

# ICAB Force NV

## La Génération Automatique des Charges Climatiques manuel de référence

*Fonctions complétant Force*

### Table des Matières

<b>INTRODUCTION</b> .....	<b>2</b>
NOTATION.....	2
<b>1 NEIGE</b> .....	<b>3</b>
<i>Règlement Neige 65</i> .....	3
<i>Règlement Neige 84</i> .....	3
<i>Règlement Neige 84 modifié 95-2000</i> .....	4
<i>Règlement Neige 2009</i> .....	6
<b>2 EFFET DU VENT SUR LES BATIMENTS (NV65)</b> .....	<b>7</b>
2.1 GENERALITES .....	7
<i>Règlement Vent 65</i> .....	7
<i>Règlement Vent 65 modifié 1998</i> .....	7
<i>Règlement Vent 2009</i> .....	8
2.2 EFFET DE LA HAUTEUR AU-DESSUS DU SOL .....	9
2.3 AMPLIFICATION DES PRESSIONS DYNAMIQUES .....	9
2.3.1 <i>Effet de site</i> .....	9
2.3.2 <i>Effet dynamique <math>\beta</math></i> .....	10
2.4 COEFFICIENTS AERODYNAMIQUES .....	11
2.5 ACTIONS LOCALES .....	15
2.6 ENTRAÎNEMENT DES TOITURES.....	15
<b>CONVENTION D'ORIENTATION</b> .....	<b>16</b>
<b>PROCEDURES DE MODELISATION</b> .....	<b>16</b>
CREATION D'UN PORTIQUE STANDARD .....	16
CHARGEMENT D'UNE POUTRE .....	18
CHARGEMENT SUR BATIMENT .....	19
CHARGEMENT NEIGE/VENT.....	20
<i>Effets de dimension et amplification dynamique</i> .....	21
EFFET DU VENT SUR LES TREILLIS .....	24
<i>Méthodes NV/Eurocode</i> .....	26
<b>ANNEXE A: REGIONS CLIMATIQUES DE NEIGE</b> .....	<b>27</b>
<b>ANNEXE B: ZONES CLIMATIQUES DE VENT</b> .....	<b>32</b>
<b>EXEMPLE DE PORTIQUE EN ACIER</b> .....	<b>39</b>

# ICAB Force NV

## La Génération Graphique Automatique des Charges Climatiques

### Introduction

Cette application vient compléter ICAB Force en lui ajoutant des fonctions. Deux types de chargements climatiques sont générés:

1. les effets de la neige et du vent sur un bâtiment couvert (structure comportant une toiture).
2. les actions du vent sur des constructions en treillis.

**Les actions climatiques sont générées selon les règles NV65 ou Eurocodes (EN1991-1-3, EN1991-1-4).**

#### *Evolution des règles NV65 2009 (DTU P06-002)*

Les Règles NV 65 ont pour objectif de fixer les valeurs des charges climatiques (neige et vent) et de donner les méthodes d'évaluation des efforts correspondants sur l'ensemble d'une construction ou sur ses différentes parties. Côté neige, les modifications de 2008 introduisent dans les NV 65 la cartographie des charges de neige sur le sol en France adoptée dans l'Annexe nationale de l'Eurocode 1 - Partie 1-3 (norme NF EN 1991-1-3/NA). La précédente carte reposait sur une analyse statistique des épaisseurs maximales annuelles de neige au sol, traduites en charges en prenant une masse volumique de la neige égale à 150 kg /m<sup>3</sup>, sur la période 1945-1992. La nouvelle carte «neige» s'appuie sur une étude européenne réalisée dans le cadre de la préparation des Eurocodes et achevée en juin 1999. Cette étude européenne présente un double avantage: les données météorologiques recueillies dans les stations étrangères proches du territoire national permettent de compléter la base de données Météo-France. L'apport de cette étude est plus sensible dans les régions alpines et jurassiennes ainsi que dans le Nord-est de la France ; elle harmonise les choix aux frontières des pays européens. Concernant les actions du vent, l'Annexe nationale NF EN 1991-1-4 / NA de l'Eurocode (mars 2008) inclut une nouvelle cartographie et les valeurs de base associées de la vitesse de référence, fondées sur une nouvelle étude statistique des données météorologiques. En effet, l'analyse préalable de la qualité de ces données a conduit notamment à écarter les mesures obtenues avec l'ancien anémomètre. Afin d'éviter les inconvénients qui pourraient naître de la coexistence de deux cartes différentes, dans la période transitoire avant le retrait définitif des règles NV 65 actuelles, il a été nécessaire de modifier la carte introduite par le modificatif n° 2 de décembre 1999 et de publier une nouvelle carte des vents (modificatif n° 4 d'octobre 2008). Il est à noter que, si la cartographie proprement dite introduite par le modificatif n° 4 reprend strictement celle de l'Eurocode, les valeurs de la pression dynamique de base «normale» et «extrême» sont issues sans changement des précédentes versions des Règles NV 65 ; elles n'ont donc pas de signification statistique, comme dans l'Eurocode.

### Notation

#### Orientation

- |       |  |
|-------|--|
| Ouest | partie de la construction dont les abscisses X sont les plus petites (l'orientation Ouest-Est est donné par l'axe +X).   |
| Sud   | partie de la construction dont les ordonnées Y sont les plus petites (l'orientation Sud-Nord est donné par l'axe +Y).  |
| Bas   | partie de la construction dont les cotes Z sont les plus petites (l'orientation Bas-Haut est donné par l'axe +Z).  |
| A     | altitude du lieu au-dessus du niveau de la mer.  |
| a     | dimension horizontale de la façade Ouest ou Est (parallèle à l'axe Y).   |
| b     | dimension horizontale de la façade Nord ou Sud (parallèle à l'axe X).  |
| ce    | coefficient relatif aux actions extérieures du vent (ce>0 poussée, ce<0 succion).  |
| ci    | coefficient relatif aux actions intérieures du vent (ci>0 surpression, ci<0 dépression)  |
| Cte   | coefficient d'entraînement pour grandes toitures.  |
| e     | éloignement vertical du sol de la partie basse d'une construction (espace vide sous la construction).  |
| h     | hauteur de la construction, toiture comprise, utilisé pour le calcul des coefficients Lambda 8 et Gamma (.   |
| H     | hauteur au-dessus du sol (quelle que soit l'altitude A du lieu au-dessus de la mer) utilisée pour la détermination des pressions de vent ( $H_{poutre} \leq z1+e+h$ ). La hauteur H utilisée pour chaque poutre est $H = z1+e+zp$ ; zp est la coordonnée Z au centre de la poutre. |
| q     | pression dynamique de vent.  |
| z1    | niveau du sol en contrebas de la construction (cas d'une construction sur une butte de pente supérieure à 2, soit 60°).  |

$\lambda_a \lambda_b$	rappports de dimensions h/a et h/b utilisés pour la détermination des coefficients aérodynamiques (
$\mu$	Mu, coefficient de perméabilité d'une façade, rapport de la surface des parties ajourées sur la surface totale (une façade est fermée pour $\mu=0.05$ , ouverte pour $\mu=0.35$ ).
$\gamma$	Gamma, coefficient de correction aérodynamique fonction de l'allongement d'une construction.
$\delta$	Delta, coefficient de réduction de pression de vent

## 1 Neige

La neige accumulée sur les toitures crée une surcharge en fonction de son épaisseur. Le règlement NV65 définit la densité de la neige non tassée égale à  $150 \text{ kg/m}^3$  et par conséquent une surcharge (poids par unité de surface) qui est fonction des cumuls des couches de neige que doit supporter la toiture.

L'Eurocode 1 donne à titre indicatif les valeurs du poids volumique de la neige sur le sol qui ne peut prévaloir sur les valeurs spécifiées dans le texte d'application :

Type de neige	Poids volumique apparent ( $\text{kN/m}^3$ )
Fraîche	1.0
Etablie (plusieurs heures ou jours après la chute de neige)	2.0
Ancienne (plusieurs semaines ou mois après la chute de neige)	2.5-3.5
Mouillée	4.0

### Règlement Neige 65

La France est divisée en régions correspondant à la probabilité de hauteur de couches de neige s'accumulant sur un site (les surcharges extrêmes sont atteintes en l'absence de vent). Le règlement Neige65 définit 3 régions (1, 2, 3 et un région 3 majorée de 45%).

Région de neige Neige 65	surcharges normales $S_n$ ( $\text{N/m}^2$ )	surcharges extrêmes $S_{ne}$ ( $\text{N/m}^2$ )
1, A	350	600
2, B	450	750
3, C	550	900
4, D	800	1300

Au-delà de 200m d'altitude, les charges de neige augmentent; les surcharges normales  $S_n$  et extrêmes  $S_{ne}$  sont majorées comme suit:

Altitude A (m)	surcharges normales Neige65 ( $\text{N/m}^2$ )	surcharges extrêmes Neige65 ( $\text{N/m}^2$ )
$200 < A < 500$	$S_n + (A-200)$	$S_{ne} + (A-200)/0.6$
$500 < A < 1500$	$N_n+300 + (A-500)/0.4$	$Ne+500+(A-500)/0.24$
$1500 < A < 2000$	$N_n+2800 + (A-1500)/0.25$	$Ne+4667 + (A-1500)/0.15$

#### Effet de la pente

Ces surcharges de neige sont réduites de 2% par degré d'inclinaison sur toute partie de couverture dont l'inclinaison dépasse 25%, lorsque rien ne s'oppose au glissement de la neige sur le versant considéré.

#### Accumulation de neige

Dans les parties de toitures susceptibles d'accumulation de neige, le poids de neige est majoré

- d'un facteur 2 pour les pentes inférieures à  $25^\circ$
- d'un facteur 1.5 pour les pentes supérieures à  $25^\circ$ .

### Règlement Neige 84

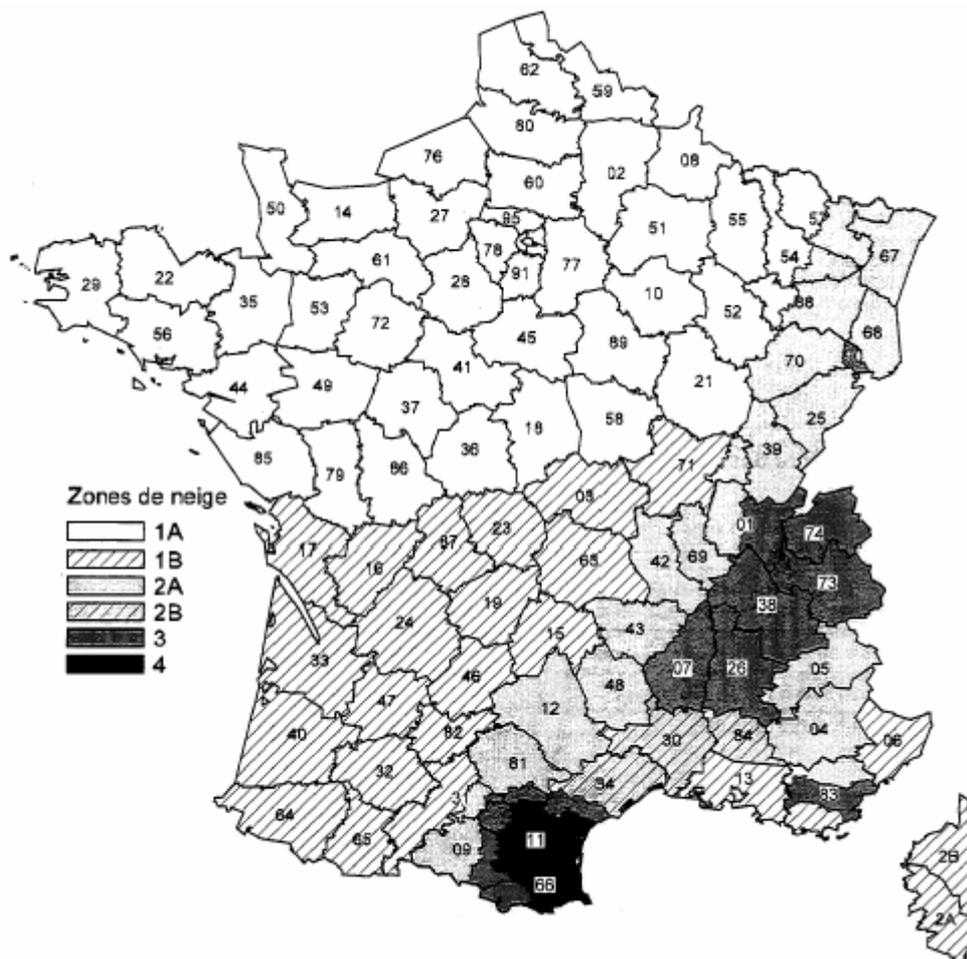
Le règlement Neige84 redéfinit les régions climatiques (4 régions A, B, C, D) et introduit les effets d'accumulations de la neige avec l'introduction du coefficient  $\mu$  qui dépend de la forme de la toiture et du vent ( $\mu=0.8$  pour les pentes inférieures à  $30^\circ$  sur toiture simple à un versant,  $15^\circ$  pour les toitures simples à deux versants plans). A dater du 1er

avril 1986, les règles N84 sont applicables pour les calculs dits aux "états limites".

Pour les zones dont l'altitude est inférieure à 200m, la valeur  $s_{0\min}$  de surcharge minimale de neige est égale B:

région	$s_{0\min}$ (N/m <sup>2</sup> )
A	450
B	550
C	650
D	900

### Règlement Neige 84 modifié 95-2000



Les règles Neige84 modifiées 95 correspondent à des modifications en 1995 ainsi qu'au document d'application nationale de l'Eurocode 1 partie 1-3. Pour les zones dont l'altitude est inférieure à 200m, la valeur  $s_{0\min}$  de surcharge minimale de neige est égale à:

région	charge de neige sur le sol $s_0$ (N/m <sup>2</sup> )	Charge accidentelle $s_{0a}$ (N/m <sup>2</sup> )
1A	450	-
1B	450	1000
2A	550	1000
2B	550	1350
3	650	1350
4	900	1800

Pour les régions en altitude supérieure à 200m, les charges de neige sont majorées:

Altitude A (m)	Surcharges minimales Neige84, N95 (N/m <sup>2</sup> )
200 < A < 500	$s_0 + (1.5 A - 300)$
500 < A < 1000	$s_0 + (3 A - 1050)$
1000 < A < 2000	$s_0 + (4.5 A - 2550)$

Pour les structures comportant des toitures multiples, les zones basses peuvent recevoir une accumulation de neige (Annexe 1, partie 1,4).

Pour les règlements Neige84, cette accumulation correspond à une surcharge de 50% pour les pentes supérieures à 25° et de 100% pour des pentes inférieures à 25°.

Pour les règlements Neige95, cette accumulation correspond à une surcharge de 0.2kN/m<sup>2</sup> pour une pente nulle, diminuée à 0.1kN/m<sup>2</sup> pour une pente supérieure à 3%.

### Modificatif n°3 (avril 2000)

la carte des charges de neige reste celle de l'annexe 1 des règles N84 modifiée 95 avec le rectificatif concernant Saint-Pierre et Miquelon:

$p_{n0} = 1900$  Pa et  $p'_{n0}(\text{extrême}) = 3100$  Pa (N/m<sup>2</sup>).

### Utilisation des règles NV65

Lorsque les règles de calcul du matériau ne sont pas "aux états-limites", il convient de continuer d'appliquer les Règles NV65 dans les conditions suivantes :

- la carte des régions est remplacée par celle des zones
- il y a lieu de prendre en compte une charge accidentelle égale à 0.8 de  $s_{0a}$  défini précédemment au lieu de la "surcharge extrême" si, compte tenu de l'altitude, cette valeur est plus défavorable que la "surcharge extrême".
- $s_1$  n'est pas appliqué

ceci conduit au tableau ci-dessous:

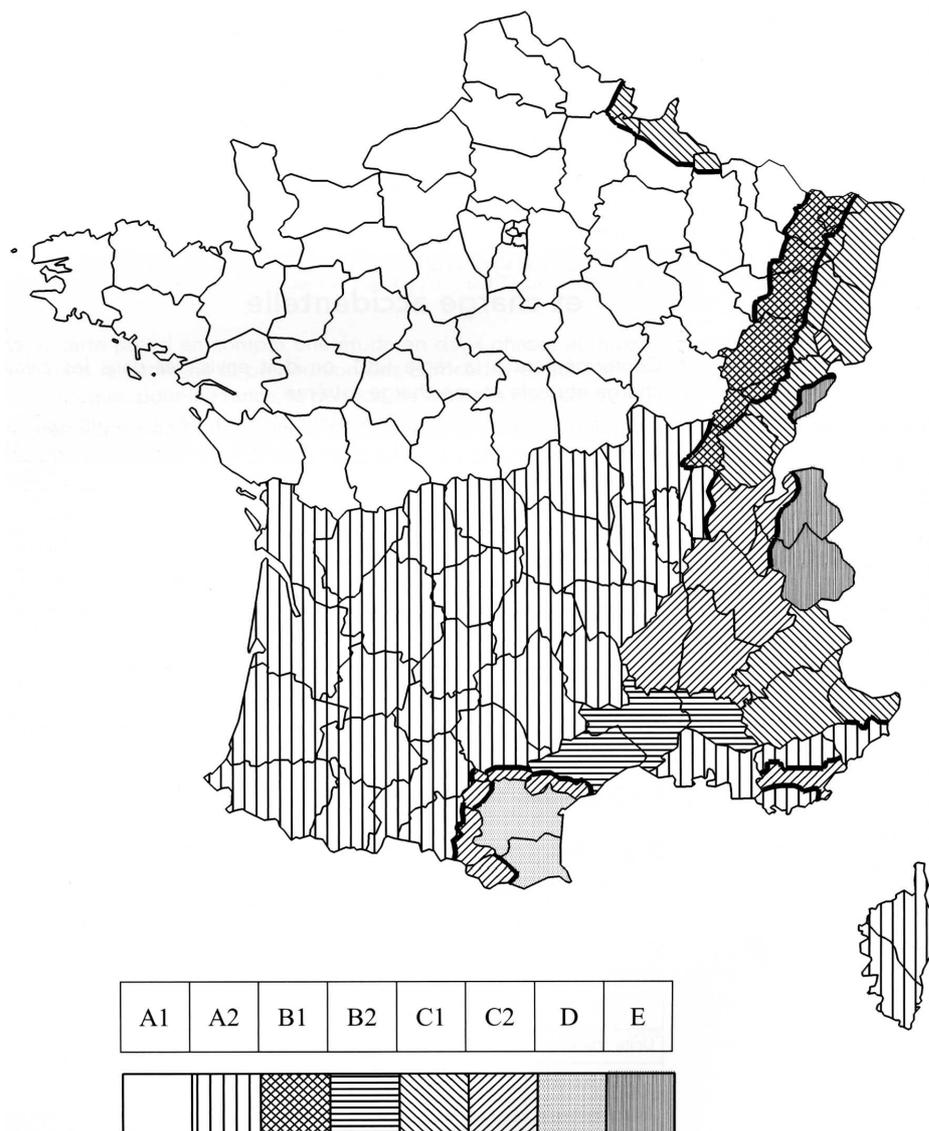
région	charge de neige sur le sol $p_{n0}$ (N/m <sup>2</sup> )	Charge extrême $p'_{n0}$ (N/m <sup>2</sup> )	Charge accidentelle $p_{0a}$ (N/m <sup>2</sup> )
1A	350	600	-
1B	350	600	800
2A	450	750	800
2B	450	750	1080
3	550	900	1080
4	800	1300	1440

NB: les surcharges normales et extrêmes du tableau ci-dessus correspondent aux surcharges définies dans les Règles Neige 84 avec les correspondances entre régions et zones:

Région Neige 65	Région Neige 84	Zone Neige 2000
I	A	1A-1B
II	B	2A-2B
III	C	3
III+45%	D	4

En revanche, la notion de charge accidentelle n'était pas définie dans les règles neige 84 et antérieures.

