -Déterminer les différentes pressions dynamiques normales et extrêmes relatives aux différentes régions.
B. Application sur les constructions prismatiques à base rectangulaire.	-Déterminer les coefficients de : Site. Dimensions. Masque. Hauteur. -Déterminer les coefficients des : Actions internes. Actions externes. Actions combinées : Vent en pression. Vent en dépression. -Déterminer les charges de vent appliquées.
C. Application des règles aux constructions fermées.	-Déterminer les coefficients de : Site. Dimensions. Masque. Hauteur. -Déterminer les coefficients des : Actions internes. Actions externes. Actions combinées : Vent en pression. Vent en dépression. -Déterminer les charges de vent appliquées.
D. Application des règles aux constructions fermées ouvertes comportant une paroi ouverte.	-Déterminer les coefficients de : Site. Dimensions. Masque. Hauteur. -Déterminer les coefficients des : Actions internes. Actions externes. Actions combinées : Vent en pression. Vent en dépression. -Déterminer les charges de vent appliquées.

## METRISER LES REGLES DU VENT

### 1. OBJET DES REGLES :

Les présentes règles ont pour objet de fixer les valeurs des surcharges climatiques (vent) et de donner les méthodes d'évaluation des efforts correspondants sur l'ensemble d'une construction ou sur ses différentes parties.

### 2. VERIFICATION DES CONDITIONS DE RESISTANCE ET DE STABILITE :

La vérification des conditions de résistance et de stabilité d'une construction sous l'action des surcharges climatiques doit être faite obligatoirement dans les deux hypothèses suivantes :

- a) sous l'action de surcharges normales,
- b) sous l'action de surcharges extrêmes,

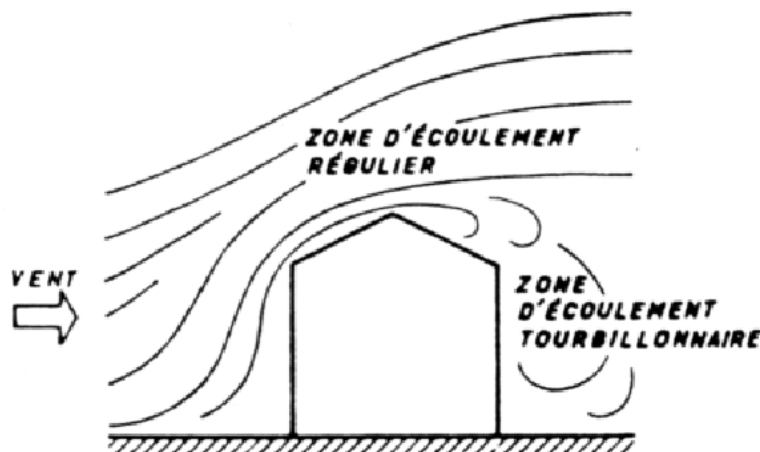
### 3. DEFINITIONS ET PRINCIPES GENERAUX :

#### 3.1 DIRECTION DU VENT

Pour le calcul des constructions, on suppose que la direction d'ensemble moyenne du vent est horizontale.

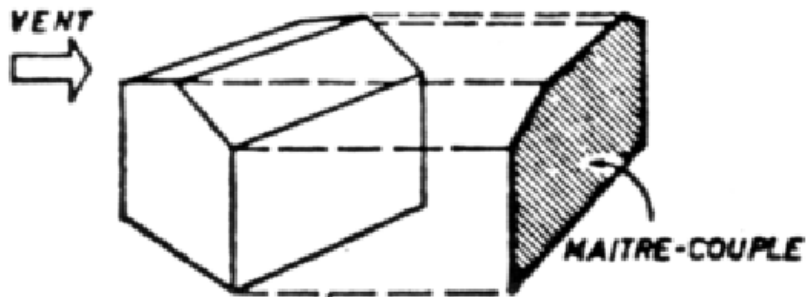
#### 3.2 EXPOSITION DES SURFACES

- les surfaces exposées au vent sont dites « au vent » ;
- les surfaces non exposées au vent ou parallèles à la direction du vent sont dites « sous le vent ».



### 3.3 MAITRE-COUPLE

Le maître couple est la projection orthogonale de la surface considérée ou de l'ensemble de la construction sur un plan normal à la direction du vent.



### 3.4 ACTION EXERCEE PAR LE VENT SUR UNE DES FACES D'UN ELEMENT DE PAROI :

L'action exercée par le vent sur une des faces d'un élément de paroi est considérée comme normale à cet élément.

Elle est fonction de :

- a) de la vitesse du vent
- b) de la catégorie de la construction et de ses proportions
- c) de l'emplacement de l'élément considéré dans la construction et de son orientation par rapport au vent
- d) des dimensions de l'élément considéré
- e) de la forme de la paroi (plane ou courbe)

### 3.5 PRESSION DYNAMIQUE ET COEFFICIENT DE PRESSION

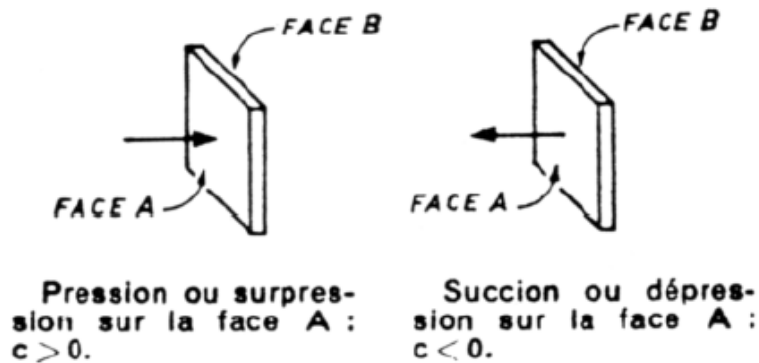
L'action élémentaire unitaire exercée par le vent sur une des faces d'un élément de paroi est donnée par un produit  $C \times q$ , dans lequel :

- **q** désigne la pression dynamique fonction de la vitesse du vent ;
- **C** un coefficient de pression fonction des dispositions de la construction définies en (3.4).

Une des faces d'un élément appartenant à une construction est dite soumise à une pression (ou à une surpression) lorsque la force normale à cette face est dirigée vers elle. Dans ce cas, par convention, C est positif.

Elle est dite soumise à une suction (ou à une dépression) lorsque la force est dirigée en sens contraire. Dans ce cas, par convention, C est négatif.





#### 4. PRESSION DYNAMIQUE

##### 4.1 Définition

La pression dynamique  $q$  en (daN / m<sup>2</sup>) est donnée en fonction de la vitesse  $V$  du vent en (m /s) par la formule :  **$q = v^2 / 16.3$**

##### 4.2 Pression dynamique normale et pression dynamique extrême

On doit envisager dans les calculs une pression dynamique normale et une pression dynamique extrême ; le rapport de la seconde à la première est égal à 1.75.

Régions	Vitesses extrêmes	
	m/s	Km/h
-I.....	39	140
-II.....	44	158
-III.....	62	223
-IV.....	-	-

##### 4.3 PRESSIONS DYNAMIQUES DE BASE

###### 4.3.1 Définition

Par convention, les pressions dynamiques de base normale et extrême sont celles qui s'exercent à une hauteur de 10 m 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.

###### 4.3.2 Valeurs

Elles varient avec les régions et à une altitude inférieure ou égale à 1000 m sont données par le tableau suivant :

régions	Pression dynamique de base normale (daN/m <sup>2</sup> )	Pression dynamique de base extrême (daN/m <sup>2</sup> )
- Région 1	53.5	93.6
- Région II	68	119
- Région III	135	236
- Région IV	-	-

Carte des regions

## **Provinces-Région du vent :**

<i>Provinces</i>	<i>Municipalités-Cercles</i>	<i>Régions</i>
Ad-Dakhla	Ad-Dakhla; Al-Argoub; Bir Gandoui	1
	Bir Anzarane; Aousard	4
Agadir	Agadir;Inzegane;Biougra	1
Al Hoceima	Al Hoceima;B.Boufran ;Ajdit	1
Azilal	Azilal ; Damnat ; Ouaouizarht	4
Beni-Maellal	Beni-Mallal; Had Ould Ben Moussa;Fkih Ben Salah;Kasb-Tadla	1
Ben Slimane	Ben Slimane; Bouznika	1
Boulmane	Boulmane ; Missouri ; Outate El Haj	4
Boujdour (*)	Boujdour ; La partie Est	1
Casablanca	Casa ; Mouhamadia ;TitMellil ;Nouasser ; dar Bouazza ; Ain Harrouda	1
Chefchaoun	Chefchaoun; Mokrissat; Bab Berred; Sidi Bennour	4
El Jadida	El Jadida ; Azemmour ; Sidi Smail ; Sidi Bennour	1
El Kelaâ	El Kelaâ ; Attaouia; Sidi Bou Othmane; Ben Querir	1
Errachidia (*)	Errachidia ; Rich – Assoï ; Goulmima	3
	Erfoud - Rissani	4
Essaouira	Essaouira ; Tamaner	3
Essemara	Essemara	4
Fés	Fés ; Sefrou	2
Figuig	Figuig ; Beni Tajjit	4
Ifrane	Ifrane ; Azrou	3
Goulmime(*)	Goulmime; Bou Zekarn	2
	Assa Zag	4
Khemissat	Khemissat ; Tiflet ; Romani ;Oulmes	1
Kenitra	Kenitra ; Sidi Slimane ; Souk El Arba du Gharbe	1
		1
Khenifra(*)	Khenifra ; El Kbab	4
	Midelt	3
Khouribga	Khouribga ; Oued Zem ; Boujad	1
Laâyoune(*)	Laâyoune ; daoura	2
Marrakech	Marrakech ; Ait Ourir ; Tahannaoute ;Amzmiz ; Imin-tanoute ; Chechaoua	1
Meknes	Meknes ; El hajeb	1
Nador	Nador ; Zaïon ; Zghanghane; Driouch ; Mider	1
Ouarzazat	Ourzazat ; Boumalne; Ane;	3
	Zagora	4
Oujda (*)	Oujda; Berkane ; Taourirt	3
	Jerada	4
Rabat	Rabat ; Salé	1
Safi	Safi ; Jamaâ Shaim ;Chemaia	1
Settat	Settat; Ben Ehmed; Berrechid; El Bourouj	1
Sidi Kacem	Sidi Kacem; Machraâ Bel Le Ksiri; Had Kourt; Ouazzane	1
Skhirate	Skhirate ; Temara	1
Tanger	Tanger ; Asila	3
Tan-Tan	Tan-Tan	2
Taroudant	Taroudant ; Ouled Taima; Irherm; Taliouine	4
Tata	Tata; Akka; Fom Zguid	4
Taounate	Taounate; Tissa; Kariet Ba Mohamed; Ghfsai	4
Taza	Taza; Thsia; Gercif ; Aknouï ; Taineste	3
Tetouan	Tetouan ; Lrache	2
	Ksar El Kebir	1
Tiznit (*)	Tiznit; Ifni; Anezi	2
	Tafraoute	4
	Tleta des Akhasass	4

#### 4.4 MODIFICATION DES PRESSIONS DYNAMIQUES DE BASE

##### 4.4.1 Effet de la hauteur au dessus du sol

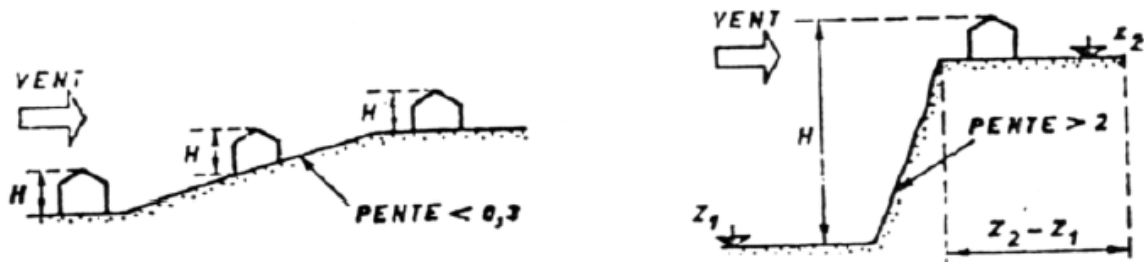
Soit  $Q_h$  la pression dynamique agissant à la hauteur  $H$  au-dessus du sol exprimée en mètre,  $Q_{10}$  la pression dynamique de base à 10 m de hauteur.

