

REPUBLIQUE DU CAMEROUN

Paix – Travail – Patrie

MINESEC / O.B.C.

BACCALAUREAT DE TECHNICIEN

Session : 2018

Série : F4 – Génie Civil

Option : Bâtiment – BA

Durée : 3 Heures

Coeff. : 3

Epreuve Ecrite

## MECANIQUE APPLIQUEE

### DOCUMENTS ET MOYENS DE CALCULS AUTORISES

- Aucun document en dehors de ceux remis aux candidats par les examinateurs n'est autorisé
- Les calculatrices scientifiques non programmables
- Nombre de parties : 03 parties indépendantes
- L'épreuve comporte 7 pages, de la page 1 sur 7 à la page 7 sur 7
- L'épreuve est notée sur 20

### SUJET : PLATE FORME POUR EXPOSITION

#### A- PRESENTATION :

La figure 1 de la page 5 sur 7 représente la vue en plan de la disposition des poutres et des poteaux d'une plate forme devant servir de tribune d'exposition. Ce plancher est composé :

- des poutres de 6,00 m de long qui peuvent être en acier ou en béton ;
- un platelage métallique posé sur les poutres ;
- une dalle en béton armé de 10 cm posée sur le platelage métallique ;
- des poteaux qui peuvent être en acier ou en béton.

#### B- TRAVAIL A FAIRE :

##### I- PREMIERE PARTIE : RESISTANCE DES MATERIAUX

/ 6 Points

N'ayant pas encore choisi le matériau avec lequel les poutres seront réalisées, on se propose dans un premier temps de déterminer l'action des charges extérieures sur les poutres. Pour cela, on néglige le poids propre de ces poutres. Les poutres sont simplement appuyées sur les poteaux.

Les charges sont définies de la façon suivante :

- **Charges permanentes :**
  - Platelage métallique :  $0,4 \text{ KN/m}^2$  ;
  - Poids volumique du béton armé :  $25 \text{ KN/m}^3$  ;
  - Revêtement sur le plancher :  $0,10 \text{ KN/m}^2$ .
- **Charges d'exploitation :**
  - Elle est de  $2,3 \text{ KN/m}^2$

##### I-1 Descente des charges :

I-1-1 Sans calculer les charges linéaires qui s'appliquent sur la poutre, représenter le schéma mécanique de la poutre 3. 0,5pt

I-1-2 A l'état limite ultime, déterminer la valeur de la charge linéaire  $P_u$  (KN/ml) qui s'applique sur la poutre 2. 0,5pt

**I-2 Calcul des sollicitations :**

L'étude porte sur la **poutre 2**. On suppose que le schéma mécanique de la **poutre 2** est celui de la figure 2 de la page 5 sur 7 et que  $P_u = 26,25 \text{ KN/ml}$

La figure 3 de la page 5 sur 7 représente le schéma mécanique d'une poutre posée sur deux appuis simples et supportant une charge uniformément répartie  $P$  sur une longueur  $l$ .

**I-2-1** Pour la **poutre 2**, donner les valeurs numériques de  $a$ ;  $b$ ;  $l$ ;  $m$  et  $n$ . **1,25pt**

**I-2-2** Détermination des efforts tranchants.

Pour la figure 3, les expressions des efforts tranchants sont les suivantes :

- Effort tranchant en A :  $V_A = \frac{Plb}{L}$
- Effort tranchant en B :  $V_B = -\frac{Pla}{L}$
- Pour  $0 \leq x \leq m$  :  $T(x) = V_A$
- Pour  $m \leq x \leq m+l$  :  $T(x) = P(m-x + \frac{bl}{L})$
- Pour  $m+l \leq x \leq L$  :  $T(x) = V_B$

Déduire les expressions des efforts tranchants le long de la **poutre 2**. **0,75pt**

**I-2-3** Détermination des moments fléchissants.

Pour la figure 3 les expressions des moments fléchissants sont les suivantes :