## Règlement Neige2009



Le règlement Neige 2009 redéfinit les régions climatiques (8 régions A1, A2, B1, B2, C1, C2, D, E). Jusqu'à 200m d'altitude, les charges verticales normales  $p_{n0}$  et extrêmes  $p'_{n0}$  uniformément répartie dues à la neige ont pour valeur en projection horizontale celles indiquée par le tableau ci-dessous (NV65 2009 2,1) en unités daN/m<sup>2</sup> :

	Régions							
Unité : daN/m <sup>2</sup>	A1	A2	B1	B2	C1	C2	D	D
Charge normale $p_{n0}$	35	35	45	45	55	55	80	115
Charge extrême $p'_{n0}$	60	60	75	75	90	90	130	190
Charge accidentelle	-	80	80	108	-	108	144	-

### Cas de Saint-Pierre et Miquelon

La charge normale  $p_{n0}$  est prise égale à 190daN/m<sup>2</sup>. La charge extrême  $p'_{n0}$  est prise égale à 310daN/m<sup>2</sup>. Il n'y pas lieu de procéder à une vérification sous charge accidentelle de neige.

### Altitude (NV65 2009 2,2)

Au-delà de 200m d'altitude, les charges de neige augmentent; les surcharges normales  $S_n$  et extrêmes  $S_{ne}$  sont majorées comme suit:

Altitude A (m)	surcharges normales Neige65 (daN/m <sup>2</sup> )	surcharges extrêmes Neige65 (daN/m <sup>2</sup> )
200 < A < 500	$P_{n0} + (A-200)/10$	$P'_{n0} + (A-200)/6$
500 < A < 1500	$P_{n0}+300 + (A-500)/4$	$P'_{n0}+500+(A-500)/2.4$
1500 < A < 2000	$P_{n0}+2800 + (A-1500)/2.5$	$P'_{n0}+4667 + (A-1500)/1.5$

## 2 Effet du vent sur les bâtiments (NV65)

### 2.1 Généralités

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

Si on éclaire la construction par un faisceau de rayons lumineux parallèles à la direction d'ensemble du vent, les surfaces éclairées (exposées au vent) sont dites "**au vent**", les surfaces non éclairées (non exposées au vent) ou sous incidence rasante (parallèles à la direction du vent) sont dites "**sous le vent**".

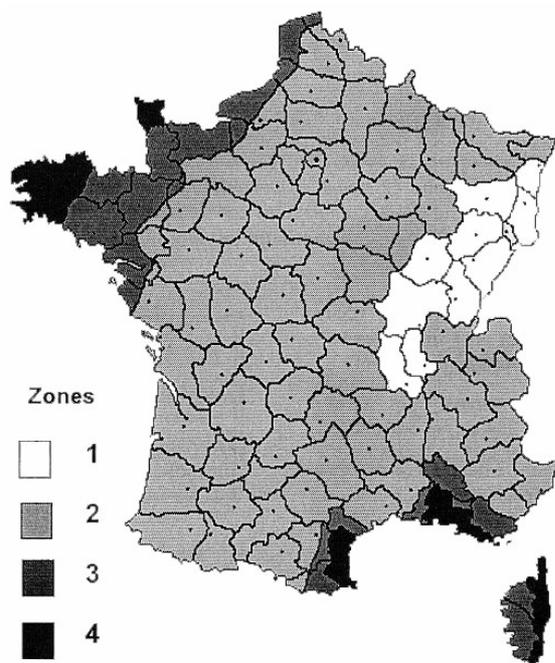
Le **maître-couple** est la projection orthogonale de la surface considérée ou de l'ensemble de la construction sur un plan normal à la direction du vent ou, d'après la définition optique, la surface de l'ombre portée sur un plan perpendiculaire à la direction des rayons lumineux.

La pression dynamique est établie par application du théorème de Bernoulli  $q = \rho V^2/2$  où  $\rho$  est la densité de l'air ( $1.225 \text{ kg/m}^3$  à  $15^\circ\text{C}$  sous une atmosphère 1.013 bar) et  $V$  la vitesse du vent (m/s).

### Règlement Vent 65

Région de vent V65	pression dynamique de base normale ( $\text{N/m}^2$ )	pression dynamique de base extrême ( $\text{N/m}^2$ )
I	500	875
II	700	1225
III	900	1575
IV	1200	2100

### Règlement Vent 65 modifié 1998



Référence AFNOR P06-002 « REGLES NV65 et 84 Mars 1998 », publiées en décembre 1999 par le CSTB « DTU NV65 modificatif n°2 relatif à la carte des zones de vent » ; Ces modifications sont applicables aux marchés privés dont le lancement de la consultation est postérieur de trois mois à la date d'édition de ces règles, c'est à dire à partir du 1er mars 2000 (norme NF P03-001, "cahier des clauses administratives générales applicable aux travaux de bâtiment faisant l'objet de marchés privés"). Pour les marchés publics, ces révisions sont rendues d'application obligatoire par publication au journal officiel du 18 juin 2000 (décret N°2000-524 du 15 juin 2000) pour ceux dont la consultation est lancée à partir du 1er décembre 2000.

France métropolitaine : carte des zones de vent modifiée 1998.

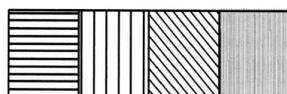
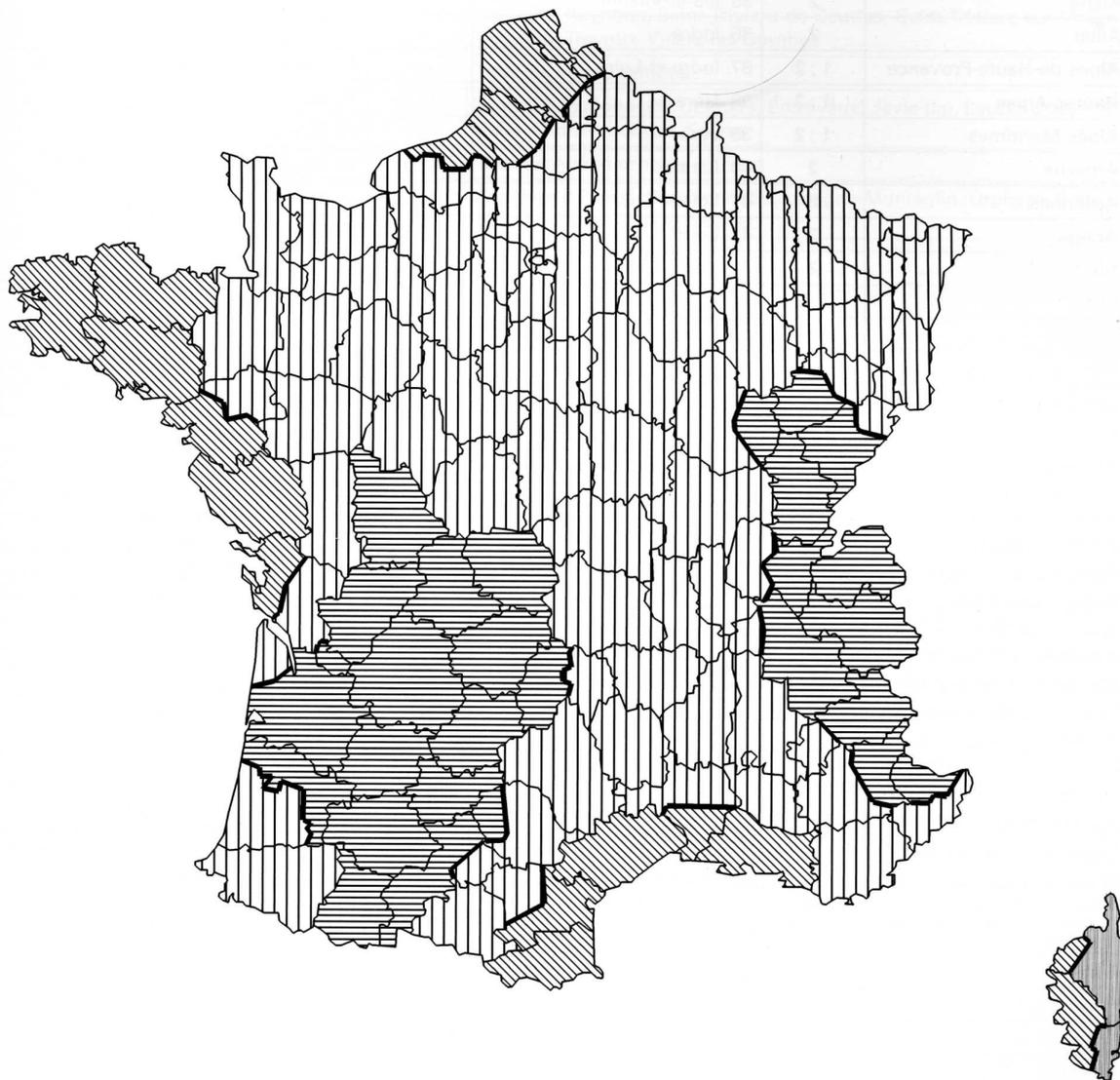
Les zones 5 concernent les DOM-TOM : Guadeloupe, Martinique, Réunion, Mayotte.

zone de vent V98	pression dynamique $q_{10}$ de base normale ( $N/m^2$ )	pression dynamique de base extrême ( $N/m^2$ )
zone 1	500	875
zone 2	600	1050
zone 3	750	1310
zone 4	900	1575
zone 5	1200	2100

### Règlement Vent 2009

Les zones de vent sont modifiées le DTU P06-002 de février 2009 :

France métropolitaine : carte des zones de vent.

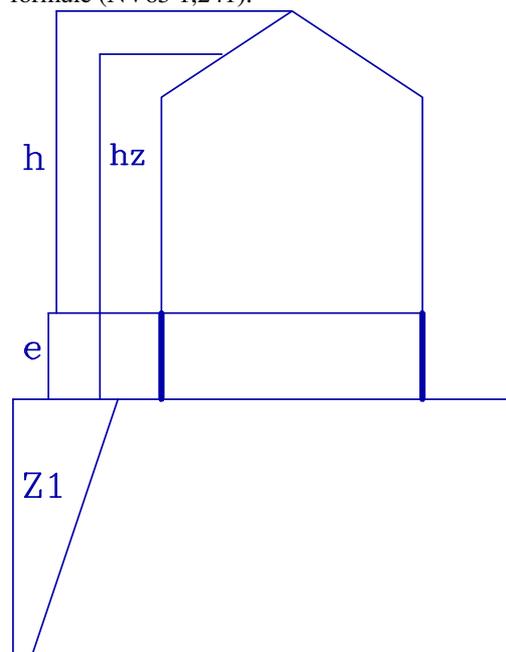


Zones :

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

## 2.2 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 mètres,  $q_{10}$  la pression dynamique de la base à 10m de hauteur ; pour  $H$  compris entre 0 et 500m, le rapport entre  $q_H$  et  $q_{10}$  est défini par la formule (NV65 1,241):



$$K_H = \frac{q_H}{q_{10}} = 2.5 \frac{H + 18}{H + 60}, \quad H = z1 + hz$$

Au faîtage,  $H = h + e + z1$

$e$ : espace libre sous la construction où le vent peut circuler librement,

$z1$ : hauteur de la colline sur laquelle est placée la construction (la pente de la butte doit être supérieure à 60 degrés).

Pour les poutres plus basses que le faîtage,  $H = hz + z1$  où  $hz$  est la position verticale du centre de la poutre.

Pour les constructions en bordure du littoral, on adopte une pression constante entre 0 et 10m égale à celle régnant à 10m (indiquer une altitude  $A=0m$ ).

Cette pression dynamique peut être majorée par le coefficient dynamique  $\beta$  (règle NV65 1.5) dans certains cas particuliers.

Dans ce cas la pression  $q_H$  est :

$$q_H = \beta \cdot K_H \cdot k_s \cdot q_{10}$$

## 2.3 Amplification des pressions dynamiques

### 2.3.1 Effet de site

A l'intérieur d'une région à laquelle correspondent des valeurs déterminées des pressions dynamiques de base  $q_H$ , cette pression dynamique est multiplié par un coefficient  $k_s$  en fonction du type de site d'exposition (NV65 1,242):

Vent 65	site protégé	site normal	site exposé
région I	0.80	1.00	1.35
région II	0.80	1.00	1.30
région III	0.80	1.00	1.25
région IV	1.00	1.00	1.20
Vent modifié 1998	site protégé	site normal	site exposé
zone 1	0.80	1.00	1.35
zone 2	0.80	1.00	1.30
zone 3	0.80	1.00	1.25
zone 4	0.80	1.00	1.20
zone 5	1.00	1.00	1.20

#### Pressions limites de vent

Quels que soient la hauteur  $H$  au dessus du sol, le site, l'effet de masque et l'effet des dimensions, les valeurs de la pression dynamique sont limitées comme ci-dessous:

300 < pression normale < 1700 N/m<sup>2</sup>

525 < pression extrême < 2975 N/m<sup>2</sup>

## Règles NV65 : pressions et vitesses de vent normal ou extrême

pressions de référence à 10m au dessus du niveau du sol

	site	pression normale	pression extrême	Vitesse normale	Vitesse extrême
		Pa	Pa	km/h	km/h
<b>zone1</b>	protégé	400,0	700,0	92,0	121,7
	normal	<b>500,0</b>	875,0	<b>102,9</b>	136,1
	exposé	675,0	1181,3	119,5	158,1
<b>zone2</b>	protégé	480,0	840,0	100,8	133,3
	normal	<b>600,0</b>	1050,0	<b>112,7</b>	149,1
	exposé	780,0	1365,0	128,5	169,9
<b>zone3</b>	protégé	600,0	1050,0	112,7	149,1
	normal	<b>750,0</b>	1312,5	<b>126,0</b>	166,6
	exposé	937,5	1640,6	140,8	186,3
<b>zone4</b>	protégé	720,0	1260,0	123,4	163,3
	normal	<b>900,0</b>	1575,0	<b>138,0</b>	182,6
	exposé	1080,0	1890,0	151,2	200,0
<b>zone5</b>	protégé	1200,0	2100,0	159,3	210,8
	normal	<b>1200,0</b>	2100,0	<b>159,3</b>	210,8
	exposé	1440,0	2520,0	174,6	230,9
coefficient extrême		1,75			
densité air kg/m <sup>3</sup>		1,225			

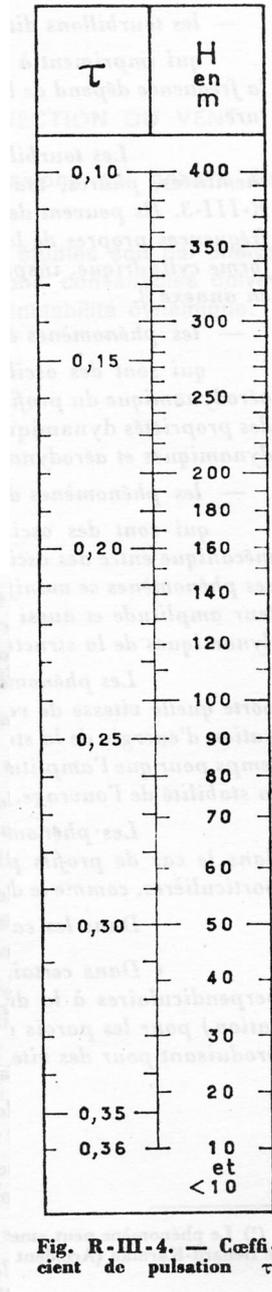
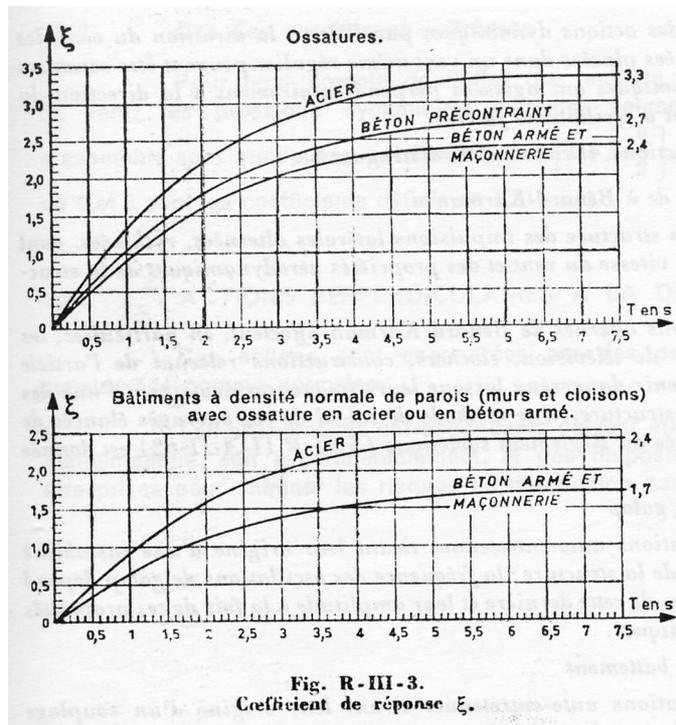
### 2.3.2 Effet dynamique $\beta$

Le coefficient  $\beta$  d'amplification des pressions dynamique dépend des caractéristiques mécaniques et aérodynamiques de la construction. Ce coefficient  $\beta$  pour les surcharges normales est donné par la formule  $\beta = \theta (1 + \xi \tau)$  dans laquelle :

- $\xi$ , coefficient de réponse, est donné en fonction de la période T du mode fondamental d'oscillation et pour des ouvrages de divers degrés d'amortissement, par l'un des diagrammes de la figure NV65 R-III-3. Les différents types de construction envisagés sont les ossatures en acier, en béton précontraint, en béton armé et maçonnerie et les bâtiments à densité normale de parois (murs et cloisons) avec ossature en acier ou béton armé.
- $\tau$ , coefficient de pulsation, est déterminé à chaque niveau considéré en fonction de sa cote H au-dessus du sol par l'échelle fonctionnelle de la figure NV65 R-III-4
- $\theta$ , coefficient global dépendant du type de construction est pris par sécurité toujours égal à 1, ce qui le cas explicitement prévu par les règles NV65 pour les constructions à usage d'habitation ou de bureau et pour les ensembles prismatiques des constructions ajourées et des constructions en treillis.

Pour les surcharges extrêmes, les pressions dynamiques extrême servant au calcul de l'action d'ensemble sont multipliées par l'expression  $0.5 (1 + \theta) \beta$  au moins égale à l'unité. Avec  $\theta=1$ , nous avons  $0.5 (1 + \theta) \beta = 1$ .

NB. La période T du mode fondamental d'oscillation peut être estimé ou calculé par analyse modale avec  $T=1/f$ , f étant la fréquence propre du premier mode fondamental.