Pour  $H$  compris entre 0 et 500 m, le rapport entre  $Q_h$  et  $Q_{10}$  est défini par la formule :

$$q_h / q_{10} = 2,5 (H+18) / (H+60)$$

Pour les constructions en bordure immédiate du littoral, on adopte une pression constante entre 0 et 10 m égale à celle régnant à 10 m.

Lorsque le sol environnant la construction présente des dénivellations avec fortes pentes, la hauteur  $H$  est comptée à partir d'un niveau intérieur à celui du pied de la construction.



##### 4.4.2 Effet de site

A l'intérieur d'une région à laquelle correspondent des valeurs déterminées des pressions dynamiques de bases, il convient de tenir compte de la nature du site d'implantation de la construction.

Les règles considèrent trois types de sites :

- Site protégé : fond de cuvette bordé de collines sur tout son pourtour et protégé ainsi pour toutes les directions du vent.
- Site normal : plaine ou plateau de grande étendue pouvant présenter des dénivellations peu importantes, de pente inférieure à 10%.
- Site exposé : au voisinage de la mer : le littoral en général (sur une profondeur d'environ 6 Km) ; le sommet des falaises ; les îles et presqu'îles

Les valeurs des pressions dynamiques de base normale et extrême doivent être multipliées par un coefficient de site  $K_s$ , égal à :

	Région I	Région II	Région III	Région IV
Site protégé	0,80	0,80	0,80	
Site normal	1,00	1,00	1,00	1,00
Site exposé	1,35	1,30	1,25	1,25

#### 4.4.3 Effet de masque

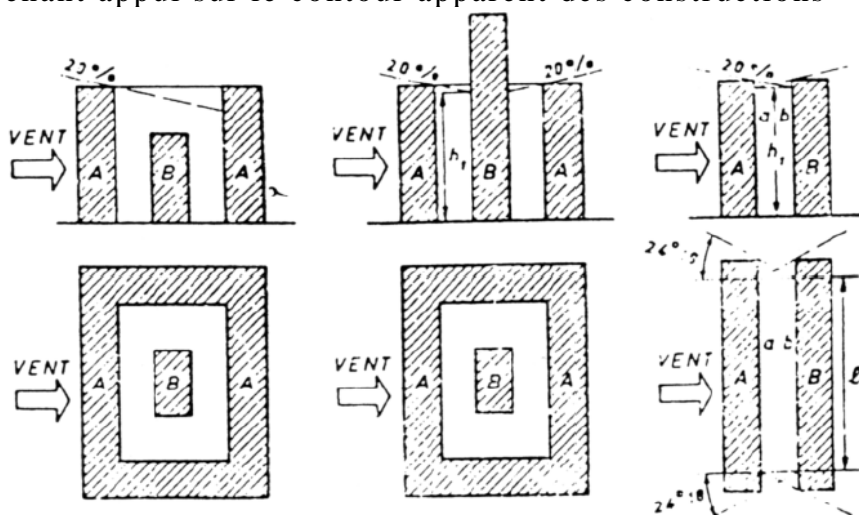
Il y a effet de masque lorsqu'une construction est masquée partiellement ou totalement par d'autres constructions ayant une grande probabilité de durée.

L'effet de masque peut se traduire :

- soit par une aggravation des actions du vent, lorsque la construction située derrière le masque se trouve dans une zone de sillage turbulent. Dans ce cas, il n'est pas possible de formuler des règles ; seuls des essais en soufflerie peuvent donner des renseignements précis.
- soit par une réduction des actions du vent dans les autres cas. Les pressions dynamiques de base peuvent alors être réduites de 25 %

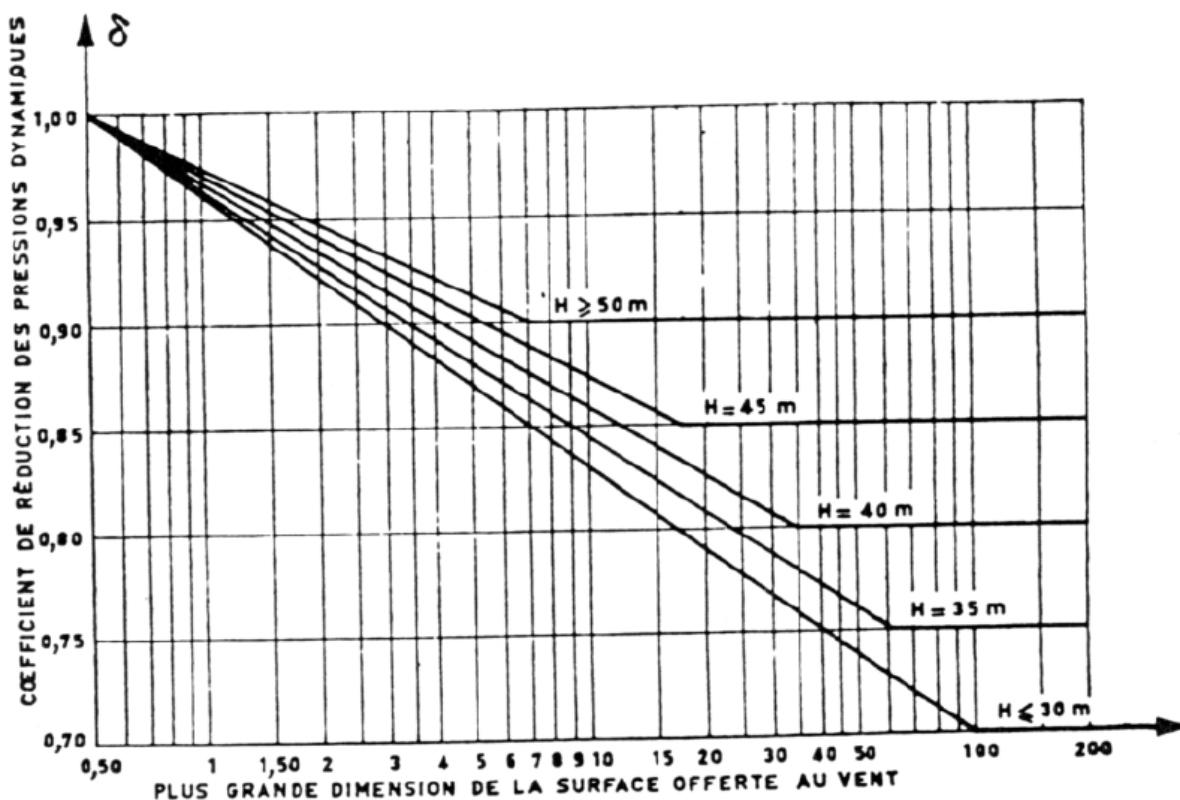
Les surfaces intéressées doivent remplir simultanément les deux conditions suivantes :

- ✓ être abritées entièrement par le masque pour toutes les directions du vent dans le plan horizontal ;
- ✓ être situées au-dessous de la surface décrite par une génératrice ayant une pente de 20 % vers le sol, dirigée vers l'intérieur du masque et prenant appui sur le contour apparent des constructions protectrices.



#### 4.4.4 Effet des dimensions

Les pressions dynamiques s'exercent sur les éléments constitutifs d'une construction doivent être affectées d'un coefficient de réduction fonction de la plus grande dimension (horizontale ou verticale) de la surface offerte au vent (maitre-couple) interessant l'élément considéré, et de la cote H du point le plus haut de cette surface.



#### 4.4.5 Réduction maximale des pressions dynamiques de bases

Les réductions autorisées par les règles « effet de masque » et « effet des dimensions » ne doivent en aucun cas, dépasser 33%.

### 5. DISPOSITIONS DES CONSTRUCTIONS

#### 5.1 CLASSEMENT DES CONSTRUCTIONS EN CATEGORIES

Les règles définissent les constructions d'après :

- leur forme d'ensemble,
- leur position dans l'espace,
- la perméabilité de leurs parois

##### 5.1.1 Forme d'ensemble

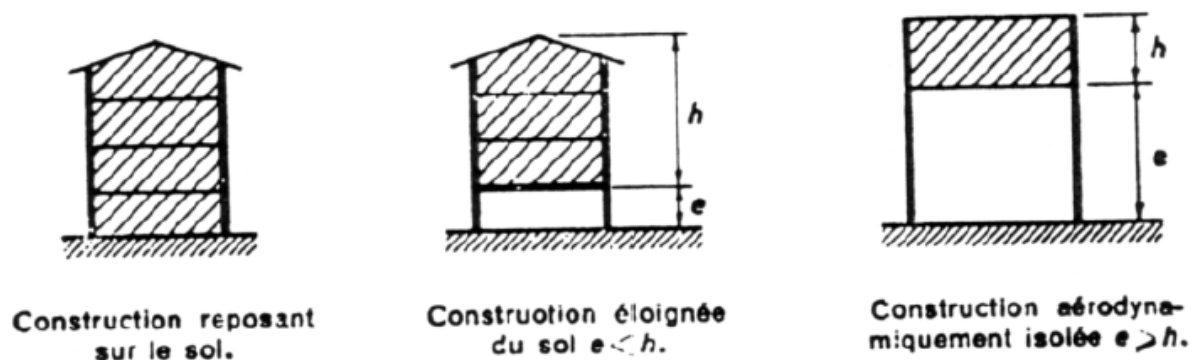
Les règles distinguent :

- les constructions prismatiques à base quadrangulaire
- les constructions prismatiques à base polygonale régulière ou circulaire
- les panneaux pleins et les toitures isolées
- les constructions ajourées et les constructions en treillis
- les constructions diverses ne rentrant pas dans les catégories précédentes.

