

# **BTS ETUDE ET ECONOMIE DE LA CONSTRUCTION**

**SUJET : E5**

**Etude des Constructions**

**PARTIE ANNEXES**

SESSION 2000

# ANNEXES A : MECANIQUE

## CONTENU DE CES ANNEXES

Extraits de la réglementation Neige et Vent	Pages 10 à 12
Formulaire	Page 13
Extraits du règlement CM 66	Pages 14 et 15
Tableau des intégrales de MOHR	Page 16
Tableau de dimensions de profils IPE	Page 17

# actions de la neige sur les constructions

## article 1. objet

Le présent document a pour objet de définir les valeurs représentatives de la charge de neige sur toute surface située au-dessus du sol et soumise à l'accumulation de la neige, et notamment sur les toitures.

Commentaire

Le présent document ne considère que les effets statiques de la neige. Les effets dynamiques ou d'impact dus à des chutes de blocs de neige (par exemple pour une toiture à plusieurs niveaux) ne sont pas traités.

## article 2. domaine d'application

Le présent document s'applique aux constructions de la France métropolitaine situées à une altitude inférieure à 2 000 m.

Commentaire

Au-delà de 2 000 m, les conditions locales sont déterminantes pour la fixation des valeurs de charges de neige (cf. commentaires de l'article 3).

## article 3. charge de neige sur le sol

La charge de neige sur le sol  $s_0$  par unité de surface est fonction de la localisation géographique et de l'altitude du lieu considéré.

La valeur de  $s_0$  est déterminée comme indiqué aux articles 3,1 et 3,2 suivant les régions définies par la carte figurant en annexe 1.

Commentaire

La carte a été établie à partir d'une exploitation statistique des séries climatologiques des hauteurs maximales annuelles de neige.

Cette exploitation a permis de différencier les régions climatiques et, en outre, de calculer les hauteurs de neige pour une période de retour de 50 ans (cf. annexe 3).

La carte distingue ainsi quatre régions A, B, C et D en fonction de leur influence climatique sur les charges de neige.

### 3,1

#### zones dont l'altitude est inférieure à 200 m

La valeur de  $s_0$  est une valeur minimale  $s_{0 \text{ min}}$  égale à :

- 0,45 kN/m<sup>2</sup> (ou kilopascals) en région A
- 0,55 kN/m<sup>2</sup> (ou kilopascals) en région B
- 0,65 kN/m<sup>2</sup> (ou kilopascals) en région C
- 0,90 kN/m<sup>2</sup> (ou kilopascals) en région D.

Commentaire

Les valeurs fixées tiennent compte des chutes remarquables observées. La détermination des charges à partir des hauteurs a été obtenue en prenant une masse volumique de la neige égale à 150 kg/m<sup>3</sup> (cf. annexe 3).

Lorsqu'il existe une limite commune aux régions A et C ou B et D, la valeur de  $s_{0 \text{ min}}$ , pour les cantons limitrophes de part et d'autre de la limite des régions, est respectivement celle de la région B et celle de la région C.

Commentaire

Cette disposition s'applique aux limites départementales suivantes :

- Alpes-Maritimes – Var (région B)
- Haute-Garonne – Aude (région B)
- Tarn – Hérault (région B)
- Ariège – Pyrénées-Orientales (région C).

### 3,2

#### zones dont l'altitude est supérieure à 200 m

La valeur de  $s_0$  est déterminée par les lois de variation suivantes :

- pour 200 m < h ≤ 500 m :

$$s_0 = s_{0 \text{ min}} + \left( \frac{0,15 h - 30}{100} \right)$$

- pour 500 m < h ≤ 1 000 m :

$$s_0 = s_{0 \text{ min}} + \left( \frac{0,3 h - 105}{100} \right)$$

- pour 1 000 m < h ≤ 2 000 m :

$$s_0 = s_{0 \text{ min}} + \left( \frac{0,45 h - 255}{100} \right)$$

avec h en m et  $s_0$  en kN/m<sup>2</sup>.

Commentaire

Au-delà de 2 000 m, le marché doit préciser la valeur de charge de neige à prendre en compte.

Les valeurs de  $s_0$  ainsi déterminées sont des valeurs « plancher ».

Les conditions locales peuvent conduire, dans certains secteurs, à des charges de beaucoup supérieures à celles déterminées par les lois de variation.