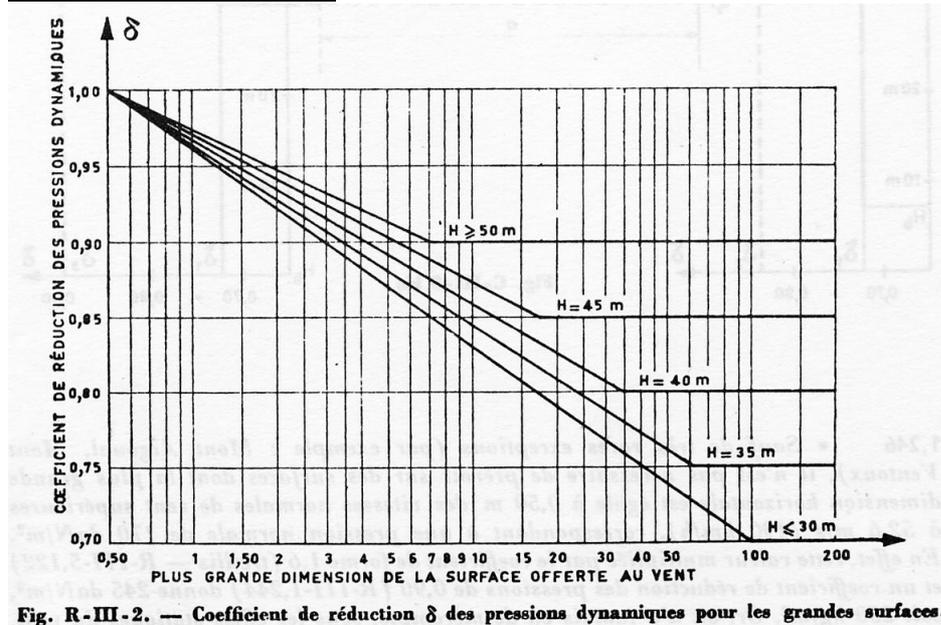
## 2.4 Coefficients aérodynamiques

De façon générale, l'action du vent sur une poutre portant un panneau de portée L est une force par unité de longueur:

$$F_L = q_H \cdot \delta \cdot (C_e - C_i) \cdot L$$

- $q_H$ : pression dynamique à la hauteur H de la poutre avec pondération  $q_H = \beta \cdot K_H \cdot k_s \cdot q_{10}$ .
- $\delta$ : coefficient de réduction
- $C_e$ : coefficients des actions extérieures
- $C_i$ : coefficients des actions intérieures
- L: portée

Coefficient de réduction  $\delta$

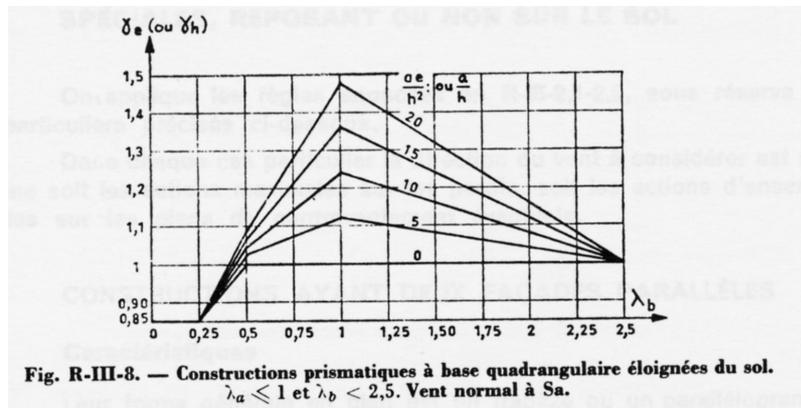


**Fig. R-III-2. — Coefficient de réduction  $\delta$  des pressions dynamiques pour les grandes surfaces.**

La règle NV 1,244 précise que les pressions dynamiques s'exerçant sur les éléments constitutifs d'une construction doivent être affectées d'un coefficient de réduction  $\delta$  fonction de la plus grande dimension  $D$  de la surface offerte au vent et de la cote  $H$  (diagramme R-III-2). Le logiciel ICAB calcule le coefficient  $\delta_x$  pour les vents Ouest-Est (respectivement  $\delta_y$  pour les vents Sud-Nord) en fonction de la distance entre poteaux sur la façade Ouest  $D_{py}$  (respectivement distance entre poteaux de la façade Sud  $D_{px}$ ) et de la hauteur moyenne  $H$  de la poutre.

Coefficient  $\gamma$

Les coefficients  $\gamma$  sont calculés à partir des rapports  $h/a$  et  $h/b$  selon le diagramme R\_III\_5. Si la construction est éloignée du sol par un espace libre de hauteur  $e$ , les coefficients  $\gamma$  sont calculés selon les règles 2,221 et 2,222 (diagramme R-III-8). Le coefficient  $\gamma$  est noté  $\gamma_0$  si  $e=0$ ,  $\gamma_h$  si  $e>h$  et  $\gamma_e$  si  $e<h$ .



**Fig. R-III-8. — Constructions prismatiques à base quadrangulaire éloignées du sol.  $\lambda_a \leq 1$  et  $\lambda_b < 2,5$ . Vent normal à  $S_a$ .**

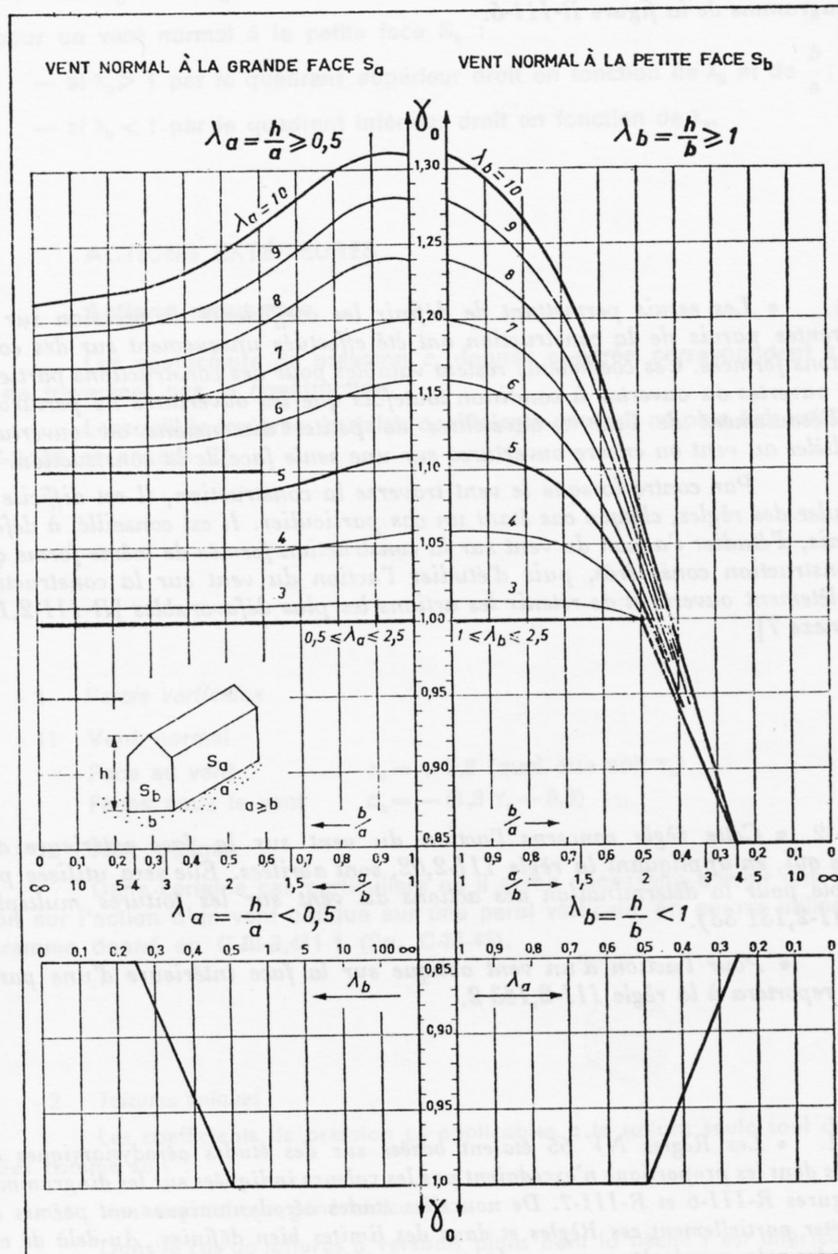


Fig. R-III-5. — Constructions prismatiques à base quadrangulaire reposant sur le sol, coefficient  $\gamma_0$ .

### Coefficients des actions extérieures $C_e$

Les coefficients des actions extérieures  $C_e$  ( $C_e > 0$  pour une poussée,  $C_e < 0$  pour une succion) sur les toitures sont calculés à partir des coefficients ( et de la pente de la toiture orientée par l'axe Z local de la poutre (panne ou ferme). Le diagramme R-III-6 qui est employé, est applicable aux toitures à un ou plusieurs versants plans, dont la hauteur  $f$  est inférieur à la moitié de la hauteur totale  $h$  de la construction ( $f > h/2$ ).

Lorsque  $f > (4/5)h$ , le diagramme R-III-bis est utilisé.

Lorsque  $h/2 < f < (4/5)h$ , une interpolation entre les deux cas précédents est calculée en fonction de  $f/h$

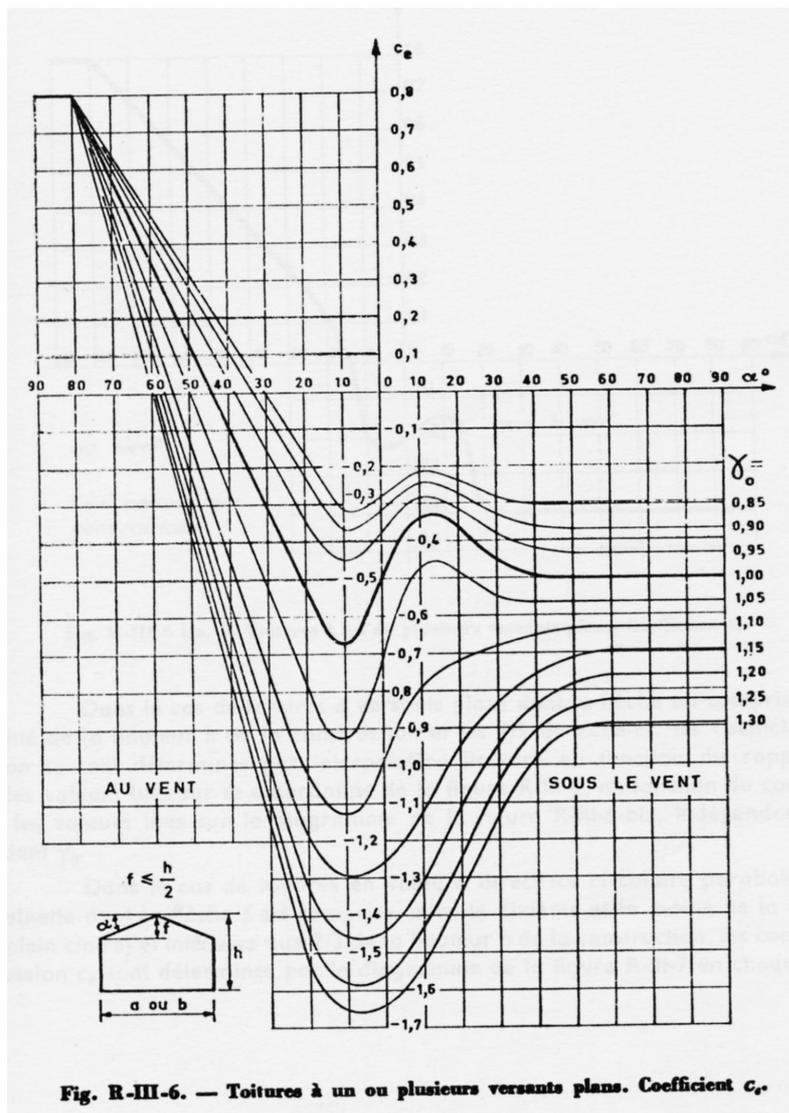


Fig. R-III-6. — Toitures à un ou plusieurs versants plans. Coefficient  $c_e$ .

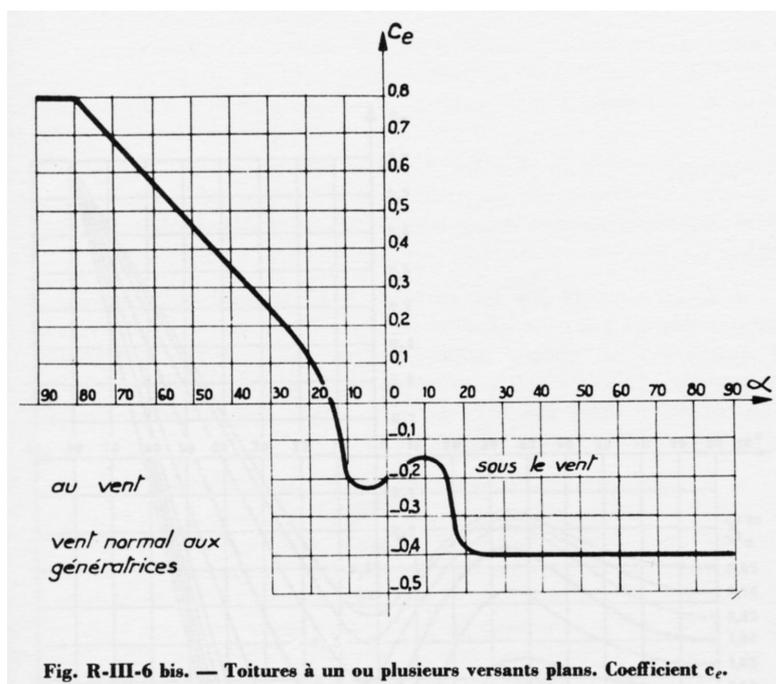


Fig. R-III-6 bis. — Toitures à un ou plusieurs versants plans. Coefficient  $c_e$ .

### Coefficients des actions intérieures $C_i$

Les coefficients des actions intérieures  $C_i$  ( $C_i > 0$  pour une surpression,  $C_i < 0$  pour une dépression) sont calculés à partir des coefficients (selon les règles 2,14 et suivantes).

Les actions intérieures sont modifiées par les ouvertures des parois. Le coefficient de perméabilité  $\mu$  est défini comme le rapport des sommes des aires des ouvertures d'une paroi par l'aire totale de la paroi. Une paroi est fermée pour  $\mu < 0.05$ , une paroi est ouverte pour  $\mu > 0.35$ .

### Cas d'une paroi ouverte

La perméabilité d'une paroi est supérieure à  $> 0.05$  (les autres parois sont fermées  $< 0.05$ ). Les coefficients  $C_i$  sont calculés pour chaque paroi avec un calcul d'interpolation des règles 2,142 pour les valeurs de perméabilité comprises entre 0.05 et 0.35.

### Cas deux parois ouvertes

Si deux parois ont des perméabilités supérieures à 0.05, ces parois sont considérées comme ouvertes et les règles 2,143 sont appliquées sans interpolation.

## 2.5 Actions locales

### **\* Toitures protégées**

Le coefficient de succion  $C_e$  d'une partie protégée du vent est réduit de 25%.

### **\* Avant-toit, rives de toitures**

- Lorsque le vent est normal aux génératrices, le coefficient  $C_e$  est doublé pour des pentes inférieures à  $45^\circ$  et n'est plus modifié pour des pentes supérieures à  $60^\circ$ .
- Lorsque le vent est parallèle aux génératrices, le coefficient  $C_e$  est multiplié par 1.5.
- Aux angles de toitures, le coefficient  $C_e$  est triplé pour des pentes inférieures à  $30^\circ$  et n'est plus modifié pour des pentes supérieures à  $40^\circ$ .

### **\* Acrotères**

Les éléments de façades que dépassent la toitures subissent une pression de vent dont le coefficient  $C_e$  est la somme des coefficients  $C_e$  de la façade au vent et de la façade sous le vent. Les coefficients des actions intérieures  $C_i$  sont nuls.

## 2.6 Entraînement des toitures

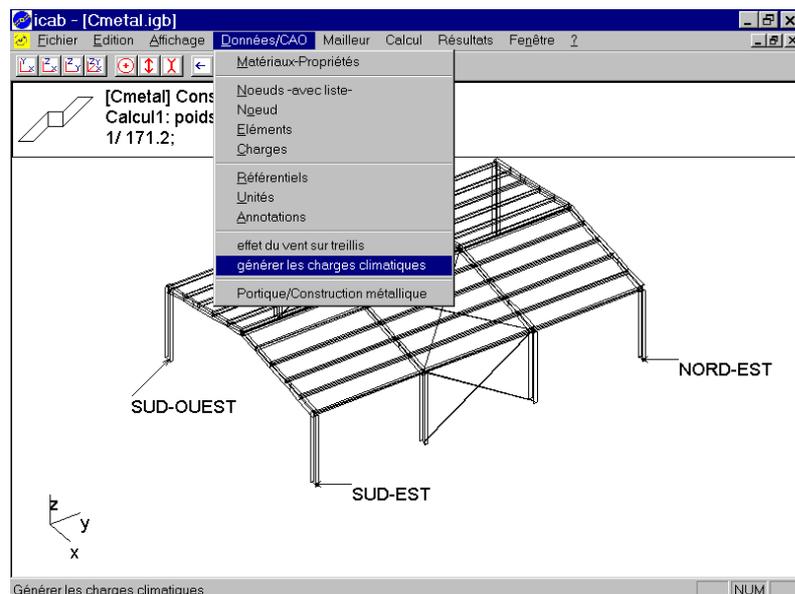
Lorsque les dimensions au sol du bâtiment (a ou b) sont supérieures à  $4.h$ , h étant la hauteur du bâtiment, le vent crée des actions d'entraînement sur les toitures ayant une incidence nulle par rapport à la direction du vent (par exemple pour les toitures en terrasse). La pression d'entraînement est proportionnelle à  $C_{te,q_H}$ . Le coefficient d'entraînement  $C_{te}$  doit valoir:

- 0.01 si la surface plane comporte des ondes ou des plis parallèles à la direction du vent,
- 0.02 si la surface comporte des ondes ou des plis normaux à la direction du vent,
- 0.04 si la surface comporte des nervures normales à la direction du vent.

Le coefficient de réduction pour la force d'entraînement vaut  $(1-4.h/a)$  pour les vents Ouest-Est et  $(1-4.h/b)$  pour les vents Nord-Sud (cf NV65 2,162-2).

## Convention d'orientation

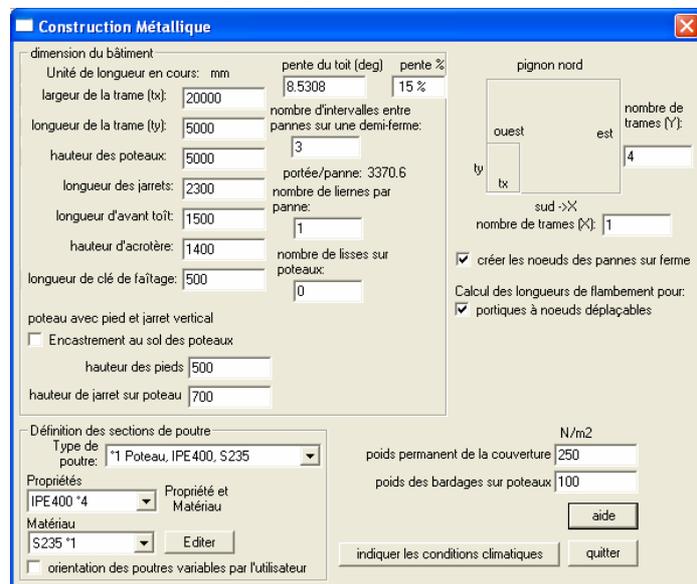
Les effets des vents sont créés pour les directions Ouest, Est, Nord, Sud. Le bâtiment doit avoir des façades parallèles à l'un des axes X ou Y. Par convention, l'axe Y part du Sud vers le Nord; l'axe X part de l'Ouest vers l'Est. L'axe Z correspond à la verticale.



En projection plane XY, les directions correspondent aux notations usuelles d'une carte: le nord en haut, le sud en bas, l'ouest à gauche, l'est à droite.

## Procédures de modélisation

### Création d'un portique standard



Cette commande "CAO, portique" permet de créer un portique dont vous indiquez simplement les dimensions et la section des différents éléments.