### 5.1.2 Position dans l'espace

Les règles envisagent :

- les constructions reposant sur le sol ou accolées à un plan de grandes dimensions (immeuble ou mur) ;
- les constructions aérodynamiquement isolées dans l'espace, pour lesquelles les distances au sol et à une paroi voisine sont respectivement supérieures ou égales à leur dimension suivant la verticale ou suivant une perpendiculaire à cette paroi ;
- les cas intermédiaires entre le cas a) et le cas b) ;
- les constructions comprises entre deux plans parallèles de grandes dimensions (immeubles ou mur).



### 5.1.3 Perméabilité des parois

Une paroi a une perméabilité au vent de  $\mu$  % si elle comporte des ouvertures de dimensions quelconques dont la somme des aires représente  $\mu$  % de son aire total.

D'après le degré de perméabilité des parois, les règles considèrent trois types de constructions. Une construction est dite :

- **Fermée**, si ses parois présentent des fuites et des petites ouvertures uniformément réparties, la perméabilité moyenne de ces parois étant inférieure ou égale à 5 %.
- **Partiellement** ouverte, si l'une des parois au moins présente où peut présenter une perméabilité moyenne comprise entre 5 % et 35 % ;
- **Ouverte**, si l'une des parois au moins présente où peut présenter à certains moments une perméabilité égale ou supérieure à 35 %.

## 6. ACTIONS STATIQUES EXERCEES PAR LE VENT

### 6.1 ACTIONS EXTERIEURES ET ACTIONS INTERIEURES

Quelle que soit la construction, la face extérieure de ces parois est soumise :

- à des succions, si les parois sont « sous le vent » ;
- à des pressions ou à des surpressions, si elles sont « au vent ».

Ces actions sont dites actions extérieures.

Dans les constructions fermées, ouvertes ou partiellement ouvertes, les volumes intérieurs compris entre les parois peuvent être dans un état de surpression ou de dépression suivant l'orientation des ouvertures par rapport au vent et leur importance relative. Il en résulte sur les faces intérieures des actions dites actions intérieures.

Les actions extérieures sont caractérisées par un coefficient  $C_e$ , les actions intérieures par un coefficient  $C_i$ .

### 6.2 ACTION RESULTANTE UNITAIRE SUR UNE PAROI

Elle est donnée par l'expression :  $p_r = q (C_e - C_i)$

### 6.3 ACTION RESULTANTE TOTALE SUR UNE PAROI

L'action résultante totale exercée sur une paroi plane de surface  $S$  est donnée par la l'expression  $P = p_r \cdot S$



# CONSTRUCTIONS PRISMATIQUES A BASES QUADRANGULAIRE

## 1. PRESCRIPTIONS COMMUNES

### Pression dynamique

#### Direction du vent

D'une manière générale la direction du vent est supposée normale aux parois verticales de la construction.

#### Rapport de dimensions $\lambda$

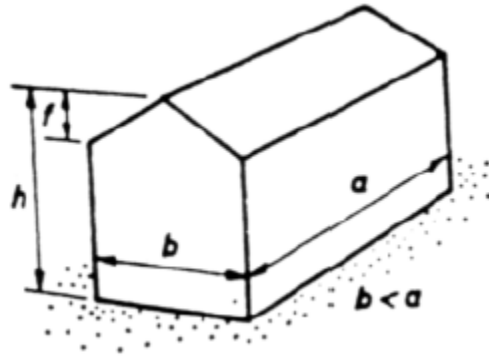
Pour une direction de vent donnée, le rapport de dimensions  $\lambda$  est le rapport de la hauteur  $h$  de la construction à la dimension horizontale de la face frappée :

$$\lambda_a = h / a \quad \text{et} \quad \lambda_b = h / b$$

## 2. CONSTRUCTIONS PRISMATIQUES A BASE RECTANGULAIRE REPOSANT SUR LE SOL

### Caractéristiques

- leur forme générale en plan est un rectangle de dimensions  $a$  et  $b$  ( $a > b$ ) ;
- leur hauteur totale est désignée par  $h$  et la flèche de leur toiture par  $f$  ;
- leur couverture est :
  - soit une toiture-terrasse,
  - soit une toiture à un, deux ou plusieurs versant plans,
  - soit une toiture en voûte ;
- toutes leurs parois verticales sont planes et reposent sur le sol ;
- leurs parois verticales peuvent être fermées ou bien partiellement ouvertes ou ouvertes sous réserve qu'une paroi au moins sur les quatre soit fermée.

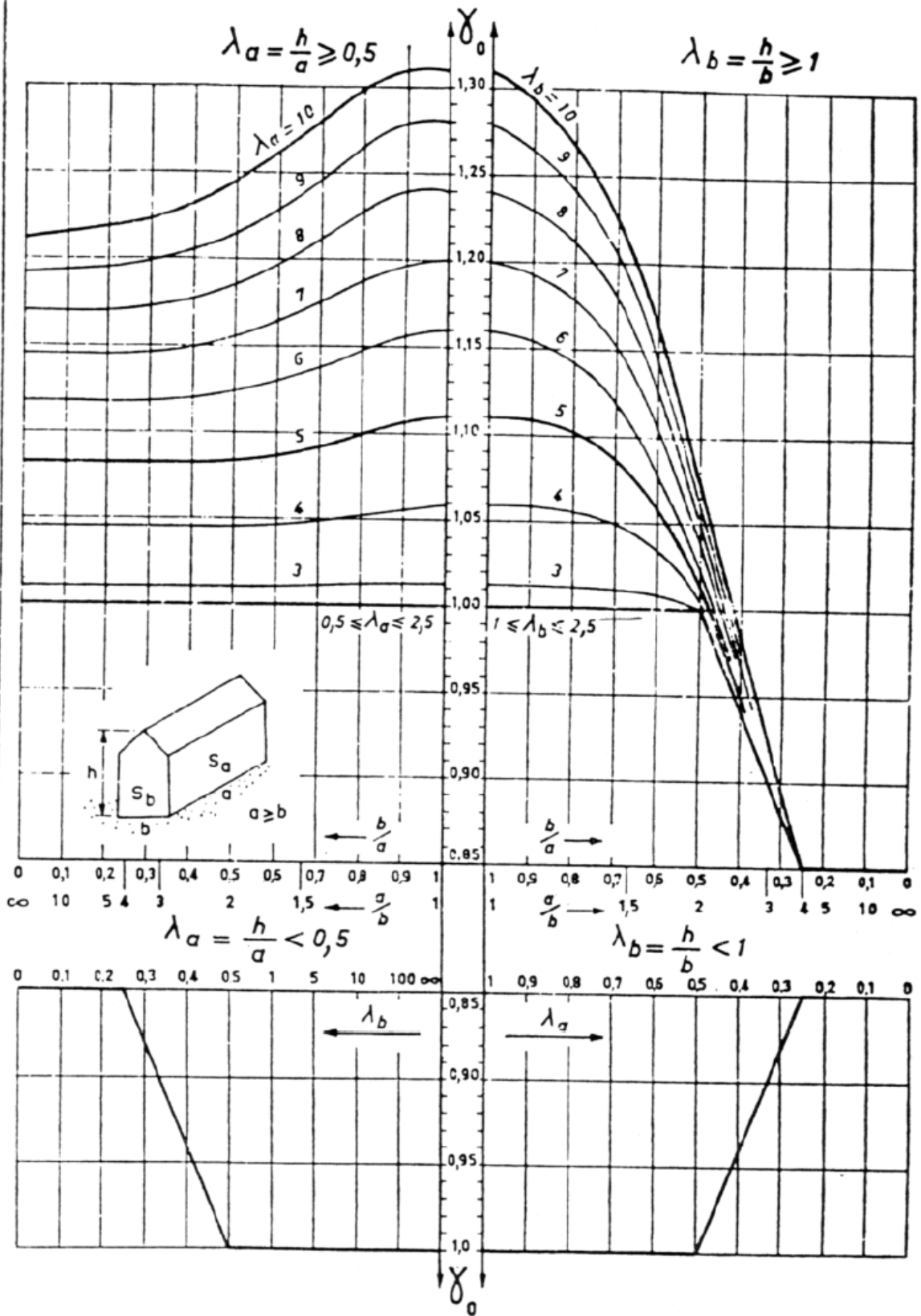


### Coefficient $\gamma_0$

La valeur du coefficient  $\gamma_0$  est donnée par le diagramme de la figure ci-dessous :

VENT NORMAL À LA GRANDE FACE  $S_a$

VENT NORMAL À LA PETITE FACE  $S_b$



1) Pour un vent normal à la grande face  $S_a$

- si  $\lambda_a > 0,5$  par le quadrant supérieur gauche en fonction de  $\lambda_a$  et de  $b/a$  ;
- si  $\lambda_a < 0,5$  par le quadrant inférieur gauche en fonction de  $\lambda_b$  ;

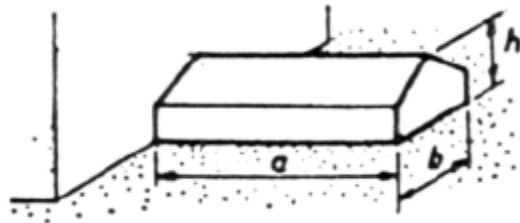
2) Pour un vent normal à la petite face  $S_b$

- si  $\lambda_b > 1$  par le quadrant supérieur droit en fonction de  $\lambda_b$  et de  $b/a$  ;
- si  $\lambda_b < 1$  par le quadrant inférieur droit en fonction de  $\lambda_a$  ;

**Cas particuliers :**

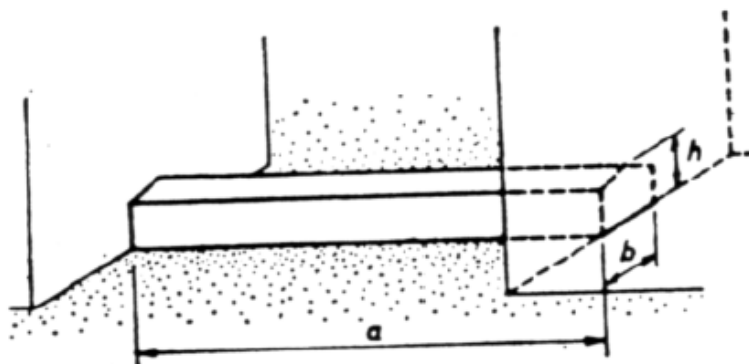
- Constructions reposant sur le sol et accolées à un plan de grandes dimensions (immeuble ou mur)

Ce type de construction réagit aérodynamiquement comme une construction de longueur  $2a$ .



- Construction reposant sur le sol et comprise entre deux plans parallèles de grandes dimensions (immeubles ou murs).