Commentaire

Il s'agit notamment des vallées encaissées de montagne ou de certains massifs exposés (le Vercors, par exemple).

Pour ces cas, la valeur de  $s_0$  est majorée et elle est précisée par le marché.

## article 4. charge de neige sur les toitures ou autres surfaces

La charge de neige  $s$  (\*), par unité de surface en projection horizontale de toitures ou de toute autre surface soumise à l'accumulation de la neige, est déterminée par la relation :

$$s = \mu s_0 + s_1$$

où

- $\mu$  est un coefficient nominal fonction de la forme de la toiture pouvant prendre plusieurs valeurs, conformément aux cas de charges de l'article 5 et déterminé conformément aux indications de l'annexe 2 ;
- $s_0$  est la valeur de la charge de neige sur le sol définie à l'article 3.
- $s_1$  est une majoration de la charge de neige, égale à  $0,2 \text{ kN/m}^2$ , applicable à toute partie enneigée de toiture (nœuds comprises) où la pente d'évacuation de l'eau sous charge non pondérée est inférieure à 1 % (\*\*). La zone de majoration s'étend dans toutes les directions sur une distance de 2 m au-delà de la partie de toiture visée ci-dessus (\*\*\*). Cette majoration n'est pas applicable aux versants de toiture et aux nœuds dont la pente nominale est supérieure à 5 %.

### Commentaire

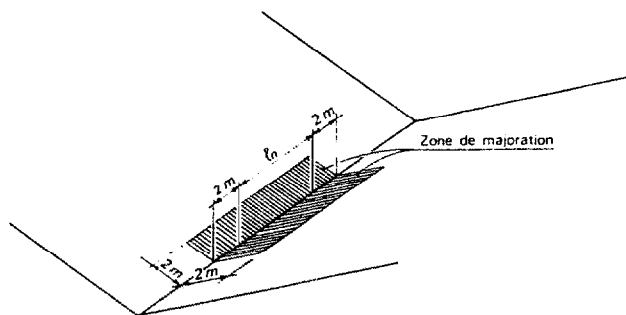
\* La charge de neige  $s$  est à considérer comme charge caractéristique au sens des Directives communes de 1979.

\*\* Cette majoration ne vise que les difficultés d'évacuation des eaux de pluie en présence de neige dans les zones de faible pente (augmentation de la densité de la neige due à la rétention de l'eau). Elle ne couvre pas les phénomènes d'amplification des déformations dues à l'accumulation d'eau.

Le calcul de la pente d'évacuation de l'eau est fait sans tenir compte de la majoration éventuelle  $s_1$ . La charge non pondérée utilisée pour calculer la pente d'évacuation de l'eau résulte, en général, de la combinaison de la charge de neige  $\mu s_0$  et des charges permanentes seules.

\*\*\* L'extension de la zone de majoration est limitée aux parties enneigées de toitures, telles qu'elles sont définies en annexe 2, pour le cas de charge de l'article 5.

La figure suivante illustre la zone de majoration de la charge de neige, dans le cas d'une noue :



$l_n$  : partie de la noue où la pente sous charge non pondérée est inférieure à 1 %.

Les valeurs de  $\mu$  mentionnées dans l'annexe 2 ne concernent que les formes ou types de toitures et d'obstacles courants. Pour les formes inhabituelles ou non traitées (\*) dans l'annexe 2, il convient, pour le choix des coefficients  $\mu$ , de recourir à l'avis de spécialistes et au besoin à des essais particuliers (\*\*).

### Commentaire

\* Dans ces cas, le marché doit préciser les valeurs de  $\mu$ .

\*\* Il s'agit d'essais conduits dans une soufflerie spécialement équipée pour reproduire significativement le phénomène d'accumulation de la neige.

## article 5. cas de charge

### 5,1

Pour une toiture de forme donnée, les différents cas de charge à considérer sont les suivants :

### Commentaire

Les charges de neige sur une toiture et leur distribution dépendent de différents facteurs et phénomènes (cf. annexe 2).

Pendant et/ou après une ou plusieurs chutes de neige, une redistribution et une modification des charges de neige peuvent se produire, conduisant à considérer qu'une part des charges de neige est « libre » au sens des Directives communes de 1979, et à définir différents cas de charges :

– cas de charge liés à l'effet du vent :

- cas I : vent faible,
- cas II : vent modéré (à partir de 6 m/s environ),
- cas III : vent fort (à partir de 20 m/s environ) ;

– cas de charge IV correspondant aux déséquilibres de charge pouvant se produire sous l'effet de différents facteurs et phénomènes.