Les sections de portiques sont :

- poteau
- ferme (arbalétrier)
- panne

Les sections suivantes ne sont définies que si les longueurs ou hauteurs respectives sont supérieures à 0 :

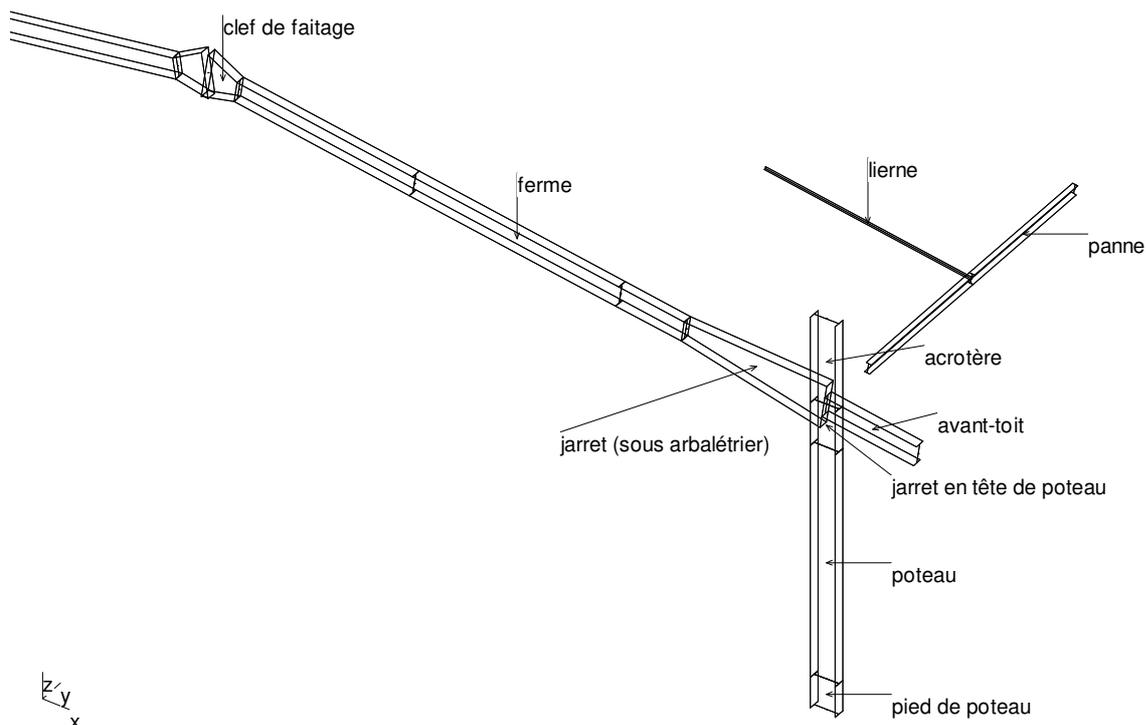
- acrotère : profil vertical sur poteau au-dessus de la toiture
- avant-toit : profil prolongeant la toiture en tête de poteau
- clef de faîtage : section à l'extrémité supérieure de l'arbalétrier
- jarret : section renforcée à la base de la ferme à la jonction du poteau
- jarret en tête de poteau : sommet du poteau (v5.21)

- pied de poteau : section entre le poteau et le sol (v5.21)

Chaque type de poutre (poteau, ferme, panne...) doit être affecté d'un type de profil et d'un matériau.

L'option « orientation des poutres variables par l'utilisateur » permet d'imposer le sens d'orientation des poutres variables dans le portique. A défaut, la plus forte section de la poutre variable est placée automatiquement en tête de poteau pour les poteaux, les jarrets et les fermes.

Le portique est généré avec les chargements climatiques (voir ci-après la commande "CAO, générer les charges climatiques").



### Longueur $L_k$ de flambement des poteaux

La longueur de flambement des poteaux est estimée pour un portique à noeuds déplaçables constitué ainsi:

1. le poteau d'inertie principale  $I_{y_p}$  et de hauteur  $L_p$  est articulé en pied.
2. la ferme d'inertie principale  $I_{y_a}$  et de demi-longueur  $L_a$  est libre de se déplacer au faitage (comme si le faitage était posé sur un appui glissant horizontal).

$$K_p = 0.75 \frac{I_{y_p}}{L_p}$$

$$K_a = \frac{I_{y_a}}{L_a}$$

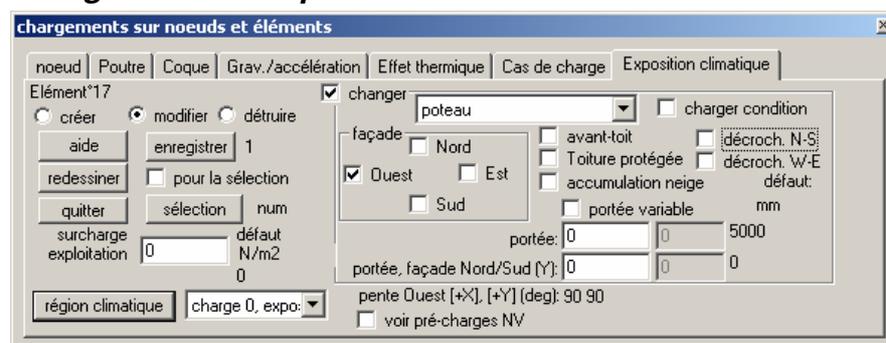
$$\eta_1 = 1, \eta_2 = \frac{K_p}{K_p + K_a}$$

$$\frac{l_{ky}}{L_p} = \sqrt{\frac{1 - 0.2(\eta_1 + \eta_2) - 0.12\eta_1\eta_2}{1 - 0.8(\eta_1 + \eta_2) + 0.6\eta_1\eta_2}}$$

La longueur  $L_{ky}$  de flambement simple pour le poteau est définie par les distributions de rigidité  $\eta_1$  au pied et  $\eta_2$  en tête calculées à partir des rigidités effectives des poutres  $K_p$  et  $K_a$ :

Si le poteau est encastré en pied, alors  $\eta_1=0$  et  $K_p=I_{y_p}/L_p$  (cf Eurocode 3, Afnor P22-311 annexe E).

## Chargement d'une poutre



Pour appliquer les chargements climatiques sur des poutres faisant partie d'un bâtiment couvert, utilisez la commande "CAO, charges -> Exposition climatique"

Une poutre est du type:

- poteau soumis au effet du vent sur les bardages (façades)
- acrotère sur poteau s'élevant au dessus de la toiture, soumis au effet du vent sur les bardages mais sans l'effet de surpression/dépression.
- panne soumise aux effets de la neige et du vent sur la toiture.
- ferme soumise aux effets de la neige et du vent sur la toiture et au poids des pannes (une ferme ne doit être définie que si les pannes ont été omises, par exemple dans une étude de portique).
- solive sous plancher mise au poids propre du plancher et de la charge d'exploitation sur plancher.
- lisse de bardage de bâtiment soumis à l'effet de vent sur bardages (façades), les pressions de vent sont similaires à celles exercées sur les bardages en appui sur poteaux (si les lisses sont modélisées et soumises à l'exposition climatique, les poteaux ne doivent pas être exposés simultanément). Les directions d'orientation Ouest ou Est, Nord ou Sud doivent être indiquées.
- lisse de bardage pour tour carrée soumis à l'effet de vent selon les règles NV65 3,411 ; les charges de vent sont générées avec la commande « vent sur treillis ». La face extérieure du bardage est indiquée par la direction +y locale de la poutre utilisée comme lisse, ou la direction +z locale si celle-ci est dans le plan horizontal.

Les autres attributs des poutres concernent l'exposition (nord, sud, ouest, est). Pour les éléments de toiture, précisez s'il s'agit

- d'un avant-toit,
- d'une partie est protégée du vent (par exemple les sheds intermédiaires entre les façades)
- d'une partie susceptible d'accumulation de neige.

### Décrochements (NV65 2,41)

Pour une direction du vent normale aux parties verticales des décrochements, les parties horizontales sont soumises aux mêmes actions extérieures que les parties verticales sur une longueur égale à la hauteur du décrochement supérieur (le raccordement avec la dépression se fait s'il y a lieu sur une longueur égale à la demi-hauteur).

- décrochement N-S : le décrochement de la façade est dans le sens Nord-Sud, l'effet de surpression sur la partie supérieure de la toiture a lieu pour un vent Ouest ou Est.
- décrochement W-E le décrochement de la façade est dans le sens Ouest-Est, l'effet de surpression sur la partie supérieure de la toiture a lieu pour un vent Nord ou Sud.

NB : la combinaison neige avec vent est dans ce cas défavorable car la surpression sur la face supérieure de la toiture accroît la charge vers le sol.

Les portées d'une poutre sont les surfaces par unité de longueur des bardages ou des toitures fixés sur cette poutre. Si ces valeurs sont nulles, les valeurs par défaut sont appliquées (cf. commande "Créer charges Neige/Vent").

## Chargement sur bâtiment

Cette commande permet de générer les chargements climatiques sur un bâtiment à partir des indications suivantes:

- portées par défaut employées pour le calcul des charges. Il s'agit des surfaces par unité de longueur des bardages ou toitures fixés sur les poutres. Ces portées correspondent aussi aux dimensions de maître couple pour le calcul des coefficients \* Delta (NV65 1,244)
- dimensions totales du bâtiment, utilisées pour le calcul des coefficients aérodynamiques (Gamma  $\gamma$ , Ce pour toiture en fonction du rapport f/h).

A altitude du lieu au-dessus du niveau de la mer

a dimension horizontale de la façade Ouest ou Est (parallèle à l'axe Y)

b dimension horizontale de la façade Nord ou Sud (parallèle à l'axe X)

Cte coefficient d'entraînement pour grandes toitures

e éloignement vertical du sol de la partie basse d'une construction (espace vide sous la construction)

h hauteur de la construction, toiture comprise, utilisé pour le calcul des coefficients Lambda et Gamma

f hauteur de la toiture. Le rapport f/h a une influence sur le calcul des coefficients Ce pour toiture

z1 niveau du sol en contrebas de la construction (cas d'une construction sur une butte de pente supérieure à 2, soit 60 degrés)

coefficient de perméabilité d'une façade, rapport de la surface des parties ajourées sur la MU surface totale (une façade est fermée pour  $\mu=0.05$ , ouverte pour  $\mu=0.35$ ). Gamma, coefficient de correction aérodynamique fonction de l'allongement d'une construction

## Convention d'orientation

Les effets du vents sont créés pour les directions Ouest, Est, Nord, Sud. Le bâtiment doit avoir des façades parallèles à l'un des axes X ou Y. Par convention, l'axe Y part du Sud vers le Nord; l'axe X part de l'Ouest vers l'Est. L'axe Z correspond à la verticale.

En projection plane XY, les directions correspondent aux notations usuelles d'une carte: le nord en haut, le sud en bas, l'ouest à gauche, l'est à droite:

### options

La "**charge permanente de la toiture**" correspond au poids de la couverture (exemple: 60 N/m<sup>2</sup> pour la tôle ondulée d'acier galvanisé, 400 à 600 N/m<sup>2</sup> pour des tuiles canal avec voliges). La "**surcharge des pannes**" correspond au poids des pannes réparties sur les fermes; ce paramètre n'a pas besoin d'être indiqué si les pannes sont modélisées.

Le "**poids des bardages**" correspond au poids des façades en appui sur les poteaux. Si les façades reposent sur le sol, ce poids peut être nul.

Les "**poids sur plancher**" et "**surcharges sur plancher**" correspondent respectivement au poids mort et à la charge normale d'exploitation qui vient s'appliquer sur les solives sous plancher.

Le "**coefficient dynamique Bêta  $\beta$** ", s'il est supérieur à 1, multiplie les charges de vent selon l'article 1.5 des règles NV65.

## Chargement Neige/Vent

Ce paramétrage permet de choisir la norme applicable (NV65, Eurocodes) qui sera utilisée pour les actions climatiques sur les bâtiments et le vent sur treillis.

L'utilisateur indique :

- la région ou zone climatique
- les paramètres affectant les chargements (altitude, site, catégorie de terrain)

**Options :**

**pas de combinaison des charges :** si cette option est activée, les combinaisons standards ne sont pas créées; cette option est utile si l'utilisateur souhaite conserver des options de calculs déjà enregistrées.

**conserver les charges utilisateur :** les charges qui ont été appliquées par l'utilisateur et qui ne concernent pas les poutres avec expositions climatiques ou le champ de gravité pour le cas des charges permanentes sont maintenues. Cette option est utile pour conserver en particulier des charges ponctuelles créées par l'utilisateur et que l'utilisateur souhaite conserver après la génération automatique des charges climatiques.

**Effets de dimension et amplification dynamique**
**Effet dynamique selon les règles NV65**

Le coefficient **Beta** défini par les règles NV65 (section 1,5 NF P06-002) est fonction de

- la période du mode fondamental de la structure  $T(s)$
- du type d'ossature ou bâtiment (Figure R-III-4)
- la plus grande dimension définit le coefficient minorateur **Delta**

La boîte de dialogue permet également de choisir la variation de la vitesse de vent en fonction de la hauteur par rapport au sol. Il est recommandé de laisser l'effet de hauteur par défaut pour le calcul du coefficient  $K(h)=qH/q10$  selon la section 1,24

**Calcul de réduction Delta  $\delta$** 

Selon les règles NV65 1,244, les éléments continus de dimensions courantes tels que ceux appartenant à des ossatures de bâtiments d'habitation sont calculés en affectant la pression dynamique sur chaque travée du coefficient Delta  $\delta$  correspondant à la travée considérée supposée isolée.

Les éléments continus de dimensions importantes (grandes poutres continues, mâts haubanés, etc...) éventuellement avec porte-à-faux aux extrémités sont calculés en affectant les pressions dynamiques appliquées sur les différentes travées avec une majoration pouvant atteindre 1.10  $\delta$  de la façon la plus défavorable pour réaliser les moments maximaux soit en travée soit en appui.

**Options pour Delta  $\delta$ :**Largeur de travée px, py :

Les largeurs px, py des travées dans les directions respectivement x et y seules sont prises en comptes

Max(largeur px, py, hauteur h) :

La plus grande dimension (horizontale ou verticale) de la surface offerte au vent est prise en compte en considérant que la hauteur de l'élément correspond à la hauteur totale du bâtiment.

Majoration +10% :

Le coefficient Delta  $\delta$  est multiplié par 1.10

## Effet dynamique selon l'Eurocode

Les coefficients  $C_s.C_d$  peuvent être définis selon l'annexe B ou l'annexe C (structures spécifiques) de la norme EN1991-1-4 en fonction

- des **dimensions** de hauteur  $h$  et largeur  $b$  de la structure
- de la **fréquence** de mode fondamental de la structure  $Freq(Hz) = 1/T(s)$
- du décrétement logarithmique d'**amortissement** du mode fondamental ( $\Delta = \Delta_S$  structural +  $\Delta_A$  aérodynamique +  $\Delta_D$  dispositifs spéciaux) selon l'annexe F (EN1991-1-4)

Voici un extrait du tableau F.2 (EN1991-1-4) qui indique des valeurs approchées pour le décrétement logarithmique de l'amortissement structural:

Type de constructionl	amortissement $\Delta_S$
bâtiments en béton armé	0.10
bâtiments en acier	0.05
structures mixtes béton + acier	0.08
tours et cheminées en béton armé	0.03
cheminées en acier soudé non revêtues sans isolation thermique externe	0.012
pylônes en treillis en acier soudé	0.02
pylônes en treillis en acier assemblé par boulons HR	0.03
pylônes en treillis en acier assemblé par boulons ordinaires	0.05
ponts mixtes	0.04

Selon la section "6.2 Détermination de  $C_s.C_d$ " de la norme EN1991-1-4,  $C_s.C_d$  peut être déterminé comme suit :

a) pour les bâtiments dont la hauteur est inférieure à 15 m, la valeur de  $C_s.C_d$  peut être considérée comme égale à 1 ;

b) pour les éléments de façade et de toiture dont la fréquence propre est supérieure à 5 Hz, la valeur de  $C_s.C_d$  peut être considérée comme égale à 1 ;

c) pour les bâtiments en charpente comportant des cloisons, d'une hauteur inférieure à 100 m, et dont ladite hauteur est inférieure à 4 fois la largeur mesurée dans la direction du vent, la valeur de  $C_s.C_d$  peut être considérée comme égale à 1 ;

d) pour les cheminées à sections transversales circulaires dont la hauteur est inférieure à 60 m et inférieure à 6,5 fois le diamètre, la valeur de  $C_s.C_d$  peut être considérée comme égale à 1 ;

e) dans les cas a), b), c) et d) ci-dessus, les valeurs de  $C_s.C_d$  peuvent également être calculées à partir de 6.3.1 (procédure détaillée);

f) pour les ouvrages de génie civil (autres que les ponts, étudiés en Section 8), ainsi que les cheminées et les bâtiments ne relevant pas des limites données en c) et d) ci-dessus, il est recommandé de calculer  $C_s.C_d$  à partir de 6.3 ou de prendre la valeur indiquée à l'Annexe D.

NOTE 1 Les fréquences propres des éléments de façade et de toiture peuvent être calculées à l'aide de l'Annexe F (des travées de vitrage inférieures à 3 m conduisent généralement à des fréquences propres supérieures à 5 Hz).

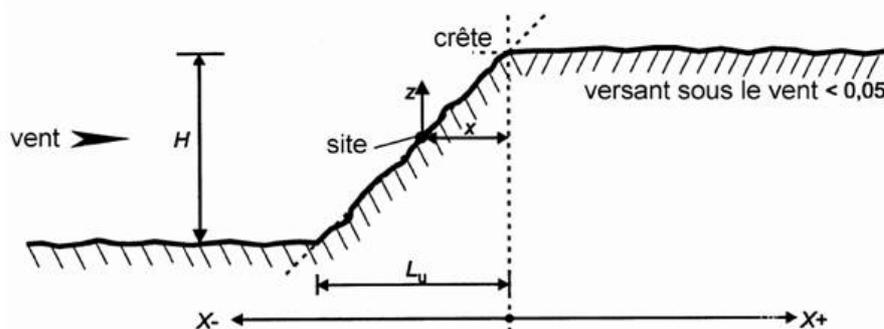
Dans le cas général, il est recommandé d'utiliser le module ICAB/Dynamique pour estimer par analyse modale le premier mode de vibration de la structure étudiée.

Orographie: effet du relief

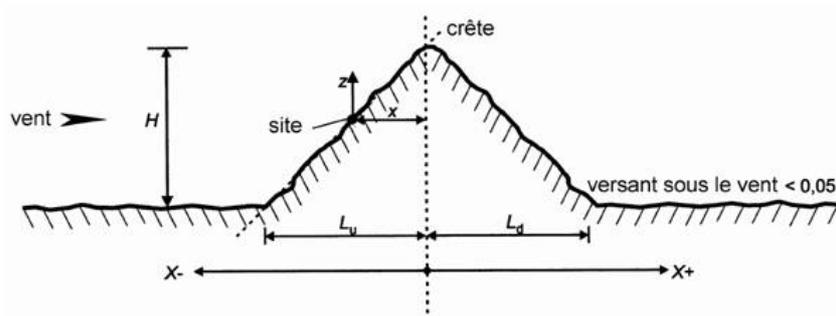
L'eurocode 1 (EN1991-1-4) envisage des reliefs du type pour déterminer le coefficient d'orographie en fonction de la largeur du relief ( $L_u$ ,  $L_d$ ), sa hauteur ( $H$ ), la position du site sur la crête ( $X < 0$ , position au vent,  $X > 0$ , position sous le vent) et la hauteur  $z$  du point d'exposition par rapport au sol.

Le coefficient d'orographie  $C_o(z)$  est un coefficient d'amplification de la vitesse moyenne du vent par rapport à une exposition en plaine:  $C_o(z).V_m(z)$ .

falaise ou escarpement



colline isolée ou chaîne de collines



La section EN1991-1-4 section A.3 de la norme européenne fournit des recommandations du calcul d'orographie pour

- les falaises et escarpements (figure A.2)
- les collines isolées ou en chaîne (figure A.3).

Le document d'application nationale en France (EN1991-1-4/NA:2008 tableau 4.7) indique deux procédures:

**Procédure 1:** pour des obstacles de hauteurs et formes variées (NB: dans le cas où  $Co > 1.15$ , il convient de déterminer le coefficient d'orographie au moyen d'une étude spécifique par modélisation numérique ou sur maquette en soufflerie).