Ce type de construction réagit aérodynamiquement comme une construction de longueur  $a$  infini.  $\lambda_a$  est donc très petit et inférieur à 0,5.



## **Actions extérieures**

### Actions moyennes

1- parois verticales

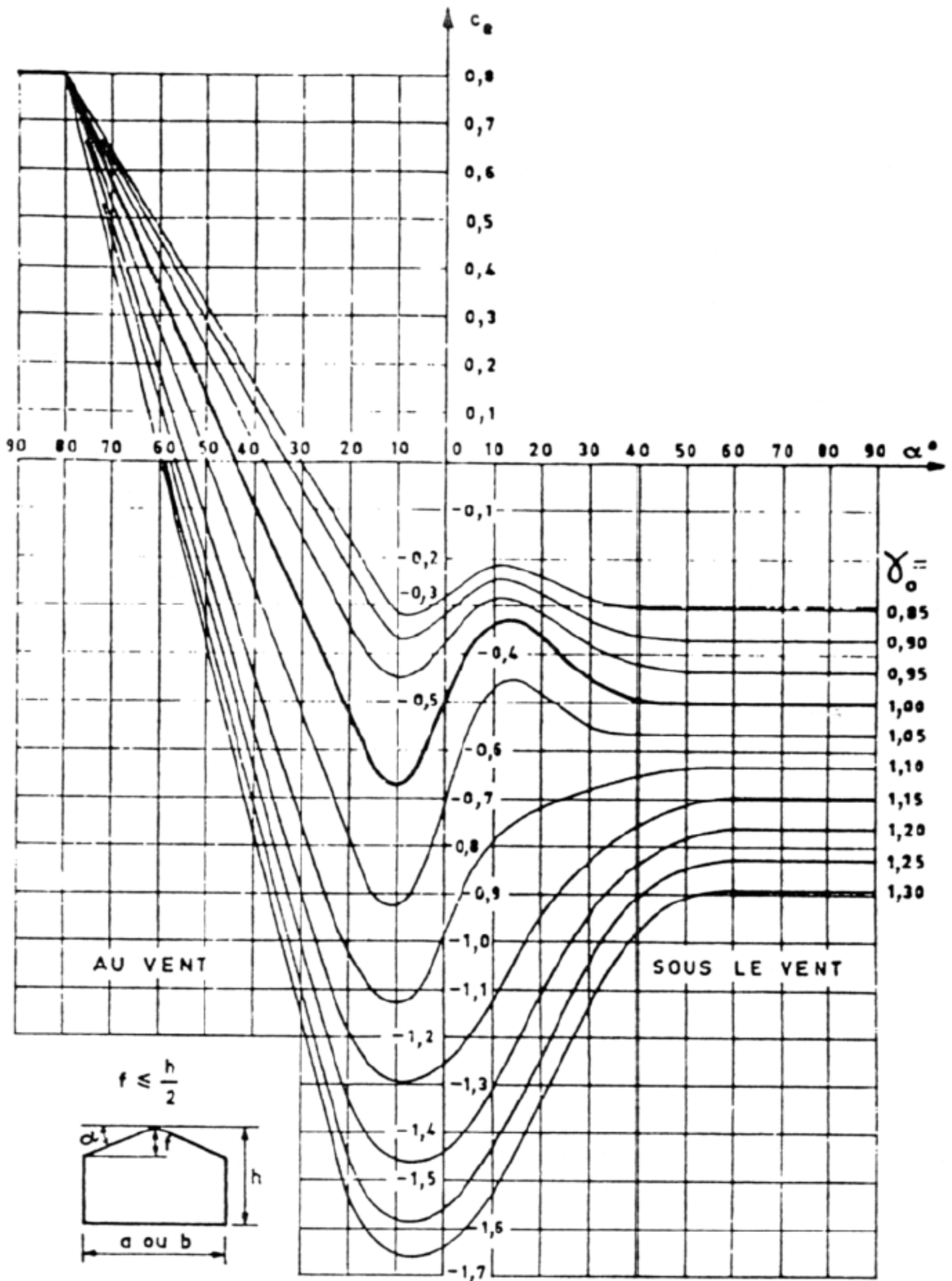
Face au vent  $C_e = +0,8$  (quel que soit  $\gamma_0$ )

Face sous le vent  $C_e = - (1,3 \gamma_0 - 0,8)$

2- Toitures

#### **2.2. Vent normal aux génératrices**

Dans le cas de toitures à versants plans dont la flèche  $f$  est inférieure à la moitié de la hauteur  $h$ , de la construction, les coefficients de pression  $C_e$  sont déterminés par le diagramme de la figure ci-dessous en fonction de l'angle d'inclinaison,  $\alpha$  (en degrés) du versant considéré sur la direction du vent et du coefficient  $\gamma_0$ .



Les différentes possibilités qui peuvent se présenter :

**Toiture à versants plans :**

**$f \leq h / 2$**   $C_e$  fonction de  $\alpha$  et de  $\gamma_0$

**$4h / 5 \leq f \leq h$**   $C_e$  fonction de  $\alpha$  seulement

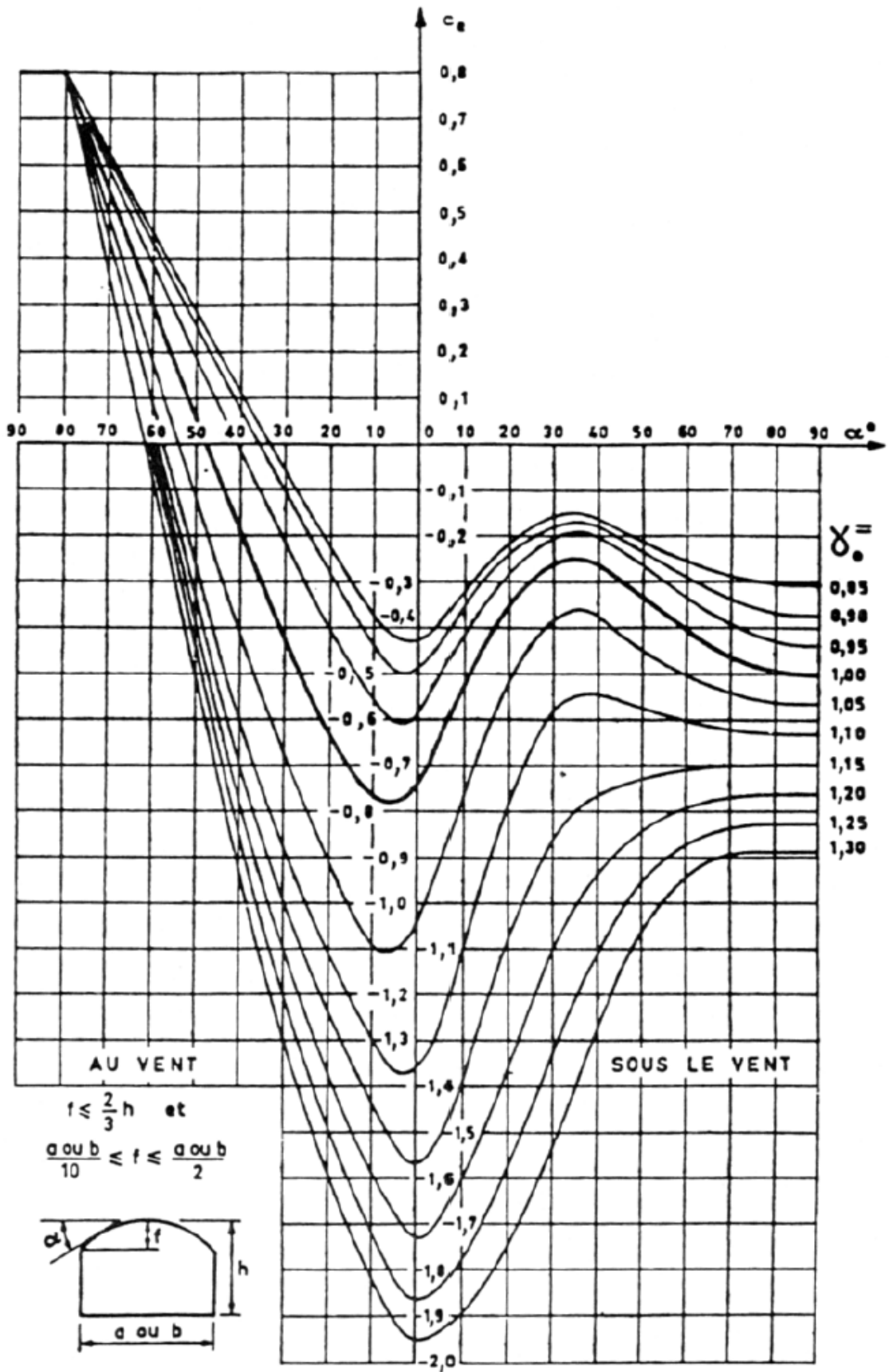
**$h / 2 < f < 4h / 5$**  interpolation entre les deux cas en fonction de  $f / h$

**Toitures en voûtes**

**$(a \text{ ou } b / 10) \leq f \leq (a \text{ ou } b) / 2$  et  $f \leq 2h / 3$** - $C_e$  fonction de  $\alpha$  et de  $\gamma_0$

**$f \leq (a \text{ ou } b) / 10$  et  $f \leq 2h / 3$**  interpolation en fonction

de  **$f / (a \text{ ou } b)$**  entre le cas précédent [  $f = (a \text{ ou } b) / 10$  ] et le cas de la toiture terrasse (voir diagramme ci-dessous  $\alpha=0$ )