- cas I : charge de neige répartie sans redistribution par le vent,
- cas II : charge de neige répartie après redistribution par le vent,
- cas III : charge de neige répartie après redistribution et enlèvement partiel éventuel par le vent,
- cas IV : charge de neige répartie conformément aux cas I, II, III sur une partie de la surface et moitié de cette charge répartie sur le reste de la surface, de manière à produire l'effet le plus défavorable dans l'élément considéré.

### 5,2

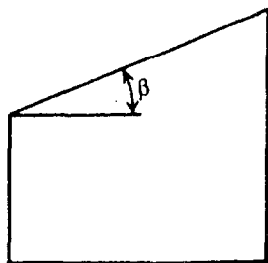
Les valeurs de  $\mu$  correspondant aux cas de charge I, II et III sont données dans l'annexe 2 pour des exemples représentatifs de toitures et un environnement considéré comme normal.

### Commentaire

Si l'environnement permet une protection efficace de la toiture contre les effets du vent, le coefficient  $\mu$  peut être majoré (cf. annexe 2).

Les conditions d'application du cas IV sont précisées dans l'annexe 2 au paragraphe 4.

## A.1 toitures simples à un versant plan



### cas I



#### I,1 toitures courantes

$0 \leq \beta \leq 30^\circ$	$\mu_1 = 0,8$
$30^\circ < \beta < 60^\circ$	$\mu_1 = 0,8 - 0,8 \left( \frac{\beta - 30}{30} \right)$
$\beta \geq 60^\circ$	$\mu_1 = 0$

#### I,2 toitures avec dispositifs (1) de retenue

$0 \leq \beta \leq 45^\circ$	$\mu_1 = 0,8$
$45^\circ < \beta < 75^\circ$	$\mu_1 = 0,8 - 0,8 \left( \frac{\beta - 45}{30} \right)$
$\beta \geq 75^\circ$	$\mu_1 = 0$

### cas II

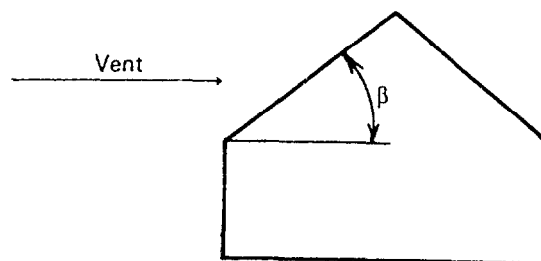
Sans objet (couvert par le cas I).

### cas III

- Si la toiture est au vent : sans objet ( $\mu_1 = 0$ ).
- Si la toiture est sous le vent :
  - si  $\beta \leq 15^\circ$  : sans objet ( $\mu_1 = 0$ ).
  - si  $\beta > 15^\circ$  : les valeurs de  $\mu_1$  sont celles du cas I.

1. Il s'agit de dispositifs tels que crochets, barres à neige intéressant l'ensemble de la surface et empêchant ou réduisant le glissement de la neige en fonction de la pente.

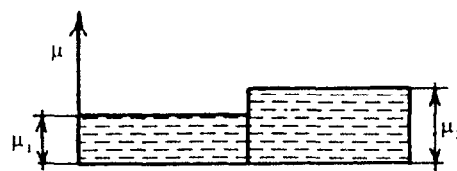
## A.2 toitures simples à deux versants plans (2)



### cas I

Les valeurs de  $\mu$  sont celles du cas I de la toiture type A.1.

### cas II



#### II,1 toitures courantes

$0 \leq \beta \leq 15^\circ$	$\mu_1 = \mu_2 = 0,8$
$15^\circ < \beta \leq 30^\circ$	$\mu_1 = 0,8 - 0,4 \left( \frac{\beta - 15}{15} \right)$ $\mu_2 = 0,8 + 0,4 \left( \frac{\beta - 15}{15} \right)$
$30^\circ < \beta \leq 60^\circ$	$\mu_1 = 0,4 - 0,4 \left( \frac{\beta - 30}{30} \right)$ $\mu_2 = 1,2 - 1,2 \left( \frac{\beta - 30}{30} \right)$
$\beta > 60^\circ$	$\mu_1 = \mu_2 = 0$