**Procédure 2:** selon 3 configurations

- les falaises et escarpements
- les collines isolées
- collines en chaîne

NB: pour placer en sécurité, le coefficient d'orographie est le plus grand des coefficients calculés aux positions  $+X$  et  $-X$ , où  $X$  est la distance par rapport à la crête:

$$Co = \text{Max}(Co(+X), Co(-X))$$

NF EN1991-1-4/NA France Clause 4.3.3 (1)

Dans le document d'application nationale française, il y a lieu de distinguer deux cas :

— **Cas 1** : orographie constituée d'**obstacles de hauteurs et de formes variées**. Ce type d'orographie est le plus fréquemment rencontré ; dans ce cas, le coefficient d'orographie  $Co$  est calculé selon la procédure 1 décrite ci-après. NOTE 1 Par rapport à ceux considérés au cas 2 ci-après, les environnements orographiques habituellement rencontrés sont géométriquement plus complexes ; ils sont caractérisés par des survitesses moindres, mais des niveaux de turbulence augmentés, de sorte que l'intensité de turbulence locale n'est pas diminuée, malgré les survitesses, par rapport à un terrain plat. Les formulations de la turbulence données plus loin en 4.19-NA et 4.20-NA en tiennent compte.

#### Procédure 1

(a) L'altitude moyenne locale du terrain environnant la construction,  $Am$ , est définie par :

$$Am = (2 AC + AN1 + AN2 + AE1 + AE2 + AS1 + AS2 + AO1 + AO2)/10 \quad (4.12\text{-NA})$$

où :

AC est l'altitude du lieu de construction ;

AN1, AE1, AS1, AO1 est l'altitude aux points situés, dans les quatre directions cardinales (nord, est, sud, ouest) à une distance de 500 m du lieu de construction ;

AN2, AE2, AS2, AO2 est l'altitude aux points situés, dans les quatre directions cardinales à une distance de 1 000 m du lieu de construction.

(b) L'altitude relative du lieu de construction  $\Delta AC$  est définie par :  $\Delta AC = AC - Am$  (4.13-NA)

NOTE 2 La procédure 1 est une approche statistique, fondée sur l'étude d'un grand nombre de cas réels, traités numériquement. Cette méthode, simplifiée par construction, ne tient pas compte de la direction du vent, mais seulement de l'altitude relative du lieu de construction par rapport au terrain environnant.

L'étude du coefficient d'orographie dans le cas 1, est également possible

— par une modélisation numérique appropriée ; dans ce cas, l'intensité de turbulence est calculée, en 4.4, avec l'expression (4.20-NA) ;

— par étude sur maquette en soufflerie turbulente ; dans ce dernier cas, il est recommandé de ne pas limiter l'étude au seul coefficient d'orographie, mais de l'étendre à la turbulence. A défaut, l'intensité de turbulence est calculée avec l'expression (4.20-NA).

— **Cas 2, procédure 2** : orographie constituée d'obstacles bien individualisés. Une falaise ou une colline isolée appartient à cette catégorie d'orographie, plus rarement rencontrée.

NOTE Il convient de considérer comme un obstacle bien individualisé, une zone émergente par rapport à un terrain général sans relief marqué ; les figures 4.17(NA) et 4.18(NA) illustrent ce type d'obstacle dont les caractéristiques géométriques  $H$ ,  $L_u$ ,  $L_d$  nécessaires à l'application de la procédure 2, doivent pouvoir être définies sans ambiguïté. Lorsque la position de la crête ne peut pas être localisée avec certitude, il est loisible d'utiliser la procédure 1 en

respectant les limitations prévues sur la valeur de  $c_o$  (voir ci-après la définition de la procédure 1).

## Effet du vent sur les treillis

L'option "prise au vent" permet de simuler l'effet du vent chaque poutre considérée comme faisant partie d'un treillis. Ce chargement est spécialement destiné aux structures telles que les pylônes, antennes, passerelles. Les conventions d'orientation concernant les bâtiments comportant des toitures ne sont plus nécessaires.

Le vent est défini selon une direction quelconque par ses trois composantes de vitesse X, Y, Z. Cette vitesse peut être calculée en appuyant sur le bouton « modifier la vitesse du vent » à partir d'une pression de référence indiquée dans le cadre « valeurs indicatives des pressions normale à 10m ». Cette pression de référence dépend elle-même de norme appliquée, la zone et le site/catégorie de terrain. Si la pression de référence est hors norme, il faut d'abord cocher « modifier la pression normale ».

### Effet de la hauteur (NV65 seulement)

L'effet de la hauteur sur la vitesse du vent peut être pris en compte selon les règles NV65 1,241. Si la cote  $z=0$  utilisée dans la modélisation ne correspond pas au niveau du sol, la différence entre le niveau du sol et la hauteur correspondant à l'origine des coordonnées est indiquée par le paramètre  $z1$  qui majore la hauteur de prise au vent ( $H_{vent} = z_{coordonnée} + z1$ ).

Pour un calcul selon les Eurocodes, l'effet de hauteur dépend du choix de région et catégorie de terrain.

### Cas de charge

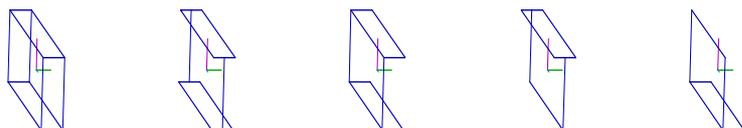
Les chargements relatifs à cet effet de prise au vent ont le numéro de chargement que vous pouvez choisir. Ce chargement s'ajoute aux chargements déjà définis.

Remarque: Les chargements ayant le même numéro de chargement que celui de l'effet "prise au vent sur treillis" seront détruits.

Si l'option "pas de combinaison des charges" est activée, les combinaisons standards ne sont pas créées; cette option est utile si l'utilisateur souhaite conserver des options de calculs déjà enregistrées.

### Maître couple

L'effet du vent dépend de l'incidence du vent sur chaque poutre et de la géométrie du profilé. Les différents profilés pris en compte sont les sections rectangulaires, I, H, U, T, Cornières et tubes (application des règles NV65 9,3 ou clause 7.7 de l'Eurocode EN1991-1-4). Si le profil a une géométrie différente, le profil est réputé être un caisson rectangulaire.



L'action du vent dépend de sa vitesse et de son incidence sur le profil de chaque poutre. La force linéique comprend trois composantes:

- une force de traînée
- une force de portance (sous certaines incidences ou pour certains profilés tels que les tubes, la portée est nulle)
- une force d'entraînement en général très petite par rapport à la force de traînée.



La force d'entraînement est égale au produit de la pression dynamique du vent selon l'axe de la poutre par le rapport  $A/l$ ; A est l'aire de la poutre, l sa longueur.

Si l'option « majoration des traînées si  $l/e > 5$  » est activée, la force d'entraînement est majorée par le coefficient  $\gamma$  correspondant au tableau NV65 A-9-16 applicable aux profilés éloignés du sol ou d'une paroi. Ce coefficient  $\gamma$  est évalué à partir du rapport  $\lambda = l/e$ , l étant la longueur du profilé et e le maître couple maximal entre  $e_y$  et  $e_z$  correspondant aux faces Y et Z du repère local du profilé.

### Equipements

Lorsque des éléments de type « masse » sont utilisés, le maître couple CA utilisé pour la définition des poussées de vent est tel que la force dynamique du vent, dans le repère local de l'élément, est :

$$\vec{F} = cA_x \cdot \vec{p}_x + cA_y \cdot \vec{p}_y + cA_z \cdot \vec{p}_z$$

où  $cA_x = TKY.TKZ$ ,  $cA_y = TKX.TKZ$ ,  $cA_z = TKX.TKY$

TKX, TKY, TKZ sont les paramètres de dimension définis dans les propriétés de l'élément de type « masse » utilisé.

Si l'option « pas de majoration « beta » sur actions locales » est activée, le coefficient  $\beta$  n'est pas appliqué sur les équipements définis par des éléments de type masse.

**ATTENTION:** vous devez relancer la génération des actions du vent après toute modification de la structure même s'il ne s'agit que d'une modification d'orientation d'une poutre.

### **Effet du vent sur constructions prismatiques à base polygonale régulière ou circulaire**

Conformément au chapitre 3 des règles NV65, l'effet du vent sur des prismes (silos, cylindres, cuves) est pris en compte sur des surfaces de type "coque". La répartition des pressions sur les surfaces est appliquée dans les conditions suivantes:

1. la normale positive des coques doit être orientée vers l'extérieur du prisme ou du cylindre. L'orientation des plaques est visualisée avec l'option "repères locaux" de la boîte de dialogue "Résultats, visualisation". Pour inverser la normale d'une surface maillée, il suffit de définir le contour de la surface en sens inverse.

2. Les conditions de répartition de pression sont établies pour un coefficient (=1, correspondant à des prismes dont la hauteur peut être 5 fois supérieure au diamètre pour des prismes surélevés (2.5 pour des silos sur le sol).

3. les catégories de prismes ou cylindres sont:

I prismes de trois ou quatre côtés.

II prismes de plus de quatre côtés et de dix côtés au plus avec ou sans nervures arrondies.

III prismes de plus de dix côtés et de vingt côtés au plus, avec ou sans nervures arrondies

IV cylindres à base circulaires avec nervures minces ou épaisses à arêtes vives.

V prismes de vingt côtés et plus avec ou sans nervures arrondies et cylindres rugueux à base circulaire sans nervure.

VI cylindres lisses à base circulaire sans nervure et possédant un poli spéculaire et durable.

### Combinaison des poussées de vent sur bâtiment et sur treillis

Il n'est pas normalement possible d'avoir des conditions où le vent applique des poussées sur les bardages, toitures (effet du vent sur bâtiment) et sur les profilés supposés nus (effet du vent sur treillis).

Toutefois, dans le cas de structures mixtes, comme pour une toiture disposée sur une ferme treillis sans bardage, ces deux effets peuvent effectivement se combiner. Dans ce cas, vous pouvez suivre la procédure suivante :

1. générer les charges climatiques avec l'option « conserver les charges 'utilisateur' »
2. créer l'effet du vent sur treillis. Vous pouvez créer les poussées de vent sur treillis une à une ou plus rapidement en utilisant le bouton « mise à jour de tous les chargements »  
Après cette opération, seules les poussées de vent sur treillis sont présentes.
3. générer à nouveaux les charges climatiques pour obtenir aussi les poussées du vent sur les toitures et bardages.

## Méthodes NV/Eurocode

### **Annexe 9 des règles NV65**

L'annexe 9 des NV65 (AFNOR P06-002:2009) détermine les actions du vent sur les éléments plans des constructions en treillis en fonction

- des coefficients aérodynamiques  $c$  définis en à la section 9,3
- du coefficient d'amplification  $\gamma$  du rapport de dimensions  $\lambda = l_e/a > 5$  d'une barre constitutive selon la figure A-9-16 de la section 9,4. (NB: pour les faibles élancements:  $\lambda < 5, \gamma = 1$ ; pour les grands élancements,  $\gamma = 1.665$  pour les profilés,  $\gamma = 1.33$  pour les tubes)
- de la pression dynamique  $q(z)$  à la hauteur moyenne  $z$  de la barre incluant les effets de taille et coefficient dynamique  $(\delta, \beta)$

l'effort linéique sur une barre est:  $F = \gamma \cdot c \cdot q(z) \cdot e$

Remarque: dans l'estimation menée par ICAB/NV, l'effet de masque des profilés est négligé pour placer en sécurité.

L'application de l'annexe 9 est préférable à la méthode alternative définie à la section 5 des règles NV65. En effet, les sections 5,23 et 5,24 spécifiques aux tours et pylônes à section de forme respectivement carrée et triangle équilatéral ne sont valides que pour les coefficients de remplissage  $\Phi$  compris entre 0.08 et 0.35. Des coefficients de remplissage supérieurs à 0.35 peuvent être notablement dépassés avec des équipements tels chemins de câbles, échelles, panneaux...

### **Eurocode 1 - EN1991-1-4/NA clause 7.7**

Pour un calcul selon les Eurocodes, le logiciel ICAB applique la clause 7.7 de l'annexe nationale française de la norme EN1991-1-4/NA (AFNOR P06-114-1/NA) qui définit la force exercée par le vent sur une barre en fonction

- du coefficient  $C_t$  de force sans écoulement de contournement aux extrémité, prenant les valeurs  $C_x, C_z, C_N, C_T$  dans les tableaux des figures 7.39 à 7.50
- du facteur d'extrémité donné en 7.13 (EN1991-1-4), en fonction de l'élance effectif  $\lambda$  calculé dans le tableau 7.16

l'effort linéique sur une barre est:  $F = \psi \lambda \cdot c_t \cdot q_p(z) \cdot e$

NB: si l'élancement est faible  $\lambda < 1$ , alors  $\psi \lambda = 1 = 0.6$  (cf tableau 7.16). Pour les grands élancements,  $\psi \lambda = 200 = 1$ , soit un facteur d'amplification de  $1/0.6 = 1.666$  entre les très longs et très courts profilés.

## Annexe A: Régions climatiques de neige

Le tableau ci-dessous définit les régions climatiques de neige A1, A2, B1, B2, C1, C2, D, E pour la publication 2009 et antérieures (1,2,3 pour le règlement Neige 65), (A, B, C, D pour la modification Neige 84), (1A, 1B, 2A, 2B, 3, 4 pour les règles N84 modifiées 95).

	Département (cantons)	Neige 2009	Neige 95	Neige 84	Neige 65
1	<i>Ain sauf: Ambérieux en Bugey, Bellegarde sur Valserine, Belley, Brénod, Champagne en Valromay, Collonges, Ferney-Voltaire, Gex, Hauteville- Lompdès, Izernore, Lagnieu, Lhuis, Nantua, Oyonnax, Poncin, Saint- Rambert en Bugey, Seissel, Virieu le Grand</i>			B	2 3 3 3
1	AIN sauf Bâgé le Châtel, Bourg en Bresse, Chalamont, Châtillon sur Chalaronne, Coligny, Meximieux, Miribel, Montuel, Montrevel en Bresse, Péronnas, Pont-d'Ain, Pont de Vaux, Ponte de Veyle, Reyrieux, Saint Trivier de Courtes, Saint Trivier sur Moirans, Thoissey, Trévoux, Villars les Dombes, Viriat	C2 A2	3 2A		
2 2	Aisne Aisne : Aubenton, la Capelle, Hirson Aisne : tous les autres cantons	C1 A1	1A	B	2
3	Allier	A2	1B	B	2
4	Alpes (Haute-Provence)	C1	2A	B	1
5	Alpes (Hautes)	C1	2A	B	2
6	<i>Alpes-Maritimes sauf: Cannes</i>		1B 1B	A	1 2
6	Alpes-Maritimes : Breil-sur-Roya, Guillaumes, Lantosque, Puget-Théniers, Roquebillières, St-Etienne-de-Tinée, St-Martin-Vésubie, St-Sauveur-sur- Tinée, Sospel, Tende, Villars-sur-Var Alpes Maritimes, tous les autres cantons	C1 A2			
7	Ardèche	C2	3	C	3
8	<i>Ardenne</i>		1A	B	2
8	Ardennes : Asfeld, Attigny, Buzancy, Château-Porcien, Chaumont-Porcien, le Chesne, Grandpré, Junville, Machaut, Novion-Porcien, Rethel, Tourteron, Vouziers	A1			
	Ardennes : tous les autres cantons	C1			
9	<i>Ariège sauf: Cabannes, Foix, Lavelanet, Mirepoix, Tarascon sur Ariège, Vicdessos Ax-les-Thermes, Quérigut</i>		2A 3 3	B	1 2 3
9	Ariège Sauf Ax-les-Thermes, les Cabannes, Lavelanet, Mirepoix, Quérigut	A2 C2			
10	Aube	A1	1A	B	2
11	<i>Aude sauf: Axat, Belcaire, Couiza, Durban-Corbières, Lagrasse, Limoux, Mouthoumet, Quillan, St-Hillaire de l'Aude, Sigean, Tuchan</i>			C	2 3 3
11	AUDE Sauf Belpech, Castelnaudary, Fanjeaux, Salles sur l'Hers	D C2	4 3		
12	Aveyron	A2	2A	B	1
13	Bouches du Rhône	A2	1B	C	3
14	Calvados	A1	1A	B	1
15	Cantal	A2	1B	B	2

16	Charente	A2	1B	A	1
17	Charente Maritime	A2	1B	A	1
18	Cher	A1	1A	A	2
19	Corrèze	A2	1B	B	2
20	Corse (Haute-Corse et Corse du Sud)	A2	1B	A	1
21	Côte d'Or	A1	1A	B	2
22	Côtes d'Armor	A1	1A	B	1
23	Creuse	A2	1B	B	2
24	Dordogne	A2	1B	A	1
25	<i>Doubs</i>		2A	B	3
25	Doubs (autres cantons) Audeux, Besançon, Boussières, Marchaux Maîche, Montbenoît, Morteau, Pierrefontaine-les-Varans, le Russey, St-Hippolyte	C1 B1 E			
26	Drôme	C2	3	C	3
27	Eure	A1	1A	B	1
28	Eure et Loir	A1	1A	B	2
29	Finistère	A1	1A	B	1
30	Gard	B2	2B	C	3
31	<i>Garonne (Haute) sauf</i> <i>Caraman, Cintegabelle, Lanta, Montgiscard, Nailloux, Villefranche de Lauragais</i> <i>Revel</i>		1B 2A 2A 3	A	1
31	Haute-Garonne Sauf Revel	A2 C2			
32	Gers	A2	1B	A	1
33	Gironde sauf: Audenge, Arcachon, Belin, Blanquefort, Bordeaux, Branne, Cadillac, Carbon-Blanc, Castelnau-de Médoc, Castillon la Bataille, Créon, Fronsac, Labrède, Libourne, Lussac de Libourne, Mérignac, Pessac, Podensac, Pujols sur Dordogne, Saint André de Cubzac, Targon, Teste de Buch	A2 A2	1B	A	1 2 2
34	Hérault sauf: Bézier, Capestang, Olonzac, Saint-Chinian, Saint Pons de Thomières	B2 C2	2B 3	C	3
35	Ile et Vilaine	A1	1A	A	1
36	Indre	A1	1A	A	1
37	Indre et Loire	A1	1A	A	1
38	Isère sauf: <i>Allevard, Bourg-d'Oisans, Bourgoin, Corps Crémieu, Domène, Goncelin, Grand-Lemps, Grenoble, Mure-d'Isère, Morestel, Pont de Beauvoisin, Rives, Saint Geoire en Valdaine, Saint Laurent du Pont, Sassenage, Tour du Pin, Touvet, Tullins, Valbonnais, Vif, Virieu sur Bourbre, Vizille, Voiron</i>	C2 C2	3 3	B	2 3
39 39	Jura Sauf Chaussin, Chemin, Dampierre, Dole, Gendrey, Montbarrey, Montmirey-le-château, Rochefort-sur-Nonen	C1 B1	2A	B	3
40	Landes	A2	1B	A	1
41	Loir et Cher	A1	1A	A	2
42	Loire	A2	2A	B	2
43	Loire (Haute)	A2	2A	B	2