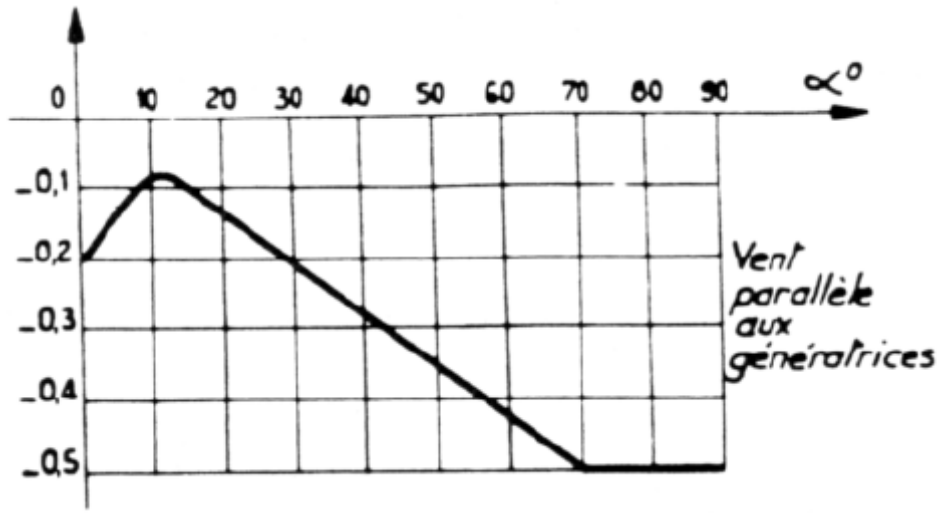


2.2. Vent parallèle aux génératrices

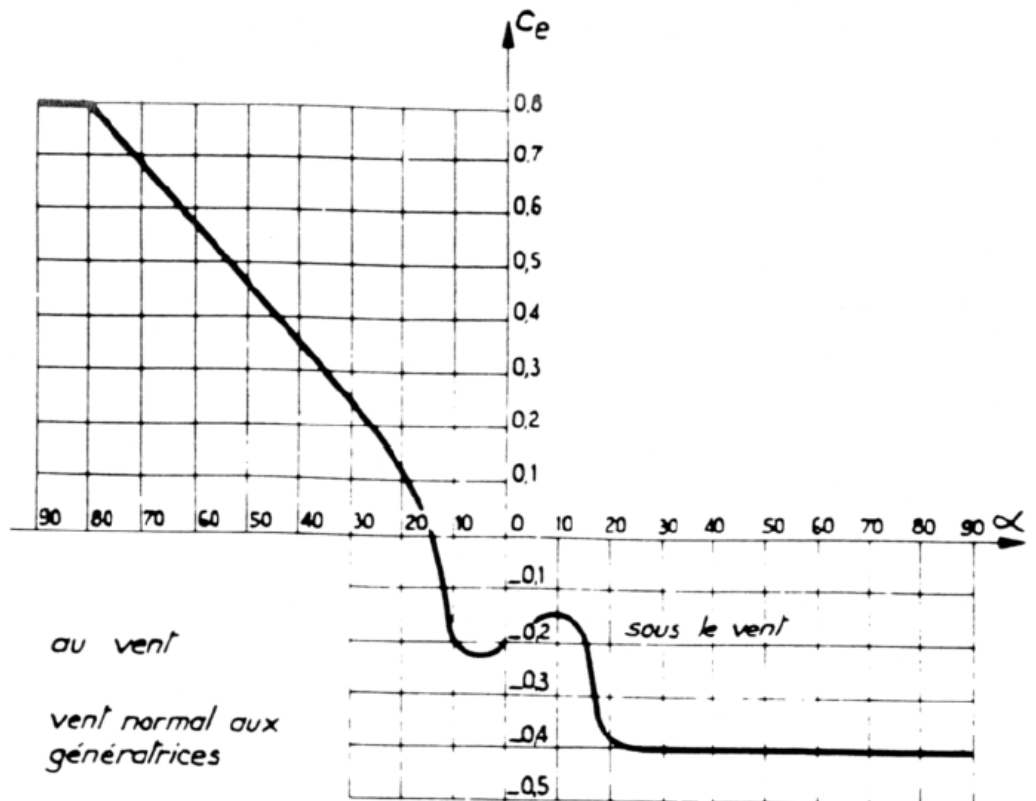
Toiture à versants plans :

$f \leq h / 2$   $C_e$  fonction de  $\gamma_0$  (avec  $\alpha = 0$ )

$4h / 5 \leq f \leq h$   $C_e$  indépendant de  $\gamma_0$ , voir diagramme ci-dessous avec  $\alpha=0$



$h / 2 \leq f \leq 4h / 5$  interpolation entre les deux cas en fonction de  $f / h$



## Toitures en voûtes

$(\mathbf{a \text{ ou } b} / 10) \leq \mathbf{f} \leq (\mathbf{a \text{ ou } b}) / 2$  et  $\mathbf{f} \leq 2\mathbf{h} / 3$   $C_e$  fonction de  $\gamma_0$   
avec  $\alpha = 0$

$\mathbf{f} \leq (\mathbf{a \text{ ou } b}) / 10$  et  $\mathbf{f} \leq 2\mathbf{h} / 3$  interpolation en fonction  
de  $\mathbf{f} / (\mathbf{a \text{ ou } b})$  entre le cas précédent [  $\mathbf{f} = (\mathbf{a \text{ ou } b}) / 10$  ] et le cas de la  
toiture terrasse (voir diagramme  $\alpha=0$ )

### **Actions intérieures**

Les actions intérieures sont déterminées par des coefficients  $C_i$  calculés au  
moyen de formules variables pour chaque cas. Lorsque ces déterminations  
conduisent à des coefficient comprise entre -0,20 et 0, on prend -0,2,  
lorsqu'ils sont compris entre 0 et +0,15, on prend +0,15.

### Constructions fermées

Les parois ont une perméabilité  $\mu \leq 5 \%$ .

On applique simultanément sur les faces intérieures de tous les  
compartiments :

- soit une surpression avec  $C_i = + 0,6 (1,8 - 1,3 \gamma_0)$
- soit une dépression avec  $C_i = - 0,6 (1,3 \gamma_0 - 0,8)$

### Constructions ouvertes comportant une paroi ouverte

La paroi ouverte a une perméabilité  $\mu \geq 35 \%$ , les autres parois y compris  
les versants de toiture ont des perméabilités  $\mu \leq 5 \%$ .

On applique :

- lorsque la partie ouverte est au vent :

Une surpression avec  $C_i = +0,8$  sur la face intérieure des parois de  
perméabilité paroi  $\mu \leq 5\%$  y compris les versants de toiture ;

et une dépression avec  $C_i = - 0,6 (1,3 \gamma_0 - 0,8)$  sur la face intérieure  
de la paroi de perméabilité  $\mu \geq 35 \%$  .

- lorsque la partie ouverte est sous le vent :

Une dépression  $C_i = -(1,3 \gamma_0 - 0,8)$  sur la face intérieure des parois de perméabilité  $\mu \leq 5 \%$  y compris les versants de toiture ;

et une surpression avec  $C_i = + 0,6 (1,8 - 1,3 \gamma_0)$  sur la face intérieure de la paroi de perméabilité  $\mu \geq 35 \%$  .

#### Constructions ouvertes comportant deux parois opposées ouvertes

Les parois ouvertes ont une perméabilité  $\mu \geq 35 \%$ , les autres parois ont des perméabilités  $\mu \leq 5 \%$ .

- Parois situées dans le courant d'air

On calcule les parties de parois ou de constructions intérieures situées dans le courant d'air, comme si elles étaient isolées dans l'espace, abstraction faite des autres parties de la construction.

- Parois situées hors du courant d'air

On applique à toutes les parties de parois ou de constructions intérieures, situées hors du courant d'air :

- lorsque les parois de perméabilité  $\mu \geq 35 \%$  sont normales au vent :

Soit une surpression  $C_i = + 0,6 (1,8 - 1,3 \gamma_0)$

Soit une dépression  $C_i = - 0,6 (1,3 \gamma_0 - 0,8)$

- lorsque les parois de perméabilité  $\mu \geq 35 \%$  sont parallèles au vent :

Soit une surpression  $C_i = + 0,6 (1,8 - 1,3 \gamma_0)$

Soit une dépression  $C_i = - (1,3 \gamma_0 - 0,8)$

#### Constructions comportant des parois partiellement ouvertes

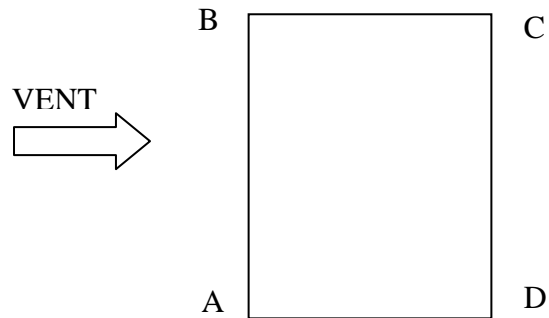
Une ou plusieurs parois ont une perméabilité  $\mu$  comprise entre 5 % et 35 %.

On applique sur les faces intérieures des différentes parois soit des surpressions soit des dépressions déterminées par simple (ou double) interpolation linéaire en fonction des perméabilités  $\mu$  entre les coefficients des constructions fermées et les coefficients des constructions ouvertes.

**B. Exemple de détermination des actions intérieures pour des constructions comportant des parois partiellement ouvertes**

**RAPPEL**

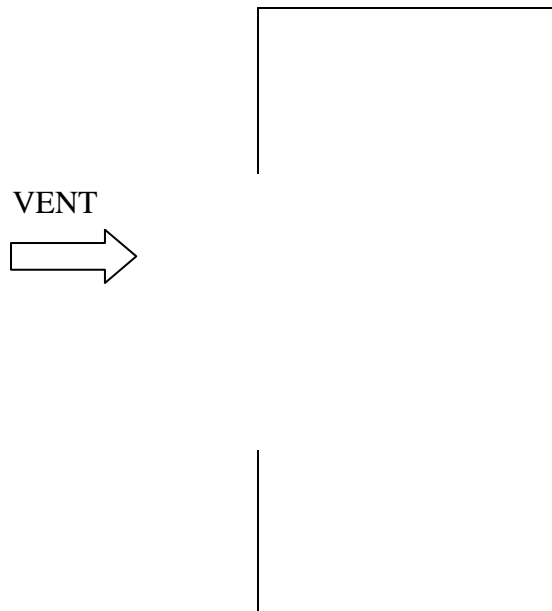
1) CONSTRUCTIONS FERMEES ( $\mu \leq 5\%$ )



Sur chacune des parois AB, BC, CD et AD, on applique :

- soit une surpression avec  $C_i = + 0,6 (1,8 - 1,3 \gamma_0)$
- soit une dépression avec  $C_i = - 0,6 (1,3 \gamma_0 - 0,8)$