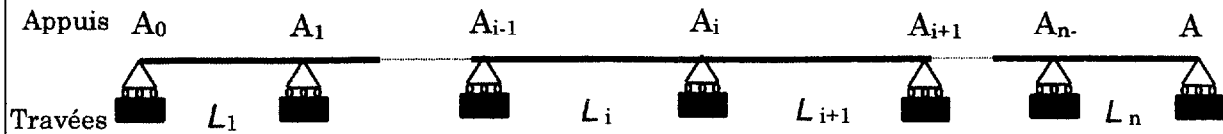
avec les limitations suivantes :

$$\text{pour } 22,5^\circ < \beta < 35^\circ \quad \mu_2 = 1 \checkmark$$

2. Dans le cas de toitures asymétriques à deux plans, chaque côté de la toiture doit être considéré comme une moitié d'une toiture symétrique correspondante.

## FORMULAIRE

### RELATION DES 3 MOMENTS POUR UNE POUTRE A MOMENT QUADRATIQUE CONSTANT



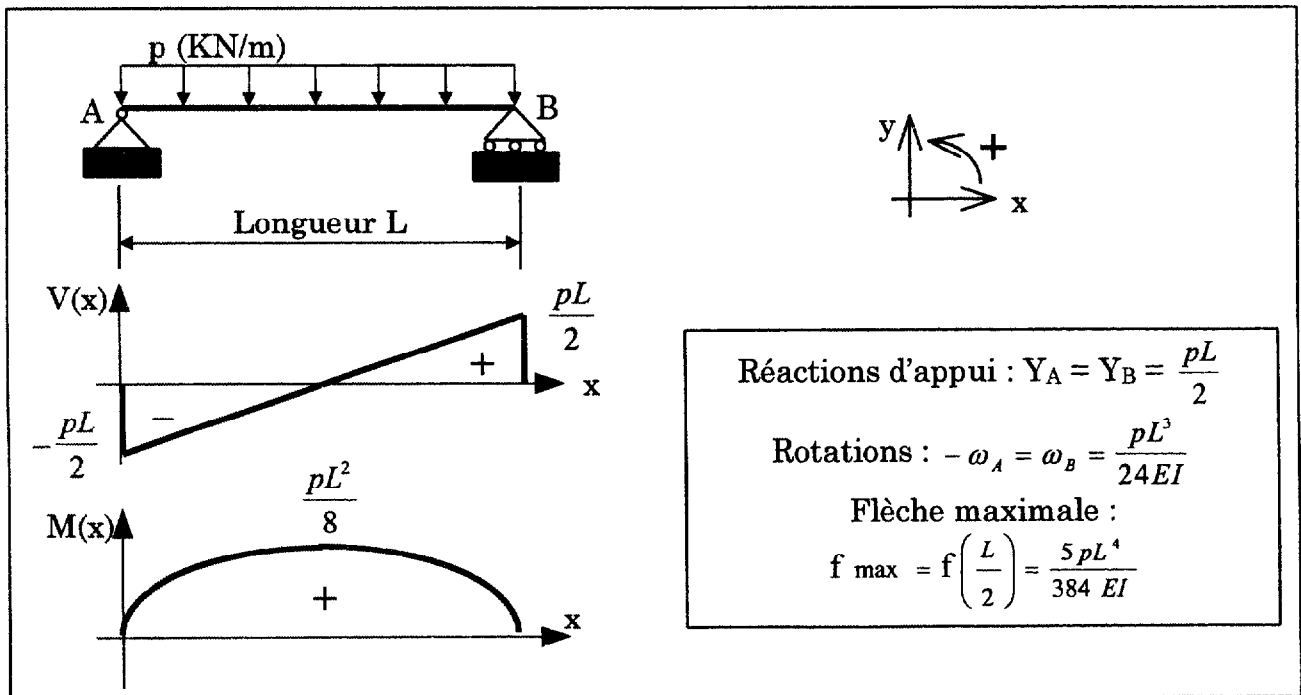
$$L_i \times M_{i-1} + 2 \times (L_i + L_{i+1}) \times M_i + L_{i+1} \times M_{i+1} = 6EI(\omega_{iD} - \omega_{iG})$$

avec : **E** = module d'élasticité longitudinal du matériau constituant la poutre

**I** = moment quadratique de la section de la poutre

$\omega_{iG}$  = rotation à *gauche de l'appui i*, dans la *travée i* supposée isostatique (sur deux appuis) et soumise au même chargement que celui qu'elle supporte dans la structure réelle.