44	Loire-Atlantique	A1	1A	A	1
45	Loiret	A1	1A	B	2
46	Lot	A2	1B	B	1
47	Lot-et-Garonne	A2	1B	A	1
48	Lozère	A2	2A	B	1
49	Maine-et-Loire	A1	1A	A	1
50	Manche	A1	1A	B	1
51	Marne	A1	1A	B	2
52	Marne (Haute)	A1	1A	B	2
53	Mayenne	A1	1A	A	1
54	<i>Meurthe-et-Moselle sauf Arracourt, Baccarat, Badonviller, Bayon, Blâmont, Cirey sur Vezouze, Gerbéviller, Haroué, Lunéville</i>		1A 2A	B	3
54	Meurthe-et-Moselle Arracourt, Baccarat, Bayon, Blâmont, Gerbéviller, Haroué, Lunéville Badonviller, Cirey-sur-Vezouze	A1 B1 C1			
55	Meuse		1A	B	3
55	Meuse Montmédy, Stenay	A1 C1			
56	Morbihan	A1	1A	A	1
57	Moselle sauf	A1	1A	B	3
57	<i>Albestroff, Behren les Forbach, Bitche, Château Salins, Dieuze, Fénétrange, Forbach, Freyming Merlebach, Grostenquin, Lorquin, Phalsbourg, Réchicourt le Château, Rohrbach les Bitche, Saint-Avold, Sarralbe, Sarrebourg, Sarreguemines, Sarreguemines-Campagne, Stiring- Wendel, Vic sur Seille, Volmuster</i>		2A		
57	Albestroff, Behren les Forbach, Château Salins, Dieuze, Fénétrange, Forbach, Freyming Merlebach, Grostenquin, Réchicourt le Château, Rohrbach les Bitche, Saint-Avold, Sarralbe, Sarreguemines, Sarreguemines- Campagne, Stiring-Wendel, Vic sur Seille, Volmuster	B1			
57	Bitche, Lorquin, Phalsbourg, Sarrebourg	C1			
58	Nièvre	A1	1A	B	2
59	<i>Nord</i>		1A	B	2
59	Nord Avesnes-sur-Helpe, Hautmont, Maubeuge, Trélon, Solre-le-Château	A1 C1			
60	Oise	A1	1A	B	2
61	Orne	A1	1A	B	1
62	Pas-de-Calais	A1	1A	B	2
63	Puy-de-Dôme	A2	1B	B	2
64	Pyrénées Atlantiques	A2	1B	A	1
65	Pyrénées (Hautes)	A2	1B	A	1
66	Pyrénées Orientales sauf: Mont-Louis, Olette, Saillagouse	D C2	4 3	D	+45% 3
67	Rhin (Bas)		2A	B	3
67	Bas-Rhin Drulingen, Sarre-Union	C1 B1			
68	Rhin (Haut)	C1	2A	B	3
69	Rhône	A2	2A	B	2

70	Saône (Haute)		2A	B	3
70	Haute-Saône Champegney, Faucogney-et-la-Mer, Héricourt, Lure, Mélisey, Villersexel	B1 C1			
71	Saône-et-Loire sauf Beaurepaire en Bresse, Cuisseaux, Cuisery, Louhans, Montpont en Bresse, Montret, Pierre en Bresse, saint Germain du Bois, Tournus	A2 B1	1B 2A	B	2
72	Sarthe	A1	1A	A	1
73	<i>Savoie</i>		3	B	3
73	Savoie (tous les autres cantons)	C2			
73	Aiguebelle, Aime, Albertville, Beaufort, Bourg-St-Maurice, Bozel, le Châtelard, la Chambre, Chamoux-sur-Gelon, Grésy-sur-Isère, Lanslebourg-Mont-Cenis, Modane, Moutiers, St-Jean-de-Maurienne, St-Michel-de-Maurienne, St-Pierre-d'Albigny, la Rochette, Ugine	E			
74	<i>Savoie (Haute)</i>		3	B	3
74	Haute-Savoie Alby-sur-Chéran, Annemasse, Boège, Cruseilles, Frangy, Douvaine, Reignier, Rumilly, St-Julien-en-Genevois, Seyssel	E C2			
75	Seine (Paris)	A1	1A	B	2
76	Seine Maritime	A1	1A	B	1
77	Seine et Marne	A1	1A	B	2
78	Yvelines sauf: Versailles Ouest	A1 A1	1A 1A	B	2 3
79	Sèvres (Deux)	A1	1A	A	1
80	Somme	A1	1A	B	2
81	Tarn sauf Dourgne, Labruguière, Mazamet, Saint-Amans Soult	A2 C2	2A 3	A	1
82	Tarn et Garonne	A2	1B	A	1
83	<i>Var sauf:</i> <i>Beausset, Ollioules, Seyne sur Mer, Toulon</i> <i>Besse sur Issole, Brignoles, Collobrières, Fréjus, Grimaud, Lorgues, Luc en Provence, Saint Tropez</i>			C	2 3 3 3
83	VAR sauf Aups, Callas, Comps sur Artuby, Fayence, Rians, Salernes, Tavernes Barjols, Besse sur Issole, Brignoles, Cotignac, Fréjus, Grimaud, Lorgues, Le Luc, Le Muy, Saint Maximin la Sainte Baume, Saint Raphaël, Saint Tropez	A2 A2 C2	1B 2A 3 3		
84	<i>Vaucluse</i>		2B	C	3
84	Vaucluse Sauf Valréas	B2 C2			
85	Vendée	A1	1A	A	1
86	Vienne	A1	1A	A	1
87	Vienne (Haute)	A2	1B	B	2
88	<i>Vosges sauf</i> <i>Bulgnéville, Châtenois, Coussey, Lamarche, Mirecourt, Neufchâtel, Vittel</i>		2A 1A	B	3
88	Vosges : Bulgnéville, Châtenois, Coussey, Lamarche, Mirecourt, Neufchâtel, Vittel	A2			
88	Vosges : Bains-les-bains, Bruyères, Charmes, Châtel-sur-moselle, Darney, Dompain, Epinal, Monthureux-sur-Saône, plombières-les-bains, Rambervillers, Remiremont, Xertigny	B1			
88	Vosges : autres cantons	C2			
89	Yonne	A1	1A	B	2

90	Territoire de Belfort	C2	3	B	3
91	Essonne	A1	1A	B	2
92	Hauts de Seine	A1	1A	B	2
93	Seine Saint Denis	A1	1A	B	2
94	Val de Marne	A1	1A	B	2
95	Val d'Oise	A1	1A	B	2

## Annexe B: Zones climatiques de vent

	Département (cantons)	Vent 2009 zone	Vent 98 zone	Vent 65 région
1	<i>Ain sauf: Bellegarde sur Valserine, Belley, Brénod, Champagne en Valronnay, Collonges, Fernel-Voltaire, Gex, Hauteville-Lompdès, Lhuis, Nantua, Oyonnax, Seyssel, Virieu le Grand</i>		2	<i>I II II II</i>
1	Ain Sauf Bâgé-le-châtel, Chalamont, Châtillon-sur-Chalaronne, Coligny, Meximieux, Miribel, Montluel, Montrevel-en-Bresse, Pont-de-Vaux, Pont-de-Veyle, Reyrieux, Saint-Triviers-de-Courtes, Saint-Triviers-sur-Moignans, Thoissey, Trévoux, Villars- les-Dombes	1 2		
2	<i>Aisne sauf: Aubenton, Bohain en Vermandois, Catelet, Chauny, Coucy le Château Auffrique, Crécy sur Serre, Fère, Guise, Hirson, Ribemont May-de-l'Aisne, St-Quentin, St-Simon, Vermand</i>	2	2	<i>I II II III</i>
3	Allier	2	2	<i>II</i>
4	<i>Alpes (Haute-Provence)</i>		2	<i>II</i>
4	Alpes (Haute-Provence) Annot, Barcelonnette, Colmars, Entrevaux, la Javie, le Lauzet-Ubaye, Saint-André- les Alpes, Seyne	2 1		
5	<i>Alpes (Hautes)</i>		2	<i>II</i>
5	Hautes-Alpes Sauf Aspres-sur-Buëch, Barillonnette, Laragne-Montéglin, Orpierre, Ribiers, Rosans, Serres, Tallard, Veynes	1 2		
6	<i>Alpes-Maritimes</i>		2	<i>II</i>
6	Alpes-Maritimes Sauf Guillaumes, Puget-Théniers, Saint-Etienne-de-Tinée, Saint-Martin-Vésubie, Saint-Sauveur-sur-Tinée, Villars-sur-Var	2 1		
7	<i>Ardèche sauf: Annonay, Bourg-St-Andéol, ChomJrac, Lamastre, Privas, Rochemaure, St-Félicien, St-Péray, St-Pierreville, Satillieu, Serrières, Tournon, Vernoux d'ArdPche, Villeneuve de Berg, Viviers sur Rhône, Voulte sur Rhône</i>	2	2	<i>II III III III</i>
8	<i>Ardenne sauf: Asfeld la Ville, Château Porcien, Chaumont-Porcien, Juniville, Machaut, Monthois, Rethel</i>	2	2	<i>II I</i>
9	Ariège	2	2	<i>II</i>
10	<i>Aube sauf: Bar-sur-Aube, Essoyes, MJry-sur-Seine, Mussy-sur-Seine, Nogent-sur-Seine, Riceys, Romilly-sur-Seine, Soulaines Dhuis, Vendeuvre sur Barse, Villenauxe</i>	2	2	<i>I II II</i>
11	<i>Aude sauf: Capendu, Lagrasse, Mouthoumet, Peyniac-Minervois, Tuchan  Coursan, Durban-Corbières, Ginestas, Lagrasse, Lézignan-Corbières, Narbonne, Sigean</i>		2 3 4 4	<i>II III III</i>
11	Aude Sauf Alaigne, Alzonne, Belpech, Carcassonne, Castelnaudary, Chalabre, Conques- sur-Orbitel, Fanjeaux, Limoux, Mas-Cabardès, Montréal, Saissac, Salles-sur-l'Hers	3 2		
12	<i>Aveyron sauf: Millau</i>	2	2	<i>II III</i>
13	Bouches du Rhône <i>Sauf Arles, Châteaurenard, Peyrolles en Provence, Sainte-Maries de la Mer, Saint-</i>	3	4 3	<i>III</i>

	<i>Rémy de Provence, Tarascon</i>		3	
14	Calvados	2	3	II
15	<i>Cantal</i>		2	II
15	Cantal Sauf Allanche, Chaudes-Aigues, Condat, Murat, Pierreforf, Ruynes-en-Margeride, Saint-Flour	1 2		
16	Charente: <i>Sauf Aubeterre sur Dronne, Brossac, Chalais, Montmoreau</i>	1	2	II I
17	<i>Charente Maritime sauf: Montguyon</i>		2	II I
17	Charente Maritime Montendre, Montguyon, Montlieu-la-Garde Archiac, Aulnay, Burie, Cozes, Gémozac, Jonzac, Loulay, Matha, Mirambeau, Pons, Saintes, Saint-Genis-de-Saintonge, Saint-Hilaire-de-Villefranche, Saint-Jean-d'Angély, Saint-Porchaire, Saint-Savinien, Saujon, Tonnay-Boutonne	3 1 2		
18	Cher	2	2	II
19	Corrèze	1	2	II
2A	Corse du Sud sauf Bonifacio, Figari, Levie, Porto-Vecchio, Serra-di-Scopamène	3 4	3 4	
2B	Haute-Corse sauf Belgodère, Calenza, Calvi, Corte, L'île Rousse, <i>Castifao-Morosaglia, Niolu Omessa, Venaco</i>	4 3	4 3 3	
20	<i>Corse (2A et 2B) sauf: Bastia, Brando, Luri-de-Corse, Nonza, Rogliano, Saint-Laurent en Corse, San Martino di Lota</i>			II III III
21	Côte d'Or Sauf Auxonne, Chenôve, Dijon, Fontaine-Française, Fontaine-les-Dijon, Genlis, Grancey-le-Château-Neuve, Is-sur-Tille, Mirebeau-sur-Bèze, Pontailler-sur-Saône, Saint-Jean-de-Losne, Saint-Seine-l'Abbaye, Selongey	2 1		
21	<i>Côte d'Or sauf Aignac le Duc, baigneux les Juifs, Châtillon sur Seine, Laignes, Montbard, Montigny sur Aube, Précý sous Thil, Recey sur Ource, Saulieu, Semur en Auxois, Venarey les Laumes, Vitteaux</i>		1 2 2	
21	<i>Côte d'Or sauf: Auxonne, Beaume, Dijon, Fontaine-Française, Genlis, Gevrey-Chambertin, Mirebeau sur Bèze, Nuits-St-Georges, Pontailler sur Saône, St-Jean de Losne, Seurre</i>			II I I
22	Côtes d'Armor <i>Sauf Bégard, Belle isle en Terre, Bourbiac, Callac, Gouarec, Guingamp, Lannion, Lanvallon, Lézardrieux, Mael Carhaix, Paimpol, Perros Guirec, Plestin les Grèves, Plouaret, Plouaret, Pontrieux, La Roche Derrien, Rostrenen, Saint Nicolas du Pélem, Tréguier</i>	3	3 4 4 4	II
23	Creuse	1	2	II
24	Dordogne <i>Sauf Bussières-Badil, Champagnac de Bélair, Excideuil, Jumillac le Grand, Lanouaille, Mareuil sur Belle, Nontron, St-Pardoux la Rivière, Thiviers</i>	1	2	II I I
25	<i>Doubs sauf: Audeux, Beaume-les-Dames, Besançon, Marchaux, Quingey, Rougemont, Roulans</i>		1	II I
25	Doubs Sauf Audincourt, Clerval, Hérimoncourt, Isle-sur-le-Doubs, Maîche, Montbéliard, Pont-de-Roide, Saint-Hippolyte, Sochaux, Valentigney	1 2		
26	Drôme <i>Sauf Buis-les-Baronnies, Chapelle en Vercors, Châtillon en Diois, Die, Motte-Chalançon, Remuzat, Saillans, St-Jean en Royans, Séderon</i>	2	2	III II II

27	Eure <i>Sauf Beuzeville, Cormeilles, Pont-Audemer, Quillebeuf-sur-Seine, St-Georges-du-Vivère, Thiverville</i>	2	2 3 3	<i>I</i> <i>II</i> <i>II</i>
28	Eure et Loir <i>Sauf Auneau, Chartres, Maintenon</i>	2	2	<i>I</i> <i>II</i>
29	Finistère	3	4	<i>II</i>
30	Gard <i>Sauf Aigues-Mortes, Aramon, Beaucaire, Bagnols-sur-Cèze, Marguerittes, Pont-St-Esprit, Remoulins, Roquemaure, St-Gilles-du-Gard, Vauvert, Villeneuve-les-Avignon</i>		2	<i>II</i> <i>III</i> <i>III</i>
30	Gard <i>Sauf Aigues-Mortes, Aimargues, Aramon, Beaucaire, Bouillargues, Saint-Gilles, Marguerittes, Nîmes, Quissac, Saint-Mamert-du-Gard, Sommières, Vauvert</i>	2 3		
31	Garonne (Haute) sauf: <i>Aspet, Aurignac, Bagnères-de-Luchon, Barbazan, Caraman, Cazères, Cintegabelle, Montesquieu-Volvestre, Montréjeau, Nailloux, Revel, Rieux, St-Béat, St-Gaudens, St-Martory, Sallies-du-Salat, Villefranche de Lauragais</i>		2	<i>I</i> <i>II</i> <i>II</i> <i>II</i>
31	Haute-Garonne <i>Sauf Auterive, Caraman, Cintegabelle, Lanta, Montgiscard, Nailloux, Revel, Villefranche-de-Lauragais</i>	1 2		
32	Gers	1	2	<i>I</i>
33	Gironde sauf: <i>Arcachon, Audenge, Blaye-et-St-Luce, Bourg sur Gironde, Castelnau de Médoc, Lesparre-Médoc, Pauillac, St-Ciers sur Gironde, St-Laurent et Benon, St-Savin de Blaye, St-Vivien de Médoc, Teste-de-Buch</i>		2	<i>II</i> <i>I</i> <i>I</i> <i>I</i>
33	Gironde <i>Sauf Castelnau-de-Médoc, Lesparre-Médoc, Pauillac, Saint-Laurent-Médoc, Saint-Vivien-de-Médoc</i>	1 2		
34	Hérault <i>Sauf Béziers, Capestang, Olonzac, Saint-Chilan, Saint-Pons de Thonières</i>	3 3	2 3	<i>II</i>
35	Ile et Vilaine <i>Sauf Argentré-du-Plessis, bain-de-Bretagne, Châteaubourg, Grand-Fougerey, Guerche-de-Bretagne, Janzé, Retiers, Sel-de-Bretagne, Vitré</i>	2	3 2 2	<i>II</i> <i>I</i> <i>I</i>
36	Indre <i>Sauf Aigurande-sur-Bouzane, Bêlâbre, Châtre, Eguzon, Issoudun, Neuvy-St-Sépulcre, St-Benoît du Sault, St-Christophe en Bazelle, Ste-Sevère sur Indre, Vatan</i>	2	2	<i>II</i> <i>I</i> <i>I</i>
37	Indre et Loire	2	2	<i>I</i>
38	Isère		2	<i>II</i>
38	Isère <i>Sauf Beaurepaire, Heyrieux, Saint-Jean-de-Bourney</i>	1 2		
39	Jura <i>Sauf Bouchoux, Champagnole, Clairvaux les lacs, Moirans en Montagne, Morez, Nozeroy, Planche en Montagne, St-Claude, St-Laurent du Jura, Salins les Bains</i>	1	1	<i>II</i> <i>I</i> <i>I</i>
40	Landes sauf: <i>Castets des Landes, Mimizan, Parentis en Born, St-Martin de Seignaux, St-Vincent de Tyrosse, Soustons</i>		2	<i>I</i> <i>II</i> <i>II</i>
40	Landes <i>Sauf Amou, Castets, Dax, Montfort-en-Chalosse, Mugnon, Peyrehorade, Pouillon, Saint-Martin-de-Seignaux, Saint-Vincent-de-Tyrosse, Soustons, Tartas</i>	1 2		
41	Loir et Cher <i>Sauf Lamotte-Beuvron, Mennetou sur Cher, Neung sur Beuvron, Romorantin, Salbris, Selles sur Cher</i>	2	2	<i>I</i> <i>II</i> <i>II</i>
42	Loire	2	1	<i>II</i>
43	Loire (Haute)	2	2	<i>II</i>
44	Loire-Atlantique sauf: <i>Aigrefeuille sur Maine, Ancenis, Châteaubriant, Clisson, Derval, Ligné, Moisdon la</i>		3	<i>II</i> <i>I</i>

	<i>Rivière, Nort sur Erdre, Nozay, Riallié, Rougé, St-Jullien de Vouvantes, St-Mars la Jaille, Vallet, Varades</i>		2 2 2	<i>I</i> <i>I</i>
44	Loire-Atlantique Sauf Ancennis, Blain, Châteaubriand, Derval, Guémené-Penfao, Ligné, Moisdon-la-Rivière, Nort-sur-Erdre, Nozay, Riaillé, Rougé, Daint-Julien-de-Vouvantes, Saint-Marc-la-Jaille, Saint-Nicolas-de-Redon, Varades	3 2		
45	Loiret	2	2	<i>I</i>
46	Lot Sauf Cahors, Castelnau-Montradier, Catus, Cazals, Gourdon, Luzech, Montcuq, Payrac, Puy-l'Evêque, St-Germain du Bel Air, Salviac, Souillac	1	2	<i>II</i> <i>I</i> <i>I</i>
47	Lot-et-Garonne	1	2	<i>I</i>
48	Lozère	2	2	<i>II</i>
49	Maine-et-Loire	2	2	<i>I</i>
50	Manche Sauf Barneville Cartaret, Beaumont Hague, Bricquebec, Cherbourg, Equeurville Hainneville, Montebourg, Octeville, Les Pieux, Quettehou, Sainte Mère l'Eglise, Saint Pierre Eglise, Saint Sauveur le Vicomte, Tourlaville, Valognes	2	3 4 4	<i>II</i>
51	Marne Sauf Châlon sur Marne, Ecury sur Coole, Givry en Argonne, Heiltz-le-Maurupt, Marson, Sainte-Menehould, St-Rémy en Bouzémont, St-Genest et Isson, Sompuis, Suippes, Thiéblemont-Farémont, Ville sur Tourbe, Vitry le François	2	2	<i>II</i> <i>I</i> <i>I</i>
52	Marne (Haute)	2	2	<i>II</i>
53	Mayenne Sauf Landivy	2	2	<i>I</i> <i>II</i>
54	Meurthe-et-Moselle Sauf Audun le Roman, Briey, Chambley-Bussières, Conflans en Jarnisy, Longuyon, Longwy, Nomény, Pont-à-Mousson, Thiaucourt	2	2	<i>I</i> <i>II</i>
55	Meuse	2	2	<i>II</i>
56	Morbihan Sauf Le Faouet, Gourin, Guémené sur Scorff	3	3 4	<i>II</i>
57	Moselle	2	2	<i>II</i>
58	Nièvre	2	2	<i>II</i>
59	Nord Sauf Bergues, Bourbourg-Ville, Dunkerque, Gravelines, Hondschoote, Trélon, Wormhoudt		2 3	<i>I</i> <i>II</i>
59	Nord Sauf Arleux, Anzin, Avesnes-sur-Helpe, Bavay, Berlaimont, Bouchain, Cambrai, Carnières, Château-Cambresis, Clary, Condé-sur-l'Escaut, Denain, Douai, Hautmont, Landrecies, Marchiennes, Marcoing, Maubeuge, Solre-le-château, Orchies, Quesnoy, Saint-Amand-les-eaux, Solesmes, Trélon, Valenciennes	3 2		
60	Oise Sauf Guiscard, Noyon	2	2	<i>I</i> <i>II</i>
61	Orne	2	2	<i>I</i>
62	<i>Pas-de-Calais sauf:</i> <i>Ardres en Calais, Audruicq, Boulogne sur Mer, Calais, Campagne les Hesdin, Desvres, Etaples, Guines en Calais, Hucqueliers, Marquise, Montreuil sur Mer, Samer</i>		2 3 3	<i>I</i> <i>II</i>
62	Pas de Calais Sauf Bapaume, Bertincourt, Croisilles, Marquion, Vitry-en-Artois	3 2		
63	Puy-de-Dôme	2	2	<i>II</i>