2) CONSTRUCTIONS OUVERTES COMPORTANT UNE PAROI OUVERTE



**Paroi ouverte  $\mu \geq 35\%$  au vent**

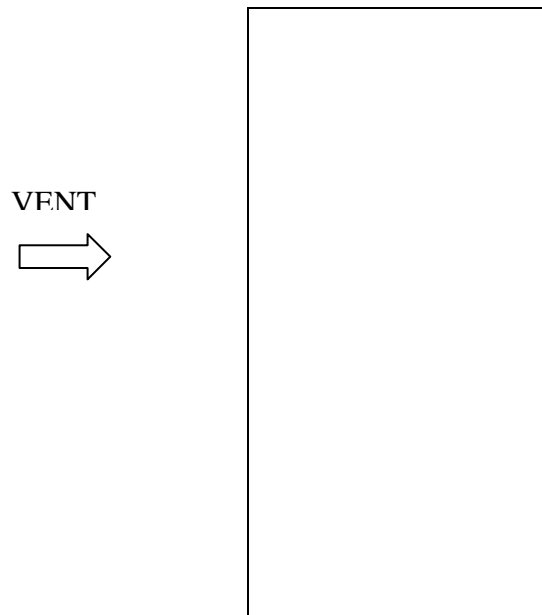
Paroi de perméabilité  $\mu \leq 5\%$  :

$$C_i = +0,8$$

Paroi de perméabilité  $\mu \geq 35\%$  :

$$C_i = - 0,6 (1,3 \gamma_0 - 0,8)$$

**Paroi ouverte  $\mu \geq 35\%$  sous le vent, normale au vent :**



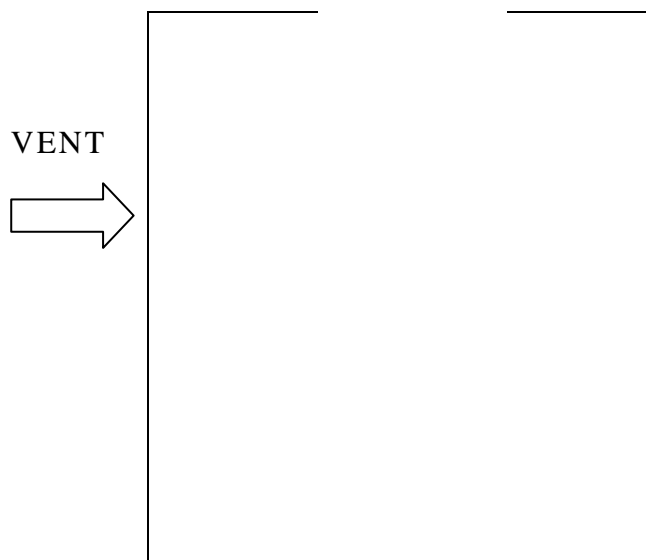
Paroi de perméabilité  $\mu \leq 5\%$  :

$$C_i = - (1,3 \gamma_0 - 0,8)$$

Paroi de perméabilité  $\mu \geq 35\%$  :

$$C_i = + 0,6 (1,8 - 1,3 \gamma_0)$$

**Paroi ouverte sous le vent parallèle au vent**



Paroi de perméabilité  $\mu \leq 5\%$  :

$$C_i = - (1,3 \gamma_0 - 0,8)$$

Paroi de perméabilité  $\mu \geq 35\%$  :

$$C_i = + 0,6 (1,8 - 1,3 \gamma_0)$$

3) **CONSTRUCTION OUVERTE COMPORTANT DEUX PAROIS OPPOSEES OUVERTES**

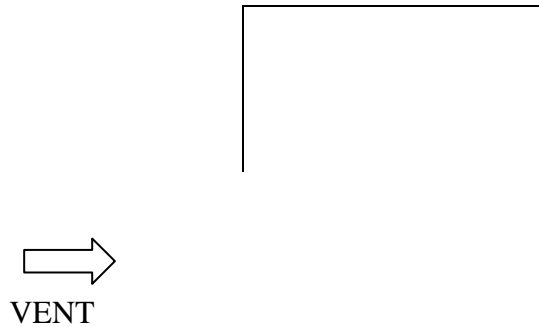
Les parois ouvertes ont une perméabilité  $\mu \geq 35\%$ .

Les autres parois ont une perméabilité  $\mu \leq 5 \%$ .

Les deux parois ouvertes permettent l'écoulement de l'air.

Le seul cas à retenir pour les interpolations est celui des parois situées hors du courant d'air.

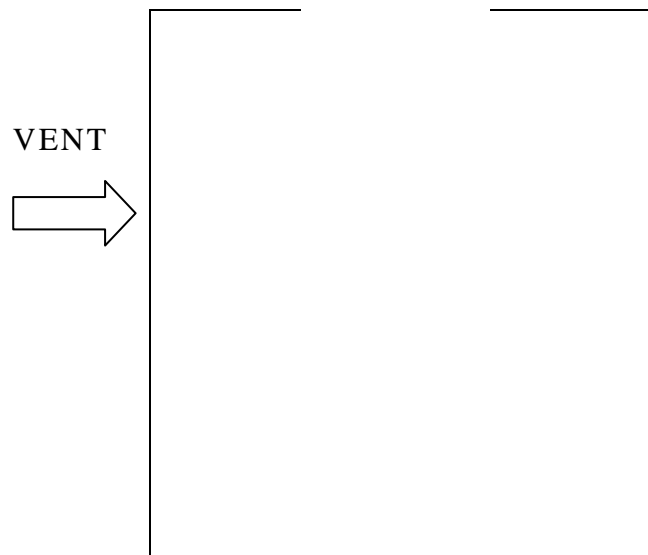
**Parois ouvertes  $\mu \geq 35\%$  normales au vent**



Sur chacune des parois, on applique :

- soit une surpression avec  $C_i = + 0,6 (1,8 - 1,3 \gamma_0)$
- soit une dépression avec  $C_i = - 0,6 (1,3 \gamma_0 - 0,8)$

**Parois ouvertes  $\mu \geq 35\%$  parallèles au vent**



Sur chacune des parois , on applique :

- soit une surpression avec  $C_i = + 0,6 (1,8 - 1,3 \gamma_0)$
- soit une dépression avec  $C_i = - (1,3 \gamma_0 - 0,8)$

### **METHODE DE CALCUL**

Dans les exemples qui suivent, le coefficient  $\gamma$  est pris égal à 1 quelle que soit la direction du vent, et les perméabilités des parois partiellement ouvertes sont prises égales à 15 et 25 %.

**EXEMPLE 1.** La paroi opposée à la paroi partiellement ouverte ( $\mu = 15\%$ ), a une perméabilité ( $\mu \leq 5\%$ ) et fait obstacle à l'écoulement de l'air.

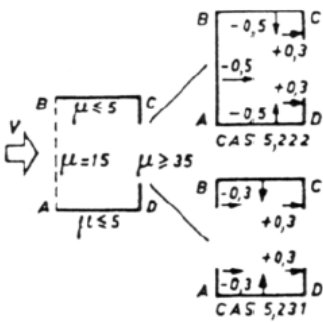
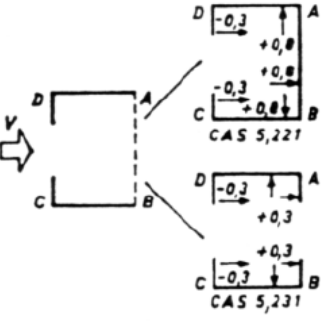
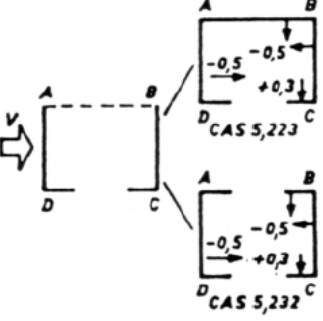
Ce cas est intermédiaire entre le cas 1) et le cas 2), on interpole pour chaque direction du vent entre les actions intérieures de même signe déterminées selon 1) et 2)

Direction du vent	Interpolation	Actions Intérieures $c_i$
Paroi partiellement ouverte au vent	<p style="text-align: center;">Fig. A-5-7</p>	Paroi AB $c_i = - 0,30$ Parois BC, CD et AD $c_i = + 0,30 + 0,50 \frac{15 - 5}{35 - 5}$ $= + 0,47$
Paroi partiellement ouverte sous le vent et normale au vent	<p style="text-align: center;">Fig. A-5-8</p>	Parois BC, CD et AD $c_i = - 0,30 - 0,20 \frac{10}{30}$ $= - 0,37$ Paroi AB $c_i = + 0,30$
Paroi partiellement ouverte sous le vent et parallèle au vent	<p style="text-align: center;">Fig. A-5-9</p>	Parois BC, CD et AD $c_i = - 0,30 - 0,20 \frac{10}{30}$ $= - 0,37$ Paroi AB $c_i = + 0,30$



**EXEMPLE 2.** La paroi opposée à la paroi partiellement ouverte de perméabilité  $\mu = 15 \%$ , a une perméabilité  $\mu \geq 35 \%$  et permet l'écoulement de l'air.

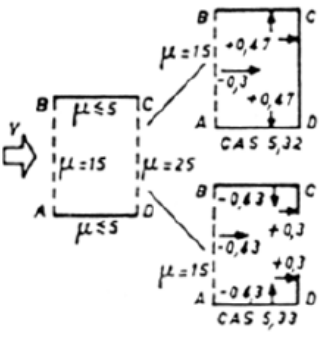
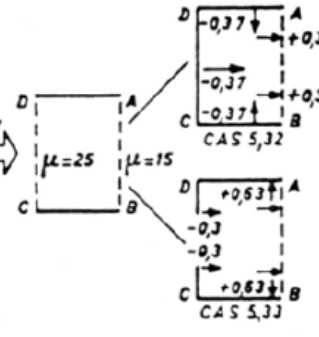
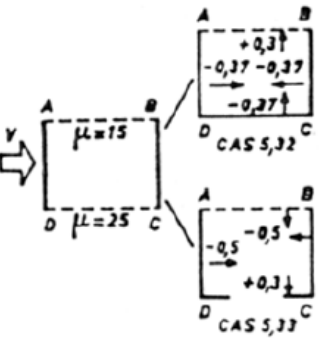
Ce cas est intermédiaire entre le cas 2) et le cas 3)

Direction du vent	Interpolation	Actions intérieures $c_i$
<p>Paroi partiellement ouverte au vent</p>	 <p>Fig. A-5-10</p>	<p>Parois AB, BC et AD</p> $c_i = -0,30 - 0,20 \frac{35 - 15}{35 - 5}$ $= -0,43$ <p>Paroi CD</p> $c_i = +0,30$
<p>Paroi partiellement ouverte sous le vent et normale au vent</p>	 <p>Fig. A-5-11</p>	<p>Paroi CD</p> $c_i = -0,30$ <p>Parois AB, BC et AD</p> $c_i = +0,30 + 0,50 \frac{20}{30}$ $= +0,63$
<p>Paroi partiellement ouverte sous le vent et parallèle au vent</p>	 <p>Fig. A-5-12</p>	<p>Parois AB, BC et AD</p> $c_i = -0,50$ <p>Paroi CD</p> $c_i = +0,30$

EXEMPLE 3.

La paroi opposée à la paroi partiellement ouverte de perméabilité  $\mu = 15 \%$ , est partiellement ouverte et a une perméabilité  $\mu = 25 \%$ .

Ce cas est intermédiaire entre l'exemple 1 et l'exemple 2.