$\omega_{iD}$  = rotation à *droite de l'appui i*, dans la *travée i+1* supposée isostatique (sur deux appuis) et soumise au même chargement que celui qu'elle supporte dans la structure réelle.



# EXTRAITS REGLEMENT CM 66 (1/2)

## 1,21 – VALEURS DES COEFFICIENTS DE PONDERATION

### 1,211 – Ouvrages en service normal

Dans les calculs de vérification de la stabilité (stabilité d'ensemble aussi bien que résistance des éléments), les effets à prendre en compte doivent être envisagés de façon à obtenir les combinaisons les plus défavorables, leurs valeurs étant multipliées par les coefficients de pondération suivants :

1 – **charges permanentes (G)** : soit  $\frac{4}{3}$ , soit 1, suivant ce qui est plus défavorable

2 – **surcharges variables** (surcharges d'exploitation ou d'essais (Q), surcharge normale de neige ( $S_n$ ), surcharge normale de vent ( $W_n$ )) :  $\frac{3}{2}$

Cette valeur est réduite à :

- $\frac{17}{12}$  dans les calculs prenant en compte simultanément des surcharges appartenant à 2 des 3 catégories suivantes :
  - a) surcharges d'exploitation ou d'essai
  - b) neige
  - c) effets du vent
- $\frac{4}{3}$  dans les calculs prenant en compte simultanément des surcharges des 3 catégories.

## COMBINAISONS SUPPLEMENTAIRES AVEC SURCHARGES CLIMATIQUES EXTREMES

On définit : Vent extrême = 1,75 vent normal  $W_e = 1,75 W_n$   
Neige extrême = 1,65 neige normale  $S_{ne} = 1,65 S_n$

Combinaisons à prendre en compte :  
 $G + W_e$   
 $G + S_{ne}$   
 $G + W_e + 0,5 S_{ne}$

BTS ETUDE ET ECONOMIE DE LA CONSTRUCTION	SESSION 2000
SUJET : E5 - Etude des Constructions	Durée : 8 H   Coef. 6   Page 14 / 33

# EXTRAITS REGLEMENT CM 66 (2/2)

## 1,221 Vérification de la sécurité

Sous réserve des simplifications qui peuvent être apportées dans chaque cas particulier, la vérification de la sécurité conduit en principe aux opérations suivantes :

Vérifier que, pour chaque élément, les valeurs maximales des efforts et moments pondérés restent inférieures à celles qui entraîneraient théoriquement la ruine de l'élément. Ceci conduit en général à :

- a) Calculer les contraintes pondérées normales et tangentielles engendrées aux points les plus défavorisés.
- b) En déduire des contraintes caractéristiques  $\sigma_c$ .
- c) Vérifier que les valeurs maximales de ces contraintes caractéristiques ne dépassent pas la valeur  $\sigma_e$  de la limite d'élasticité du métal, dont le dépassement est pris comme critère de base de la ruine (1,202) :  $\sigma_c < \sigma_e$ .

## 3,9 DÉFORMATIONS

3,912 Sauf cas exceptionnels, les calculs de déformations sont effectués sur la base des charges et surcharges prévues au projet, sans application des coefficients de pondération indiqués en 1,2

## 5,252 Planchers courants

Sauf destination particulière, la flèche due à la totalité des surcharges ne devra pas dépasser un trois-centième (1/300) de la portée, sans que la flèche due aux seules surcharges rapidement variables dépasse un cinq-centième (1/500) de la portée.

Pour les locaux courants à usage de logements ou de bureaux, il suffit de vérifier que la flèche sous la totalité des surcharges ne dépasse pas 1/300 de la portée.

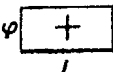

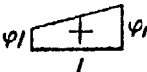
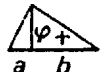
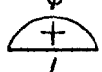
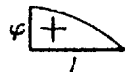
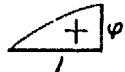
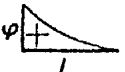
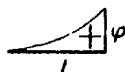
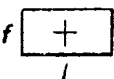
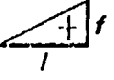
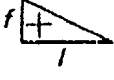
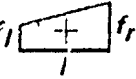


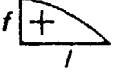
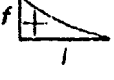
## 5,253 Éléments de couverture

Pour les éléments fléchis de couverture, la flèche due aux charges et surcharges ne doit pas excéder un deux-centième (1/200) de la portée.