- Pour  $0 \leq x \leq m$  :  $M(x) = -xV_A$
- Pour  $m \leq x \leq m+l$  :  $M(x) = -P \left[ l \frac{b}{L} x - \frac{(x-m)^2}{2} \right]$
- Pour  $m+l \leq x \leq L$  :  $M(x) = -Pl \left( \frac{b-L}{L} x + a \right)$

Déduire les expressions des moments fléchissants le long de la **poutre 2**. **0,75pt**

**I-2-4** Tracé des diagrammes de  $T(x)$  et  $M(x)$  de la **poutre 2**.

**I-2-4-1** Calculer les valeurs de  $T(x)$  et  $M(x)$  pour les valeurs de  $x$  suivantes : 0 ; 1 ; 3 ; 5 et 6. **0,75pt**

**I-2-4-2** Tracer les diagrammes de  $T(x)$  et  $M(x)$  de la **poutre 2**. **1pt**

On prendra pour :

- Echelle des distances : 2 cm pour 1m
- Echelle des efforts : 1,5 cm pour 52,5 KN
- Echelle des moments : 1,5 cm pour 52,5 KN.m

**I-2-5** Donner l'expression de la valeur maximale de flèche de la **poutre 2** en fonction de  $E$  et  $I$  sachant cette flèche maximale a pour formule :  $f_{max} = \frac{Pl^3}{48EI} \left[ L^3 - \frac{l^2}{2} \left( L - \frac{l}{4} \right) \right]$  **0,5pt**

## II- DEUXIEME PARTIE : DIMENSIONNEMENT ET VERIFICATION DES ELEMENTS D'UNE STRUCTURE EN BETON OU EN ACIER / 11 Points

La fissuration est non préjudiciable. Les caractéristiques des matériaux sont :

- Pour le béton :  $f_{c28} = 25 \text{ MPa}$  ;  $\gamma_b = 1,5$  ;  $c_g = 2,5 \text{ cm}$  ; enrobage = 3 cm ;  $\theta = 1$ .
- Pour l'acier : FeE400 ;  $f_e = 400 \text{ MPa}$  ;  $\gamma_s = 1,15$ .
- Pour la **poutre 2**, on suppose que l'intensité maximale du moment fléchissant maximum est  $M_{max} = 105 \text{ KN.m}$  et celui de l'effort tranchant est de  $V_{max} = 52,5 \text{ KN}$ .
- Les armatures transversales de la **poutre 2** sont droites.
- Pour le calcul des armatures transversales, on prendra  $k = 1$ .

**II-1** Détermination des armatures longitudinales de la **poutre 2**.

On suppose que la **poutre 2** est en béton armé et que sa section transversale est de 20 x 50 cm. On prendra la valeur du moment fléchissant  $M_{max} = 105 \text{ KN.m}$

- II-1-1 Dire si on aura besoin des aciers comprimés à et justifier la réponse. 1pt  
 II-1-2 Calculer la section d'acier nécessaire. 1,5pt  
 II-1-3 A l'aide du tableau de la page 6 sur 7 choisir le nombre de barres nécessaire. 0,5pt  
**II-2 Détermination des armatures transversales de la poutre 2.**

On suppose que :

- la poutre 2 est en béton armé et que sa section transversale est de 20 x 50 cm ;
- la valeur de l'effort tranchant est  $V_{max} = 52,5$  KN ;
- les armatures longitudinales utilisées sont : 4HA14 + 2HA10

II-2-1 Détermination du diamètre des armatures transversales.

- II-2-1-1 Déterminer le diamètre maximal  $\Phi_t$  des armatures transversales. 0,5pt  
 II-2-1-2 En servant de l'annexe de la page 6 sur 7, déduire les diamètres éventuels. 0,5pt

Pour la suite de la question II-2, on suppose que  $\Phi_t = 6$  mm et qu'un étrier est utilisé pour le ferrailage d'une section de la poutre.