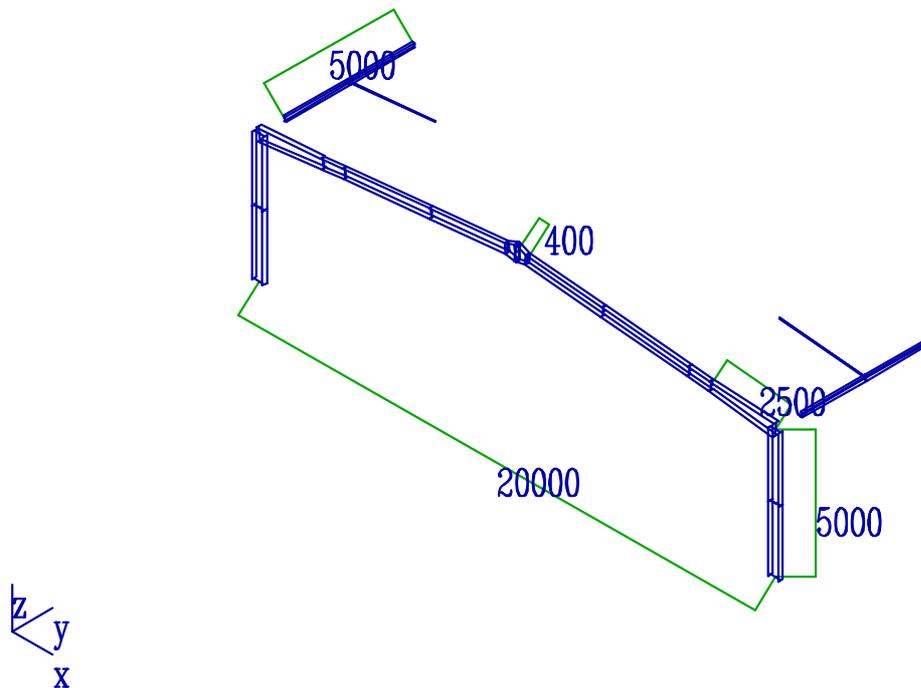
64	Pyrénées Atlantiques <i>Sauf Arthez de Bearn, Arzacq-Arraziguet, Bidache, Garlin, Lagor, Lasseube, Lembeye, Lescar, Monein, Montaner, Morlaas, Navarrenx, Orthez, Pau Pontacq, St-Palais, Salies de Béarn, Sauveterre de Béarn, Thèze</i>	2	2	II I I
65	Pyrénées (Hautes) <i>Sauf Castelnau-Magnoac, Castelnau-Rivière-Basse, Galan, Maubourguet, Ossun, Pouyastruc, Rabastens de Bigorre, Tarbes, Tournay, Trie sur Baïze, Vic en Bigorre</i>	1	2	II I I
66	Pyrénées Orientales sauf: <i>Mont-Louis, Olette, Sallagouse</i> <i>Arles sur Tech, Céret, Prades, Prats de Mollo la Preste, Saint Paul de Fenouillet, Sournia, Vinca</i>	3 3 3	4 2 3 3	
66	<i>Pyrénées Orientales sauf:</i> <i>Argelès sur Mer, Latour de France, Millas, Perpignan, Rivesaltes, St-Laurent de la Salanque, Thuir</i>			II III III
67	Bas-Rhin <i>Sauf Bishwiller, Bouxwiller, Drulingen, Haguenau, Lauterbourg, Marmoutier, Niederbronn les Bains, La Petite Pierre, Saverne, Seltz, Soultz sous Forêts, Wissembourg, Woerth</i>	2	1 2 2	
67	<i>Rhin (Bas) sauf:</i> <i>Barr, Benfeld, Bischwiller, Brumath, Erstein, Geispolsheim, Haguenau, Hochfelden, Lauterbourg, Marckolsheim, Niederbronn les Bains, Obernai, Rosheim, Schiltigheim, Sélestat, Seltz, Soultz sous Forêts, Strasbourg, Truchtersheim, Wissembourg, Woerth sur Sauer</i>			II I I I I
68	Rhin (Haut) sauf: <i>Andolsheim, Colmar, Kaysersberg, Neuf-Brisach Ribeauvillé, Wintzenheim</i>	2	1	II I
69	Rhône <i>Sauf Belleville sur Saône, Villefranche sur Saône</i>	2	1	II I
70	Haute-Saône <i>Sauf Autrey-lès-Gray, Champlitte, Dampierre-sur-salon, Fresne-Saint-Marnès, Gray, Gy, Marnay, Montbozon, Pesmes, Rioz, Scey-dur-Saône-et-Saint-Albin</i>	2 1		
70	<i>Saône (Haute)</i> <i>Sauf Champagne, Faucogney et la Mer, Héricourt, Melisey</i>		1	I II
71	Saône-et-Loire <i>Sauf Beaupaire en Bresse, Buxy, Chagny, Châlon sur Saône, Chapelle de Guinchay, Cluny, Cuiseaux, Cuisery, Givry près l'Orbize, Louhans, Lugny, Mâcon, Montpon en Bresse, Montret, Pierre de Bresse, St-Gengoux le National, St-Germain du Plain, St-Martin en Bresse, Sennecey le Grand, Tournus, Verdun sur le Doubs</i>	2	1	II I I I I
72	Sarthe <i>Sauf Le Mans</i>	2	2	I II
73	Savoie	1	2	II
74	Savoie (Haute)	1	2	II
75	Seine (Paris)	2	2	I
76	Seine Maritime <i>Sauf Bacqueville-en-Caux, Blangy-sur-Besle, Cany-Barville, Eu, Dieppe, Envermeu, Fontaine-le-Dun, Offranville, Saint-Valery-en-Caux</i>	2 3		
76	<i>Seine Maritime sauf:</i> <i>Bacqueville en Caux, Bellencombe, Blangy sur Bresle, Bolbec, Cany Barville, Caudebec en Caux, Criquetot l'Esneval, Dieppe, Doudeville, Envermeu, Eu, Fauville en Caux, Fécamp, Fontaine le Dun, Godeville, Gonfreville l'Orcher, Le Havre, Lillebonne, Londinières, Longueville sur Scie, Montivitiens, Ourville en Caux, Pevitly, Saint Romain de Colbosc, Saint Valery en Caux, Tôtes, Valmont, Yerville, Yvetot</i>		2 3 3 3 3 3	
76	<i>Seine Maritime sauf:</i> <i>Argueil, Aumale, Boos, Buchy, Clères, Damétal, Duclair, Elbeuf, Forges les Eaux, Gournay en Bray, Grand Couronne, Maromme, Neufchâtel en Bray, Rouen, St-Saëns, Sotteville les Rouen</i>			II I I I

77	Seine et Marne <i>Sauf Melun</i>	2	2	<i>I</i> <i>II</i>
78	Yvelines <i>Sauf Bonnières sur Seine, Houdan, Limay, Maisons-Laffitte, Mantes Gassicourt, Marly le Roi, Meulan, Montfort l'Amaury, Poissy, St-Germain en Laye</i>	2	2	<i>II</i> <i>I</i> <i>I</i>
79	Sèvres (Deux): <i>Sauf Beauvoir sur Niort, Brioux sur Boutonne, Celles sur Belle, Chef-Boutonne, Frontenay-Rohan-Rohan, Lezay, Mauzé sur le Mignon, Melle sur Béronne, Mothe St-Héraye, Niort, Prahecq, St-Maixent l'Ecole, Sauzé-Vaussais</i>	2	2	<i>I</i> <i>II</i> <i>II</i> <i>II</i>
80	Somme <i>Sauf Ailly-sur-Noyen Albert, Bray-sur-Somme, Chaulnes, Combles, Ham, Montdidier, Moreil, Nesle, Péronne, Roisel, Rosières-en-Santerre, Roye</i>	3 2		
80	<i>Somme sauf:</i> <i>Abbeville, Ailly-le-Haut-Clocher, Ault, Crécy-en-Ponthieu, Gamaches, Hallencourt, Ham, Moyenneville, Nesle, Nouvion en Ponthieu, Péronne, Roisel, Rue, St-Valéry sur Somme</i>		2 3 3	<i>I</i> <i>II</i> <i>II</i>
81	Tarn		2	<i>II</i>
81	Tarn <i>Sauf Cadalen, Castelnaud-de-Montmiral, Cordes-sur-Ciel, Gaillac, Grauhlet, Lavaur, Lisle-sur-Tarn, Rabastens, Saint-Paul-Cap-de-joux, Salvagnac, Vaour</i>	2 1		
82	Tarn et Garonne <i>Sauf Caussade, Caylus, Monclar de Quercy, Montpezat de Quercy, Négrepelisse, St-Antonin</i>	2	2	<i>I</i> <i>II</i> <i>II</i>
83	Var sauf : <i>Barjols, Besse sur Issole, Brignoles, Collobrières, Cotignac, Cuers, Grimaud, Lorgues, Le Luc, Rians, La Roquebrussanne, Saint Tropez</i> <i>Aups, Callas, Comps sur Artuby, Draguignan, Fayence, Fréjus, Le Muy, Saint Raphaël, Saternes, Tarvernes</i>	2	4 3 3 2	
83	<i>Var sauf:</i> <i>Beausset, Ollioules, Seyne-sur-Mer, Toulon</i>			<i>II</i> <i>III</i>
84	Vaucluse sauf <i>Bollène, Valréas</i> <i>Bonnleux, Cadenet, Cavaillon, L'Isle sur la Sorgue, Permes les Fontaines</i>	2	3 2 4	<i>III</i>
85	Vendée sauf <i>Beauvoir sur Mer, Challans, L'Ile d'Yeu, Noimoutiers en l'Isle, Palluau, Saint Gilles Croix de Vie, Saint Jean de Monts</i>	3	2 3	
85	<i>Vendée sauf:</i> <i>Beauvoir sur Mer, Chaillé les Marais, Challans, Luçon, Mothe Archard, Moutiers les Mauxfaits, Pallau, St-Gilles sur Vie, St-Jean de Monts, Sables d'olonne, Talmont</i>			<i>I</i> <i>II</i> <i>II</i> <i>II</i>
86	Vienne <i>Sauf Châtellerault, Dangé, Leigné sur Usseau, Lenclôître, Loudun, Mirebeau en Poitou, Moncontour de Poitou, Monts sur Guesnes, Neuville de Poitou, Pleumartin, Trois-Moutiers, Vouillé</i>	1	2	<i>II</i> <i>I</i> <i>I</i> <i>I</i>
87	Vienne (Haute)	1	2	<i>II</i>
88	Vosges <i>Sauf Brouvelieures, Corcieux, Fraize, Gérardmer, Plombières les Bains, Provençères sur Fave, Remiremont, St-Dié, Saulxures sur Maselotte, Senones, Thillot</i>	2	1	<i>I</i> <i>II</i> <i>II</i>
89	Yonne sauf: <i>Ancy le Franc, Avallon, Bléneau, Coulanges la Vineuse, Coulanges sur Yonne, Courson les Carrières, Cruzy le Châtel, Guillon, Isle sur Serein, Noyers sur Serein, Quarré les Tombes, St-Fargeau, St-Sauveur en Puisaye, Toucy, Vermenton, Vézelay</i>	2		<i>I</i> <i>II</i> <i>II</i> <i>II</i>
90	Territoire de Belfort	2	1	<i>II</i>

91	Essonne	2	2	<i>II</i>
92	Hauts de Seine	2	2	<i>I</i>
93	Seine Saint Denis	2	2	<i>I</i>
94	Val de Marne	2	2	<i>I</i>
95	Val d'Oise	2	2	<i>I</i>
973	Guyane Française	1	1	<i>I</i>
	Saint-Pierre et Miquelon		4	<i>III</i>
971	Guadeloupe	5	5	<i>IV</i>
972	Martinique			
974	Réunion			
976	Mayotte, Océan Indien			

# Exemple de PORTIQUE EN ACIER

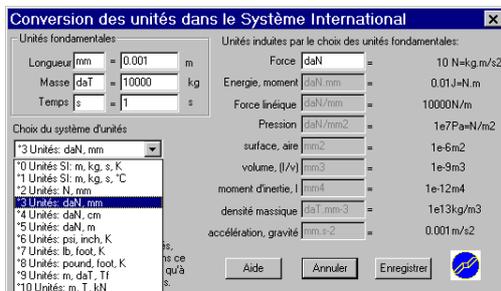
ICAB Force NV: exemple de calcul



Ce didacticiel décrit les étapes de modélisation d'un portique en acier avec jarrets, clef de faîtage, pannes avec liernes.

L'emploi du module ICAB Force NV est nécessaire.

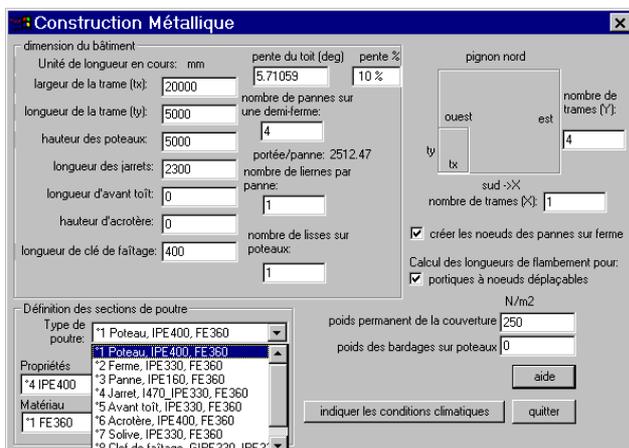
1. Vous lancez l'application ICAB Force. Vous ouvrez un nouveau projet avec la commande "Fichier, nouveau" et indiquez le nom du projet, par exemple "PORTIQUE4".



Nous vous conseillons d'indiquer le système d'unités (commande "CAO, unités").

Les conversions d'unités par rapport au Système International (SI) figurent ci-contre pour les unités (mm, daN).

2. La commande "CAO, Portique" vous présente un tableau qui permet de choisir les dimensions du bâtiment et les sections .



Les jarrets, les avant-toits, acrotères, clé de faîtage ne sont créés que si leurs longueurs respectives sont positives.

Les pannes peuvent être maintenues par une ou plusieurs liernes si le "nombre de liernes par panne" est différent de zéro.

Le nombre de lisses sur poteaux permet de créer les noeuds d'accroche des lisses et limiter le flambement latéral des poteaux.

De manière similaire l'option "créer les noeuds des pannes sur ferme" permet également de limiter les longueurs de flambement des fermes (traverses).

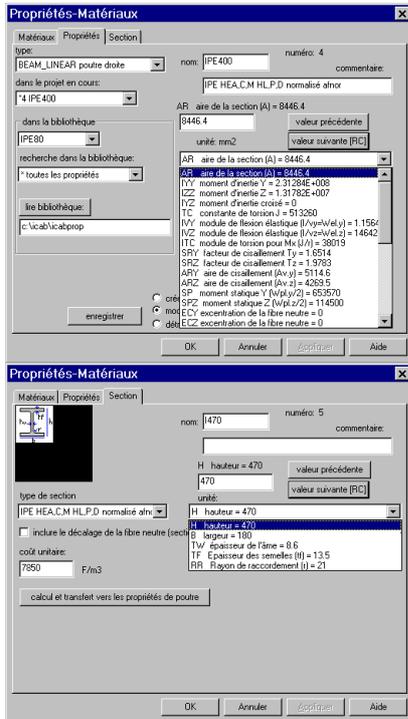
L'option "majorer les longueurs de flambement" modifie les longueurs minimales de flambement

(paramètres LKM, LDM des profilés) de manière à négliger le maintien latéral du portique par les lisses et les

pannes. Cette option met le concepteur en sécurité mais conduit en général à des sections très largement surdimensionnées.

Avant d' "indiquer les conditions climatiques", l'affectation des matériaux et propriété de section des différents type de profilés doit être établi: poteaux IPE400, fermes IPE330, pannes IPE160, jarrets I470\_I330, clé de faîtage GIPE330\_IPE330, lierne LE30\_4.

3. Pour sélectionner les sections que vous souhaitez employer, appuyez sur "éditer" de la boîte de dialogue précédente. Le choix des propriétés peut également être réalisé avec la commande du menu "CAO, propriétés".



3.1 Dans la bibliothèque "ICABPROP", vous choisissez le matériau FE360 (limite élastique 23.5daN/mm<sup>2</sup>) et les propriétés physiques IPE400, IPE330, IPE160, LE30\_4 (cornière à ailes égales 30x30 ep=4mm). A chaque sélection, appuyez sur "enregistrer" pour inclure ces propriétés dans le projet en cours.

3.2 création du jarret.

Le jarret est réalisé par oxycoupage en biseau d'un IPE400 et soudage des deux tronçons après retournement.

a) Sélectionnez:

- "dans le projet en cours"
- choisissez IPE400 dans la liste des "propriétés physiques"
- appuyez sur "créer"
- appuyez sur le bouton "calcul de section" et modifiez la hauteur de l'âme H=470 (B=180, TW=8.6, TF=13.5, RR=21mm)
- appelez cette section I470, appuyez sur calcul; vous revenez dans le boîte de dialogue "Propriétés - matériaux" et "enregistrez" en vous assurant que le bouton "créer" est actif (si le bouton "modifier" est actif, vous changez les caractéristiques initiales de l'IPE400).