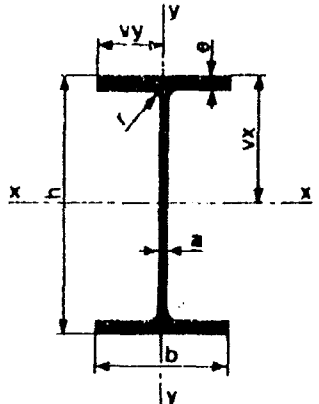
BTS ETUDE ET ECONOMIE DE LA CONSTRUCTION	SESSION 2000		
SUJET : E5 - Etude des Constructions	Durée : 8 H	Coef. 6	Page 15 / 33



$\alpha = \frac{a}{l}$        $\beta = \frac{b}{l}$

$f(x) \backslash \varphi(x)$									
	$l \cdot f \cdot \varphi$	$\frac{1}{2} l \cdot f \cdot \varphi$	$\frac{1}{2} l f (\varphi_l + \varphi_r)$	$\frac{1}{2} l f \cdot \varphi$	$\frac{2}{3} l f \varphi$	$\frac{2}{3} l f \varphi$	$\frac{2}{3} l f \varphi$	$\frac{1}{3} l f \varphi$	$\frac{1}{3} l f \varphi$
	$\frac{1}{2} l f \varphi$	$\frac{1}{3} l f \varphi$	$\frac{1}{6} l f (\varphi_l + 2 \varphi_r)$	$\frac{1}{6} l f \varphi (1 + \alpha)$	$\frac{1}{3} l f \varphi$	$\frac{1}{4} l f \varphi$	$\frac{5}{12} l f \varphi$	$\frac{1}{12} l f \varphi$	$\frac{1}{4} l f \varphi$
	$\frac{1}{2} l f \varphi$	$\frac{1}{6} l f \varphi$	$\frac{1}{6} l f (2 \varphi_l + \varphi_r)$	$\frac{1}{6} l f \varphi (1 + \beta)$	$\frac{1}{3} l f \varphi$	$\frac{5}{12} l f \varphi$	$\frac{1}{4} l f \varphi$	$\frac{1}{4} l f \varphi$	$\frac{1}{12} l f \varphi$
	$\frac{1}{2} l (f_r + f_l) \varphi$	$\frac{1}{6} l (f_l + f_r) \varphi$	$\frac{1}{6} l [2 f_l \varphi_l + f_l \varphi_r + f_r \varphi_l + 2 f_r \varphi_r]$	$\frac{1}{6} l [f_l (1 + \beta) + f_r (1 + \alpha)] \varphi$	$\frac{1}{3} l (f_l + f_r) \varphi$	$\frac{1}{12} l \times (5 f_l + 3 f_r) \varphi$	$\frac{1}{12} l \times (3 f_l + 5 f_r) \varphi$	$\frac{1}{12} l \times (3 f_l + f_r) \varphi$	$\frac{1}{12} l \times (f_l + 3 f_r) \varphi$
	$\frac{1}{2} l f \varphi$	$\frac{1}{6} l f \varphi (1 + \alpha)$	$\frac{1}{6} l [\varphi_l (1 + \beta) + \varphi_r (1 + \alpha)] f$	$\frac{1}{3} l f \varphi$	$\frac{1}{3} l f \varphi (1 + \alpha \beta)$	$\frac{1}{12} l f \varphi \times (5 - \alpha - \alpha^2)$	$\frac{1}{12} l f \varphi \times (5 - \beta - \beta^2)$	$\frac{1}{12} l f \varphi \times (1 + \beta + \beta^2)$	$\frac{1}{12} l f \varphi \times (1 + \alpha + \alpha^2)$
	$\frac{2}{3} l f \varphi$	$\frac{1}{3} l f \varphi$	$\frac{1}{3} l f (\varphi_l + \varphi_r)$	$\frac{1}{3} l f \varphi (1 + \alpha \beta)$	$\frac{8}{15} l f \varphi$	$\frac{7}{15} l f \varphi$	$\frac{7}{15} l f \varphi$	$\frac{1}{5} l f \varphi$	$\frac{1}{5} l f \varphi$
	$\frac{2}{3} l f \varphi$	$\frac{1}{4} l f \varphi$	$\frac{1}{12} l f \times (5 \varphi_l + 3 \varphi_r)$	$\frac{1}{12} l f \varphi \times (5 - \alpha - \alpha^2)$	$\frac{7}{15} l f \varphi$	$\frac{8}{15} l f \varphi$	$\frac{11}{30} l f \varphi$	$\frac{3}{10} l f \varphi$	$\frac{2}{15} l f \varphi$
	$\frac{1}{3} l f \varphi$	$\frac{1}{12} l f \varphi$	$\frac{1}{12} l f \times (3 \varphi_l + \varphi_r)$	$\frac{1}{12} l f \varphi \times (1 + \beta + \beta^2)$	$\frac{1}{5} l f \varphi$	$\frac{3}{10} l f \varphi$	$\frac{2}{15} l f \varphi$	$\frac{1}{5} l f \varphi$	$\frac{1}{30} l f \varphi$