Direction du vent	Interpolation	Actions Intérieures $c_i$
<p>Paroi de perméabilité <math>\mu = 15</math> au vent</p>	 <p>Fig. A-5-13</p>	<p>Paroi AB</p> $c_i = -0,30 - 0,13 \frac{25 - 5}{35 - 5}$ $= -0,39$ <p>Paroi CD</p> $c_i = +0,30 + 0,17 \frac{35 - 25}{30}$ $= +0,36$ <p>Parois BC et AD</p> $c_i = +0,47 - 0,90 \frac{25 - 5}{30}$ $= -0,13 \rightarrow -0,30$
<p>Paroi de perméabilité <math>\mu = 25</math> au vent</p>	 <p>Fig. A-5-14</p>	<p>Paroi CD</p> $c_i = -0,30 - 0,07 \frac{10}{30}$ $= -0,32$ <p>Paroi AB</p> $c_i = +0,30 + 0,33 \frac{20}{30}$ $= +0,52$ <p>Parois BC et AD</p> $c_i = -0,37 + 1,00 \frac{20}{30}$ $= +0,30$
<p>Parois partiellement ouvertes parallèles au vent</p>	 <p>Fig. A-5-15</p>	<p>Parois BC, AD</p> $c_i = -0,37 - 0,13 \frac{20}{30}$ $= -0,46$ <p>Paroi AB</p> $c_i = +0,30 - 0,80 \frac{20}{30}$ $= -0,23 \rightarrow -0,30$ <p>Paroi CD</p> $c_i = -0,37 + 0,67 \frac{20}{30}$ $= +0,07 \rightarrow +0,30$

**B. EXEMPLES DE DETERMINATION DES ACTIONS EXTERIEURES, INTERIEURES  
ET RESULTANTES UNITAIRES**

**I. Constructions fermées :**

Construction fermée reposant sur le sol de rapports de dimensions  $< 2,5$  ;  
toiture à deux versants plans symétriques.

- Dimensions :

$$a = 2 b \quad \lambda_a = h/a = 0,75 \quad 0,5 < \lambda_a < 2,5$$

$$h = 1,5 b \quad \lambda_b = h/b = 1,5 \quad 1 < \lambda_b < 2,5$$

$$f = b / 2(3)^{1/2} \quad f / h = 0,19 < 0,5$$

- Coefficient  $\gamma_0$  :

Vent sur $S_a$		$\gamma_0 = 1$
Vent sur $S_b$		

- Actions extérieures

1. vent normal à  $S_a$  :

Parois verticales : - face au vent  $C_e = +0,8$  (quel que soit  $\gamma_0$ )  
 - faces sous le vent  $C_e = -(1,3 \gamma_0 - 0,8)$   
 $= -0,5$

Toitures : vent normal aux génératrices et  $f < h / 2$

- toiture au vent :  $C_e = -0,35$   
 - toiture sous le vent :  $C_e = -0,45$

2. Vent normal à  $S_b$  :

Parois verticales : - face au vent  $C_e = +0,8$  (quel que soit  $\gamma_0$ )  
 - faces sous le vent  $C_e = -(1,3 \gamma_0 - 0,8)$   
 $= -0,5$

Toitures : vent parallèle aux génératrices et  $f < h / 2$

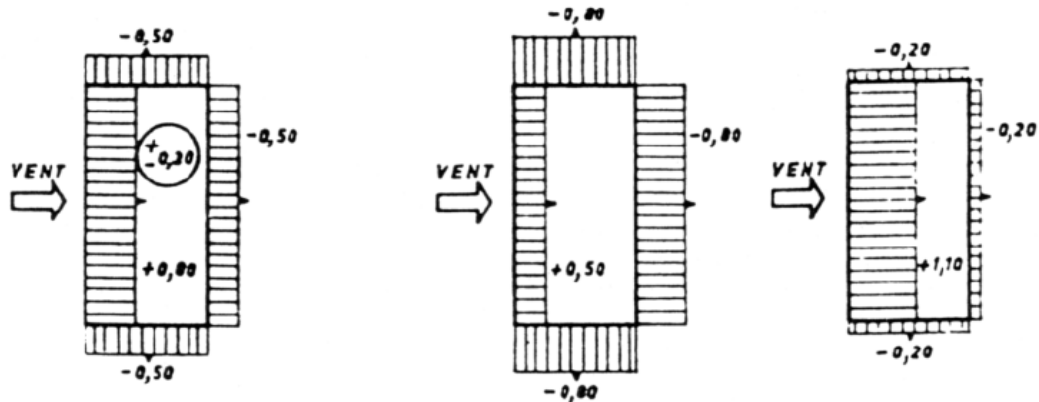
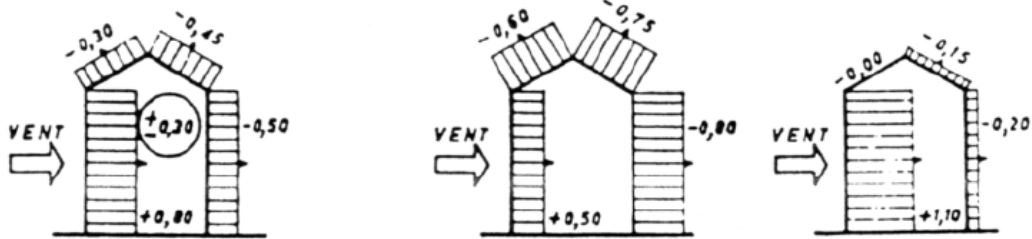
sur les deux versants  $C_e = -0,5$

- Actions intérieures :

Surpression  $C_i = +0,6 (1,8 - 1,3 \gamma_0) = +0,3$

Dépression  $C_i = -0,6 (1,3 \gamma_0 - 0,8) = -0,3$

VENT NORMAL A S<sub>0</sub>



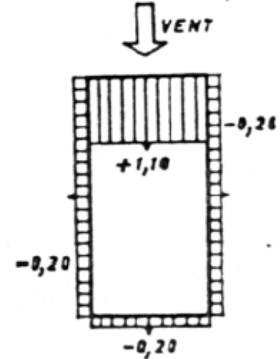
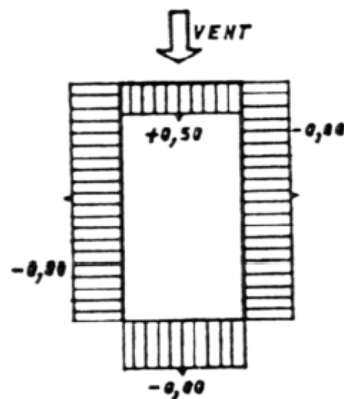
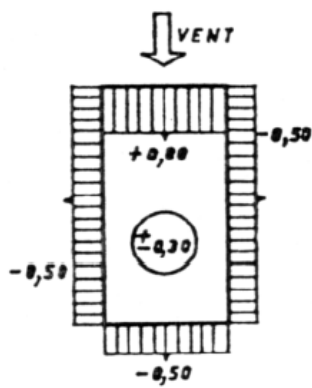
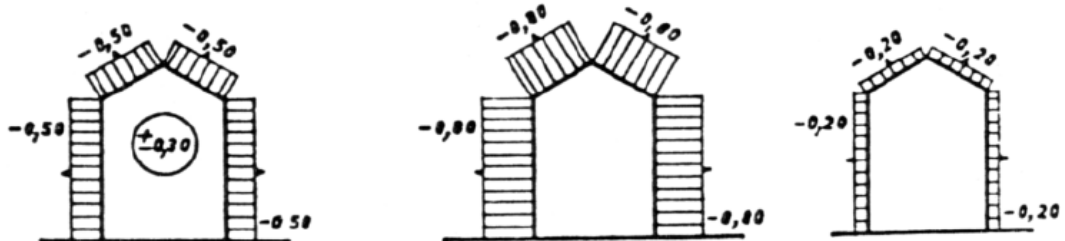
Actions extérieures et actions intérieures

Suppression intérieure de + 0,30

Dépression Intérieure de - 0,30

Combinaison des actions extérieures et des actions intérieures

VENT NORMAL A S<sub>0</sub>



Actions extérieures et actions intérieures

Suppression intérieure de + 0,30

Dépression Intérieure de - 0,30

Combinaison des actions extérieures et des actions intérieures

- Actions résultantes unitaires à retenir pour les calculs :

Parois verticales : pression  $C = +1,1$

(Façades et pignon) succion  $C = -0,80$

Versants de toiture :  $C = -0,80$

## II. CONSTRUCTIONS OUVERTES :

Constructions reposant sur le sol de rapports de dimensions compris entre 0,5 et 2,5 ; une des parois verticales est ouverte ; les autres parois sont fermées.

Les trois constructions considérées ne diffèrent que par la forme de la toiture.

Exemple 1 : toiture à un versant plan

Exemple 2 : toiture en voûte parabolique

Exemple 3 : toiture à deux versants plans symétriques

Coefficients  $\gamma_0 = 1,00$

### Exemple 3 :

#### 1. VENT SOUFLANT SUR LA PAROI OUVERTE ( $S_a$ )

##### 1.1. Actions extérieures :

- Parois verticales :

Face au vent  $C_e = + 0,8$  (quel que soit  $\gamma_0$ )

Faces sous le vent  $C_e = - (1,3 \gamma_0 - 0,8)$   
 $= - (1,3 \cdot 1 - 0,8)$   
 $= - 0,5$

- Toiture :

Au vent  $C_e = - 0,52$

Sous le vent  $C_e = - 0,36$

##### 1.2. Actions intérieures

- Surpression sur la face intérieure des parois de perméabilité  $\mu \leq 5\%$  y compris les versants de toiture :

$$C_i = + 0,8$$

- Dépression sur la face intérieure des parois de perméabilité  $\mu \geq 35\%$

$$C_i = - 0,6 (1,3 \gamma_0 - 0,8)$$

$$= - 0,3$$

## 2. VENT SOUFFLANT SUR LA PAROI OPPOSEE A LA PAROI OUVERTE

### 1.1. Actions extérieures :

- Parois verticales :

Face au vent  $C_e = + 0,8$  (quel que soit  $\gamma_0$ )

Faces sous le vent  $C_e = - (1,3 \gamma_0 - 0,8)$   
 $= - (1,3 \cdot 1 - 0,8)$   
 $= - 0,5$

- Toiture :

Au vent  $C_e = - 0,52$

Sous le vent  $C_e = - 0,36$

### 1.3. Actions intérieures

- Dépression sur la face intérieure des parois de perméabilité  $\mu \leq 5\%$  y compris les versants de toiture :

$$C_i = - (1,3 \gamma_0 - 0,8)$$

$$C_i = - 0,5$$

- Surpression sur la face intérieure des parois de perméabilité  $\mu \geq 35\%$

$$C_i = + 0,6 (1,3 \gamma_0 - 0,8)$$

$$= + 0,3$$

## 3. VENT PARALLELE A LA PAROI OUVERTE

### 1.1. Actions extérieures :

- Parois verticales :

Face au vent  $C_e = + 0,8$  (quel que soit  $\gamma_0$ )

Faces sous le vent  $C_e = - (1,3 \gamma_0 - 0,8)$   
 $= - (1,3 \cdot 1 - 0,8)$   
 $= - 0,5$