- II-2-2 Dessiner le ferrailage de cette section de poutre. 1pt  
 II-2-3 Déterminer en  $cm^2$  la section  $A_t$  d'armatures transversales. 1pt  
 II-2-4 Détermination de l'espacement  $S_t$  entre les armatures transversales.  
 II-2-4-1 Calculer  $\tau_u$  et vérifier qu'il respecte la condition du règlement. 1pt  
 II-2-4-2 Déterminer les trois valeurs de  $S_t$  qui permettent d'opérer le choix de  $S_t$ . 1,5pt  
 II-2-4-3 En utilisant la série de CAQUOT, déduire de la question II-2-4-2 le choix de la valeur de  $S_t$  le plus économique pour le cout du ferrailage. 0,5pt

**II-3 Structure métallique**

On suppose que :

- La poutre 2 est un profilé IPE de contrainte limite élastique est  $\sigma_e = 500$  MPa.
- Le coefficient de sécurité est  $s = 1,35$ .
- L'IPE supporte le chargement suivant la grande inertie.
- La valeur du moment fléchissant  $M_{max} = 105$  KN.m

- II-3-1 Déterminer la valeur minimale du module de flexion du profilé. 1,25pt  
 II-3-2 En vous servant du tableau de la page 7 sur 7, faire un choix adéquat de l'IPE. 0,75pt

### III- TROISIEME PARTIE : HYDRAULIQUE

/ 3 Points

Un tronçon hydraulique est constitué de trois conduites. La première a un diamètre de 30 cm et une longueur de 10 m, la deuxième un diamètre de 20 cm et une longueur de 20 m, la troisième un diamètre de 10 cm et une longueur de 30 m. L'eau qui circule dans ce tronçon passe dans la première conduite à 2110 litres par minute.

- III-1 Calculer le débit volumique. 0,5pt  
 III-2 Calculer en m/s la vitesse de l'eau dans la deuxième et la troisième conduite. 1,5pt  
 III-3 Déterminer le temps qu'on mettra pour remplir une citerne de 1500 litres située à la sortie de la troisième conduite. 1pt

### Rappels :

- 1- Détermination des armatures longitudinales dans une poutre en flexion à l'ELU



$$\mu = \frac{M_u}{bd^2 f_{bc}} ; \quad f_{bc} = \frac{0,85 f_{c28}}{\theta \gamma_b} ; \quad \alpha = 1,202(1 - \sqrt{1 - 2,055\mu})$$