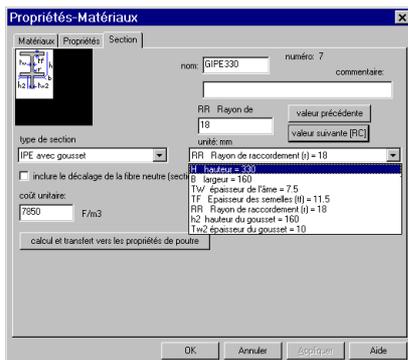
b) Vous recommencez l'étape 3.2.a pour créer la section I330 avec H=330 (B=180, TW=8.6, TF=13.5, RR=21mm).

c) Ensuite, dans la boîte "Propriétés matériaux", vous sélectionnez le type de section "BEAM\_TAP poutre variable" Dans la liste les "propriétés physiques", choisissez I470. Répondez "oui" pour affecter la section I470 à la section de départ 1

Dans la liste les "propriétés physiques", choisissez I330. Répondez "non" pour affecter la section I330 à la section d'arrivée 2

Puis "enregistrez"

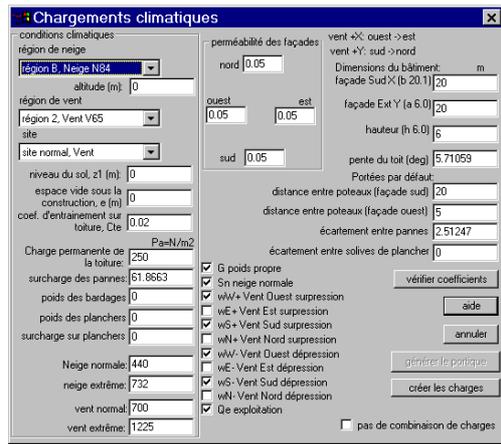
3.2 création de la clé de faîtage



La clé de faîtage est réalisée avec une poutre variable GIPE330\_IPE330 en créant un profilé GIPE330 à partir de la section IPE330:

Le gousset est rajouté sous l'IPE330 avec h2=160, Tw2=10, les caractéristiques de l'IPE330 étant inchangées (H=330, B=160, TW=7.5, TF=11.5, RR=18)

#### 4. Indication des conditions climatiques

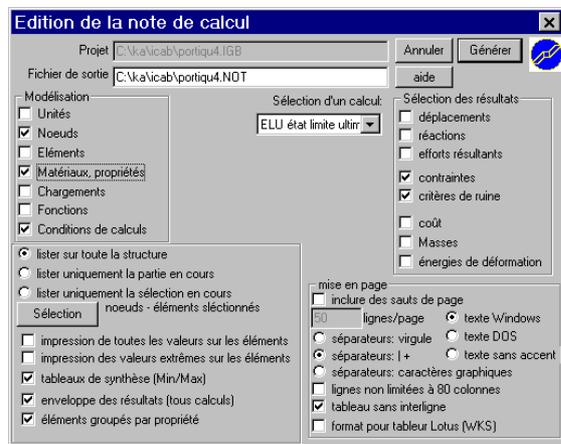


Dans la boîte "Climat, Portique standard CM", appuyez sur le bouton "indiquer les conditions climatiques"

Le bâtiment est supposé en région neige B, vent 2. L'altitude=0m indique que le bâtiment est sur le littoral et que les réductions de pression de vent à moins de 10m de hauteur ne sont pas autorisées. Pour un bâtiment en plaine, on doit avoir une altitude supérieure à 10m; en outre, à partir de 200m d'altitude, les charges de neige sont majorées. La commande "Générer portique" crée le portique.

5. Pour lancer les calculs, utilisez la commande "Analyse, Calcul" de l'application ICAB Force. La commande "Analyse, Devis" produit le métrage de la structure. Cette application peut être lancée directement sous ICAB Edit.

6. Vous pouvez dépeupler visuellement la résultats ou extraire une note de calcul "Résultats, Extraire une note de calcul"



Les options ci-contre permettent de produire une synthèse de l'enveloppe des résultats regroupés par propriétés.

#### DECOMPOSITION DES PRIX PAR SECTION

COUT TOTAL: 1872.88

LIBELLE	NOMBRE	QUANTITE (m)	COUT FIXE	COUT VARIABLE	TOTAL
IPE160	4	10	0.00	15.77	157.72
IPE330	8	14.6998	0.00	49.15	722.43
IPE400	4	10	0.00	66.30	663.04
I470_IPE	2	4.6	0.00	60.09	276.40
GIPPE330_	2	0.8	0.00	55.43	44.34
LE30_4	2	5.02494	0.00	1.78	8.94

Conditions de calcul

```
'Portique'
Calcul 1, 'G poids propre'
Calcul 2, 'Sn neige normale'
Calcul 3, 'wW+ Vent Ouest surpression'
Calcul 4, 'wS+ Vent Sud surpression'
Calcul 5, 'wW- Vent Ouest dépression'
Calcul 6, 'wS- Vent Sud dépression'
Calcul 7, 'ELS: G poids propre + Sn neige normale'
Calcul 8, 'ELS: G poids propre + wW+ Vent Ouest surpression'
Calcul 9, 'ELS: G poids propre + wS+ Vent Sud surpression'
Calcul 10, 'ELS: G poids propre + wW- Vent Ouest dépression'
Calcul 11, 'ELS: G poids propre + wS- Vent Sud dépression'
Calcul 12, 'ELU: 1.33 (G) + 1.5 (Sn) '
Calcul 13, 'ELU: 1.33 (G) + 1.5 (wW+) '
Calcul 14, 'ELU: 1.33 (G) + 1.5 (wS+) '
Calcul 15, 'ELU: 1.33 (G) + 1.5 (wW-) '
```

Calcul 16, 'ELU: 1.33 (G) + 1.5 (wS-)'  
 Calcul 17, 'ELU: (G) + 1.66 (Sn)'  
 Calcul 18, 'ELU: (G) + 1.75 (wW+)'  
 Calcul 19, 'ELU: (G) + 1.75 (wS+)'  
 Calcul 20, 'ELU: (G) + 1.75 (wW-)'  
 Calcul 21, 'ELU: (G) + 1.75 (wS-)'

Enveloppe des résultats sur les calculs EN charge normale

**REACTIONS (FORCES ET MOMENTS)**

```
-----
Plus grande valeur négative
Fx      -1997.85 daN   calcul 3   Noeud 1, Fx force en translation X
Fy      -0.265755 daN calcul 1   Noeud 29, Fy force en translation Y
Fz      -2351.76 daN   calcul 3   Noeud 1, Fz force en translation Z
My      -153.304 daN.mm calcul 4  Noeud 8, My moment autour de l'axe Y
Plus grande valeur positive
Fx      1341.98 daN   calcul 2   Noeud 1, Fx force en translation X
Fy      0.265755 daN   calcul 1   Noeud 31, Fy force en translation Y
Fz      2403.71 daN   calcul 1   Noeud 1, Fz force en translation Z
My      153.304 daN.mm calcul 4  Noeud 11, My moment autour de l'axe Y
-----
```

Enveloppe des résultats sur les calculs ELS état limite de service

**DEPLACEMENT (TRANSLATIONS ET ROTATIONS)**

```
-----
Plus grande valeur négative
X       -7.26421 mm   calcul 7   Noeud 26, X déplacement en translation X
Y       -9.997E-6 mm calcul 7   Noeud 28, Y déplacement en translation Y
Z       -63.8081 mm  calcul 7   Noeud 7, Z déplacement en translation Z
RX      -5.382E-3 rad calcul 7   Noeud 8, RX rotation autour de l'axe X
RY      -9.081E-3 rad calcul 7   Noeud 23, RY rotation autour de l'axe Y
RZ      -0.27E-3 rad calcul 9   Noeud 9, RZ rotation autour de l'axe Z
Plus grande valeur positive
X       17.1618 mm   calcul 10  Noeud 4, X déplacement en translation X
Y       9.9968E-6 mm calcul 7   Noeud 30, Y déplacement en translation Y
Z       4.32876 mm   calcul 8   Noeud 23, Z déplacement en translation Z
RX      5.3824E-3 rad calcul 7   Noeud 12, RX rotation autour de l'axe X
RY      9.0811E-3 rad calcul 7   Noeud 22, RY rotation autour de l'axe Y
RZ      1.4386E-3 rad calcul 7   Noeud 29, RZ rotation autour de l'axe Z
-----
```

Enveloppe des résultats sur les calculs ELU état limite ultime

**CONTRAINTES [BEAM poutre]**

PROPRIETE 2 IPE160

```
-----
Plus grande valeur négative
Sx      -0.115E-3 daN/mm2 calcul 12 Elément 7, Sx contrainte d'effort axial Nx
Sty     -32.35E-3 daN/mm2 calcul 12 Elément 7, Sty contrainte d'effort tranchant Ty
Stz     -0.695345 daN/mm2 calcul 12 Elément 8, Stz contrainte d'effort tranchant Tz
Stx     -81.34E-3 daN/mm2 calcul 14 Elément 8, Stx contrainte du moment de torsion Mx
Sfy     -7.74132 daN/mm2 calcul 12 Elément 8, Sfy contrainte du moment fléchissant My
Sfz     -1.27248 daN/mm2 calcul 12 Elément 8, Sfz contrainte du moment fléchissant Mz
Plus grande valeur positive
Sx      0.1149E-3 daN/mm2 calcul 12 Elément 8, Sx contrainte d'effort axial Nx
Sty     32.709E-3 daN/mm2 calcul 12 Elément 25, Sty contrainte d'effort tranchant Ty
Stz     0.695345 daN/mm2 calcul 12 Elément 26, Stz contrainte d'effort tranchant Tz
Stx     81.336E-3 daN/mm2 calcul 14 Elément 7, Stx contrainte du moment de torsion Mx
Sfy     3.33333 daN/mm2 calcul 19 Elément 25, Sfy contrainte du moment fléchissant My
Sfz     1.27248 daN/mm2 calcul 12 Elément 25, Sfz contrainte du moment fléchissant Mz
Sm      9.01424 daN/mm2 calcul 12 Elément 8, Sm contrainte de Mises (poutre)
-----
```

Enveloppe des résultats sur les calculs ELU état limite ultime

**CONTRAINTES [BEAM poutre]**

PROPRIETE 3 IPE330

```
-----
Plus grande valeur négative
Sx      -0.659569 daN/mm2 calcul 12 Elément 3, Sx contrainte d'effort axial Nx
Stz     -1.38499 daN/mm2 calcul 12 Elément 3, Stz contrainte d'effort tranchant Tz
Sfy     -11.5003 daN/mm2 calcul 12 Elément 24, Sfy contrainte du moment fléchissant My
Plus grande valeur positive
Sx      0.373193 daN/mm2 calcul 19 Elément 21, Sx contrainte d'effort axial Nx
Stz     0.495045 daN/mm2 calcul 18 Elément 3, Stz contrainte d'effort tranchant Tz
Sfy     9.84421 daN/mm2 calcul 12 Elément 3, Sfy contrainte du moment fléchissant My
Sm      12.101 daN/mm2 calcul 12 Elément 24, Sm contrainte de Mises (poutre)
-----
```

PROPRIETE 4 IPE400

```
-----
Plus grande valeur négative
Sx      -0.757315 daN/mm2 calcul 12 Elément 1, Sx contrainte d'effort axial Nx
Stz     -0.864396 daN/mm2 calcul 12 Elément 2, Stz contrainte d'effort tranchant Tz
Sfy     -15.9567 daN/mm2 calcul 12 Elément 18, Sfy contrainte du moment fléchissant My
Plus grande valeur positive
Sx      0.231542 daN/mm2 calcul 18 Elément 17, Sx contrainte d'effort axial Nx
Stz     0.864396 daN/mm2 calcul 12 Elément 17, Stz contrainte d'effort tranchant Tz
Sfy     15.9567 daN/mm2 calcul 12 Elément 17, Sfy contrainte du moment fléchissant My
Sm      16.7554 daN/mm2 calcul 12 Elément 17, Sm contrainte de Mises (poutre)
-----
```

PROPRIETE 8 I470\_IPE330

```
-----
Plus grande valeur négative
Sx      -0.671821 daN/mm2 calcul 12 Elément 5, Sx contrainte d'effort axial Nx
Stz     -1.38499 daN/mm2 calcul 12 Elément 5, Stz contrainte d'effort tranchant Tz
Sfy     -6.35476 daN/mm2 calcul 18 Elément 5, Sfy contrainte du moment fléchissant My
Plus grande valeur positive
-----
```

Sx	0.348847	daN/mm2	calcul 19	Elément 5, Sx	contrainte d'effort axial Nx
Stz	0.495045	daN/mm2	calcul 18	Elément 5, Stz	contrainte d'effort tranchant Tz
Sfy	13.0075	daN/mm2	calcul 12	Elément 5, Sfy	contrainte du moment fléchissant My
Sm	13.6225	daN/mm2	calcul 12	Elément 5, Sm	contrainte de Mises (poutre)

-----  
**PROPRIETE 9 GIPE330\_IPE330**

Plus grande valeur négative

Sx	-0.588496	daN/mm2	calcul 12	Elément 13, Sx	contrainte d'effort axial Nx
Stz	-0.123821	daN/mm2	calcul 20	Elément 13, Stz	contrainte d'effort tranchant Tz
Sfy	-11.5003	daN/mm2	calcul 12	Elément 14, Sfy	contrainte du moment fléchissant My

Plus grande valeur positive

Sx	0.377288	daN/mm2	calcul 19	Elément 14, Sx	contrainte d'effort axial Nx
Stz	0.126931	daN/mm2	calcul 18	Elément 14, Stz	contrainte d'effort tranchant Tz
Sfy	2.92642	daN/mm2	calcul 18	Elément 14, Sfy	contrainte du moment fléchissant My
Sm	12.089	daN/mm2	calcul 12	Elément 14, Sm	contrainte de Mises (poutre)

-----  
 Enveloppe des résultats sur les calculs ELU état limite ultime  
 CONTRAINTES [BEAM poutre]

-----  
**PROPRIETE 10 LE30\_4**

Plus grande valeur négative

Sty	-5.577E-3	daN/mm2	calcul 12	Elément 16, Sty	contrainte d'effort tranchant Ty
Stz	-38.95E-3	daN/mm2	calcul 14	Elément 15, Stz	contrainte d'effort tranchant Tz
Stx	-0.16E-15	daN/mm2	calcul 12	Elément 16, Stx	contrainte du moment de torsion Mx
Sfy	-2.83308	daN/mm2	calcul 12	Elément 15, Sfy	contrainte du moment fléchissant My
Sfz	-2.02073	daN/mm2	calcul 14	Elément 15, Sfz	contrainte du moment fléchissant Mz

Plus grande valeur positive

Sx	0.369671	daN/mm2	calcul 12	Elément 15, Sx	contrainte d'effort axial Nx
Stz	35.68E-3	daN/mm2	calcul 12	Elément 15, Stz	contrainte d'effort tranchant Tz
Stx	0.138E-15	daN/mm2	calcul 14	Elément 16, Stx	contrainte du moment de torsion Mx
Sfy	2.15317	daN/mm2	calcul 14	Elément 15, Sfy	contrainte du moment fléchissant My
Sfz	1.02437	daN/mm2	calcul 12	Elément 15, Sfz	contrainte du moment fléchissant Mz
Sm	3.38227	daN/mm2	calcul 12	Elément 15, Sm	contrainte de Mises (poutre)

-----  
 Enveloppe des résultats sur les calculs ELU état limite ultime  
**CRITERES DE RUINE (CRITIQUES SI VALEUR > 1)**

-----  
**PROPRIETE 2 IPE160**

Plus grande valeur positive

Sc	0.383571	calcul 12	Elément 25, Sc	critère de contrainte axiale (CM66, CB71)
Tc	46.316E-3	calcul 12	Elément 26, Tc	contrainte de cisaillement/(0.65 S0), (CM66)
Mc	0.383585	calcul 12	Elément 8, Mc	critère de Mises (ou Tsai-Wu)
F_cm66	0.383566	calcul 12	Elément 25, F_cm66	flambement simple (CM66 ou CB71)
D_cm66	0.731301	calcul 12	Elément 25, D_cm66	flambement avec déversement (CM66)
V_cm66	0.1161E-3	calcul 12	Elément 25, V_cm66	voile CM66 pour profil en I (CM66)
F_a80	0.452824	calcul 12	Elément 25, F_a80	flambement avec déversement (additif 80)

-----  
**PROPRIETE 3 IPE330**

Plus grande valeur positive

Sc	0.514929	calcul 12	Elément 24, Sc	critère de contrainte axiale (CM66, CB71)
Tc	90.67E-3	calcul 12	Elément 3, Tc	contrainte de cisaillement/(0.65 S0), (CM66)
Mc	0.514938	calcul 12	Elément 24, Mc	critère de Mises (ou Tsai-Wu)
F_cm66	0.527105	calcul 12	Elément 24, F_cm66	flambement simple (CM66 ou CB71)
D_cm66	0.678756	calcul 12	Elément 24, D_cm66	flambement avec déversement (CM66)
V_cm66	1.0419E-3	calcul 12	Elément 3, V_cm66	voile CM66 pour profil en I (CM66)
F_a80	0.510858	calcul 12	Elément 24, F_a80	flambement avec déversement (additif 80)

-----  
**PROPRIETE 4 IPE400**

Plus grande valeur positive

Sc	0.710145	calcul 12	Elément 17, Sc	critère de contrainte axiale (CM66, CB71)
Tc	56.589E-3	calcul 12	Elément 17, Tc	contrainte de cisaillement/(0.65 S0), (CM66)
Mc	0.712997	calcul 12	Elément 17, Mc	critère de Mises (ou Tsai-Wu)
F_cm66	0.750026	calcul 12	Elément 17, F_cm66	flambement simple (CM66 ou CB71)
D_cm66	1.02582	calcul 12	Elément 17, D_cm66	flambement avec déversement (CM66)
V_cm66	2.0064E-3	calcul 12	Elément 17, V_cm66	voile CM66 pour profil en I (CM66)
F_a80	0.741714	calcul 12	Elément 17, F_a80	flambement avec déversement (additif 80)

-----  
**PROPRIETE 8 I470\_IPE330**

Plus grande valeur positive

Sc	0.573289	calcul 12	Elément 5, Sc	critère de contrainte axiale (CM66, CB71)
Tc	90.67E-3	calcul 12	Elément 5, Tc	contrainte de cisaillement/(0.65 S0), (CM66)
Mc	0.579681	calcul 12	Elément 5, Mc	critère de Mises (ou Tsai-Wu)
F_cm66	0.589912	calcul 12	Elément 5, F_cm66	flambement simple (CM66 ou CB71)
D_cm66	0.781893	calcul 12	Elément 5, D_cm66	flambement avec déversement (CM66)
V_cm66	3.0097E-3	calcul 12	Elément 5, V_cm66	voile CM66 pour profil en I (CM66)
F_a80	0.567045	calcul 12	Elément 5, F_a80	flambement avec déversement (additif 80)

-----  
**PROPRIETE 9 GIPE330\_IPE330**

Plus grande valeur positive

Sc	0.514418	calcul 12	Elément 14, Sc	critère de contrainte axiale (CM66, CB71)
Tc	8.3097E-3	calcul 18	Elément 14, Tc	contrainte de cisaillement/(0.65 S0), (CM66)
Mc	0.514427	calcul 12	Elément 14, Mc	critère de Mises (ou Tsai-Wu)
F_cm66	0.526343	calcul 12	Elément 14, F_cm66	flambement simple (CM66 ou CB71)
D_cm66	0.537875	calcul 12	Elément 14, D_cm66	flambement avec déversement (CM66)
V_cm66	6.5131E-3	calcul 12	Elément 13, V_cm66	voile CM66 pour profil en I (CM66)
F_a80	0.474363	calcul 12	Elément 14, F_a80	flambement avec déversement (additif 80)

## INDEX

<b>A</b>	
Accumulation de neige	3
altitude	3, 4
<b>C</b>	
coefficient Béta	5, 11
<b>D</b>	
directions Ouest, Est, Nord, Sud	8
<b>L</b>	
longueur de flambement	9
<b>M</b>	
maître-couple	4
<b>N</b>	
neige	3
<b>O</b>	
Orientation	2
<b>P</b>	
pression dynamique	4
<b>R</b>	
règlement Neige65	3
règlement Neige84	3
règles Neige84 modifiées 95	4
<b>S</b>	
site	6
<b>V</b>	
vent	4
vent sur des prismes	13

### Références :

- REGLES NV65 et 84 Mars 1998. Règles NV65 et 84 modifiées 95, 2009 - Règles définissant les effets de la neige et du vent sur les constructions et annexes. AFNOR P06-002
- secrétariat du groupe DTU. CSTB (Centre Scientifique et Technique du Bâtiment). 4 avenue du Recteur Poincaré, 75016 Paris.
- Editions Eyrolles, 61 bld Saint-Germain, 75240 Paris cedex 05.