- Toiture :

$$C_e = - 0,50$$

### 1.4. Actions intérieures

- Dépression sur la face intérieure des parois de perméabilité  $\mu \leq 5\%$  y compris les versants de toiture :

$$C_i = - (1,3 \gamma_0 - 0,8)$$

$$C_i = - 0,5$$

- Surpression sur la face intérieure des parois de perméabilité

$$\mu \geq 35\%$$

$$C_i = +0,6 (1,8 - 1,3 \gamma_0)$$

$$C_i = +0,30$$

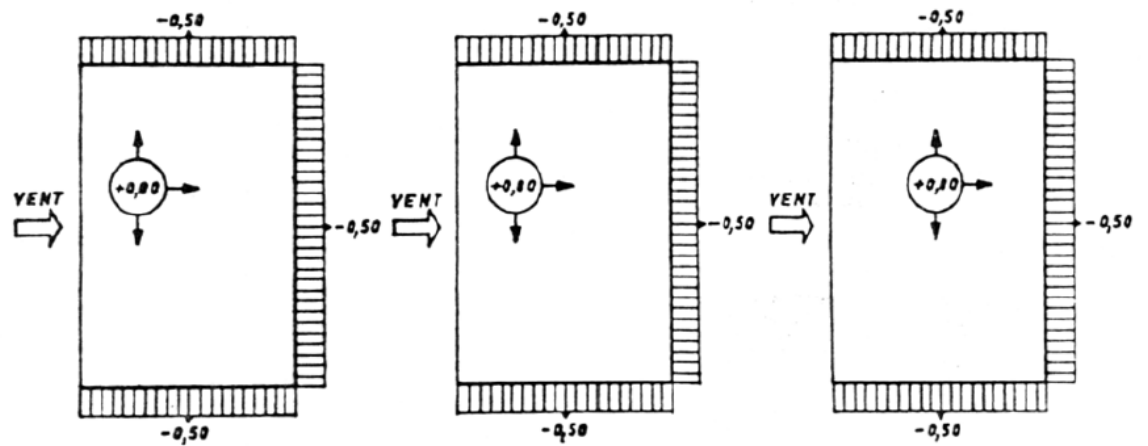
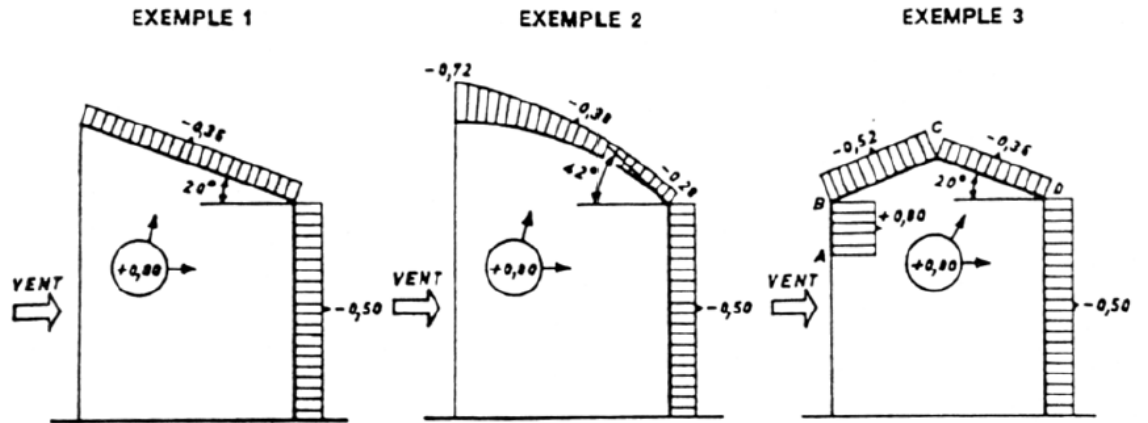
1.5. Actions résultantes unitaires à retenir dans les calculs :

	Façade	Pignons	Toiture
Exemple 1	Pression C=+1,3 Suction C=-1,3	Pression C=+1,3 Suction C=-1,3	Suction C=-1,16
Exemple 2	Pression C=+1,3 Suction C=-1,3	Pression C=+1,3 Suction C=-1,3	Suction C variant de -1,52 à -1,08
Exemple 3	Pression C=+1,3 Suction C=-1,3	Pression C=+1,3 Suction C=-1,3	<u>Paroi AB</u> Pression C=+1,10 Suction C=-0,80 <u>Paroi BC</u> Pression C=+0,14 Suction C=-1,32 <u>Paroi CD</u> Suction C=-1,16



# VENT SOUFLANT SUR LA PAROI OUVERTE

## Actions extérieures et actions intérieures



Actions intérieures  
sur toutes les parois  
 $c_1 = + 0,80$

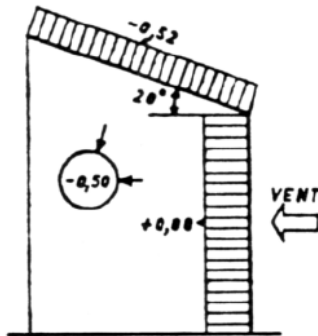
Actions intérieures  
sur toutes les parois  
 $c_1 = + 0,80$

Actions intérieures  
sur la paroi AB  
 $c_1 = - 0,30$   
sur les autres parois  
 $c_1 = + 0,80$

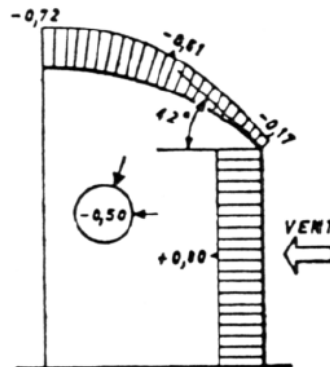
## VENT SOUFFLANT SUR LA PAROI OPPOSÉE A LA PAROI OUVERTE

Actions extérieures  
et actions intérieures

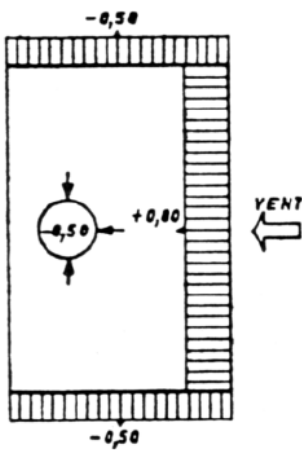
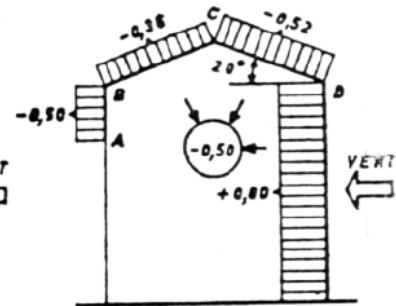
EXEMPLE 1



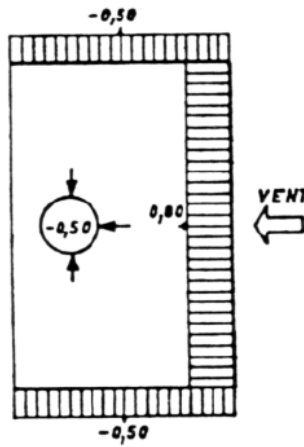
EXEMPLE 2



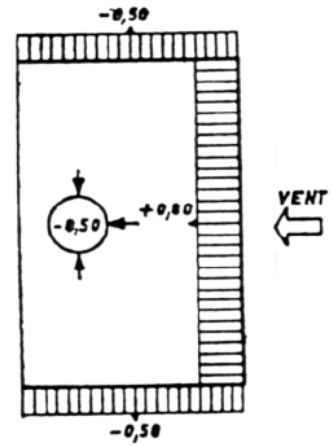
EXEMPLE 3



Actions Intérieures  
sur toutes les parois  
 $c_i = - 0,50$



Actions Intérieures  
sur toutes les parois  
 $c_i = - 0,50$

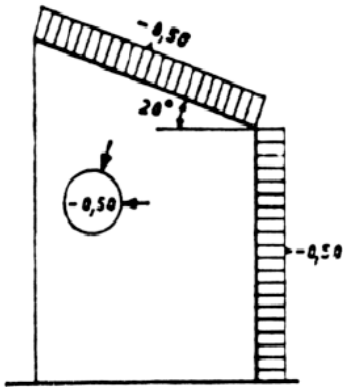


Actions Intérieures  
sur la paroi AB  
 $c_i = + 0,30$   
sur les autres parois  
 $c_i = - 0,50$

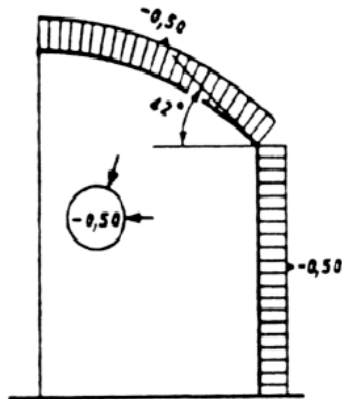
## VENT PARALLÈLE A LA PAROI OUVERTE

Actions extérieures  
et actions intérieures

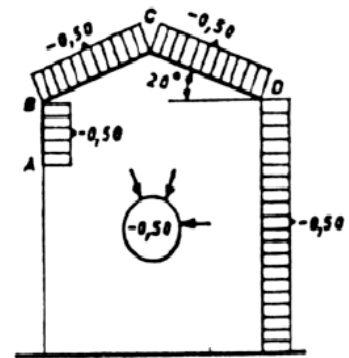
**EXEMPLE 1**



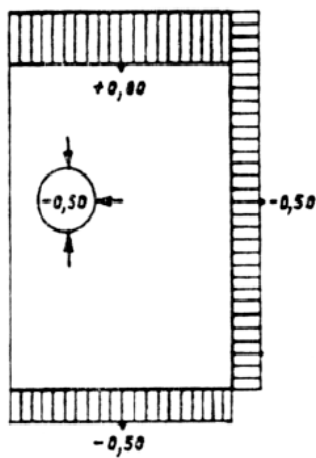
**EXEMPLE 2**



**EXEMPLE 3**

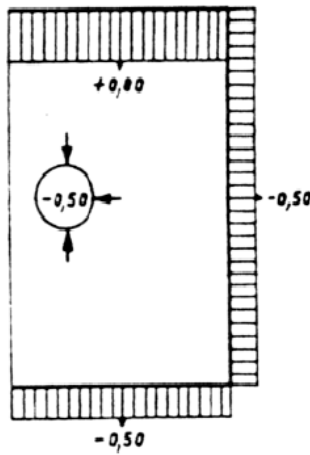


↓ VENT



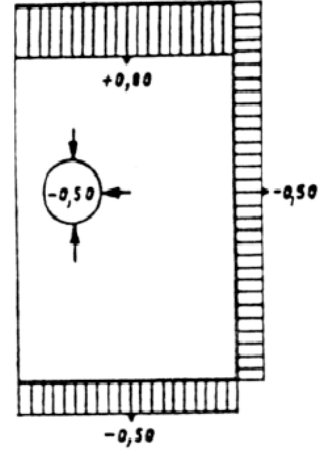
Actions intérieures  
sur toutes les parois  
 $c_i = - 0,50$

↓ VENT



Actions intérieures  
sur toutes les parois  
 $c_i = - 0,50$

↓ VENT



Actions intérieures  
sur la paroi AB  
 $c_i = + 0,30$   
sur les autres parois  
 $c_i = - 0,50$