ECETUDC

Figure	Profils	Dimensions en mm					Masse kg/m	Section cm <sup>2</sup>	Surface de peinture		Caractéristiques mécaniques						
		h	b	a	e	r			m <sup>2</sup> /m	m <sup>2</sup> /t	I <sub>x</sub> cm <sup>4</sup>	I <sub>x</sub> / v <sub>x</sub> cm <sup>3</sup>	i <sub>x</sub> cm	I <sub>y</sub> cm <sup>4</sup>	I <sub>y</sub> / v <sub>y</sub> cm <sup>3</sup>	i <sub>y</sub> cm	I <sub>o</sub> cm <sup>4</sup>
POUTRELLES IPE  	80	80	46	3,8	5,2	5	6,0	7,64	0,329	54,8	80,1	20,0	3,24	8,49	3,69	1,05	0,70
	100	100	55	4,1	5,7	7	8,1	10,3	0,401	49,5	171	34,2	4,07	15,9	5,79	1,24	1,10
	120	120	64	4,4	6,3	7	10,4	13,2	0,474	45,6	318	53,0	4,90	27,7	8,65	1,45	1,71
	140	140	73	4,7	6,9	7	12,9	16,4	0,550	42,6	541	77,3	5,74	44,9	12,3	1,65	2,54
	160	160	82	5,0	7,4	9	15,6	20,1	0,622	39,4	869	109	6,58	68,3	16,7	1,84	3,53
	180	180	91	5,3	8,0	9	18,8	23,9	0,698	37,1	1317	146	7,42	101	22,2	2,05	4,90
	200	200	100	5,6	8,5	12	22,4	28,5	0,768	34,3	1943	194	8,26	142	28,5	2,24	6,46
	220	220	110	5,9	9,2	12	26,2	33,4	0,848	32,4	2772	252	9,11	205	37,3	2,48	8,86
	240	240	120	6,2	9,8	15	30,7	39,1	0,921	30,0	3892	324	9,97	284	47,3	2,69	11,60
	270	270	135	6,6	10,2	15	36,1	45,9	1,04	28,8	5790	429	11,2	420	62,2	3,02	14,93
	300	300	150	7,1	10,7	15	42,2	53,8	1,16	27,5	8356	557	12,5	604	80,5	3,35	19,47
	330	330	160	7,5	11,5	18	49,1	62,6	1,25	25,5	11770	713	13,7	788	98,5	3,55	25,70
	360	360	170	8,0	12,7	18	57,1	72,7	1,35	23,6	16270	904	15,0	1043	123	3,79	36,20
	400	400	180	8,6	13,5	21	66,3	84,5	1,47	22,2	23130	1160	16,5	1318	146	3,95	46,80
	450	450	190	9,4	14,6	21	77,6	98,8	1,61	20,7	33740	1500	18,5	1676	176	4,12	63,80
	500	500	200	10,2	16,0	21	90,7	116	1,74	19,2	48200	1930	20,4	2142	214	4,31	89,0
	550	550	210	11,1	17,2	24	106	134	1,88	17,7	67120	2440	22,3	2668	254	4,45	118,4
600	600	220	12,0	19,0	24	122	156	2,02	16,6	92080	3070	24,3	3387	308	4,66	166,2	

NF A 45-205