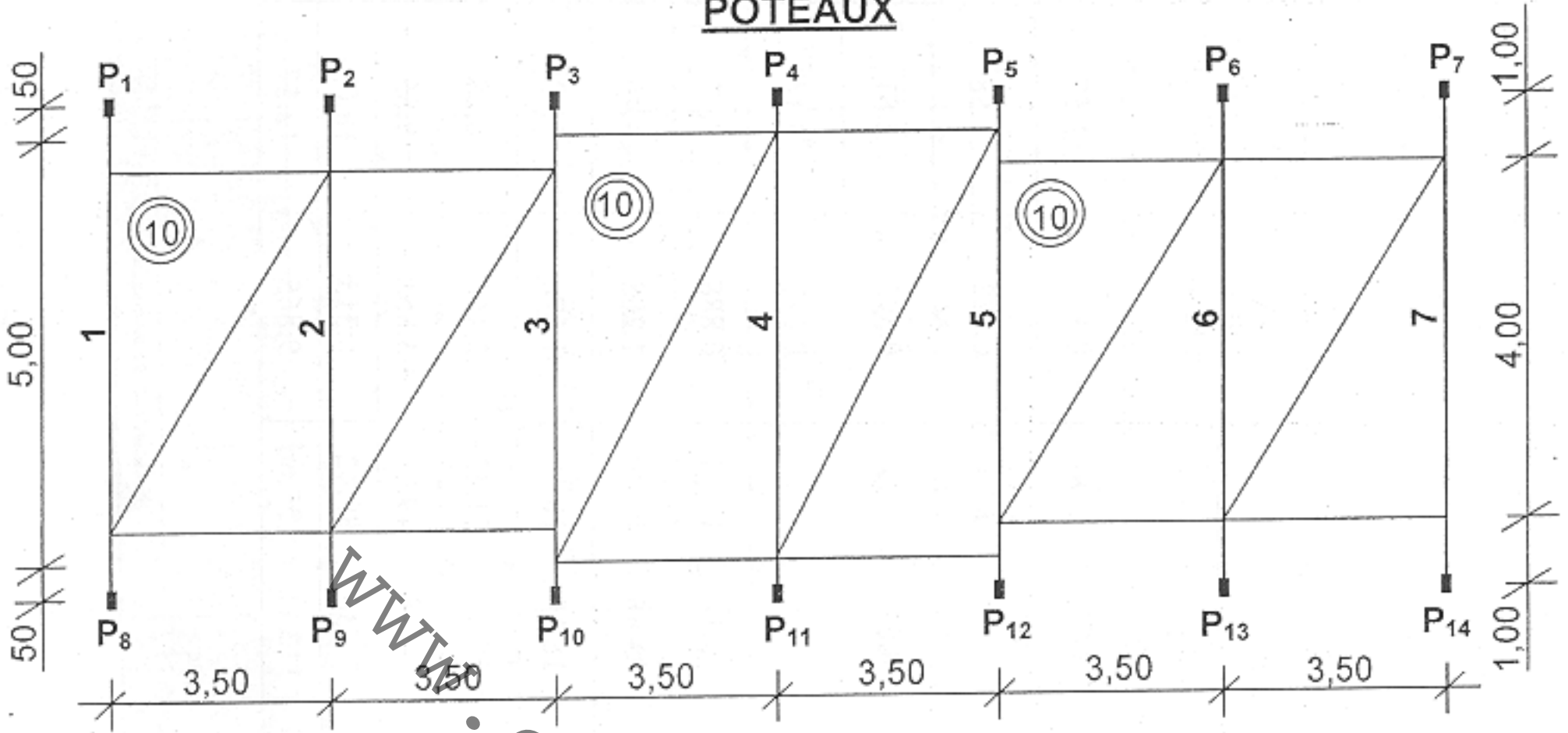
## 2- Détermination des armatures transversale de la poutre

- $f_{t28} = 0,6 + 0,06 f_{c28}$
- $f_{t28}^* = \min(f_{t28}; 3,3 \text{ MPa})$
- $\tau_0 = 0,3 k f_{t28}^*$
- $\frac{A_t}{b_0 S_t} \geq \frac{\tau_u - \tau_0}{0,9 \frac{f_e}{\gamma_s}}$
- $S_t \leq \min(0,9 d ; 40 \text{ cm})$
- $\Phi_t \leq \min\left(\frac{h}{35}; \frac{b_0}{10}; \Phi_l\right)$   
où  $\Phi_l$  est le diamètre minimal des armatures longitudinales
- $\frac{A_t f_e}{b_0 S_t} \geq \max\left(\frac{\tau_u}{2}; 0,4 \text{ MPa}\right)$
- La série de Caquot est: 7 - 8 - 9 - 10 - 11 - 13 - 16 - 20 - 25 - 35 - 40 cm.
- fissuration non préjudiciable :  $\tau_u \leq \min\left(\frac{0,2 f_{c28}}{\gamma_b}; 5 \text{ MPa}\right)$
- fissuration préjudiciable ou très préjudiciable :  
$$\tau_u \leq \min\left(\frac{0,15 f_{c28}}{\gamma_b}; 4 \text{ MPa}\right)$$

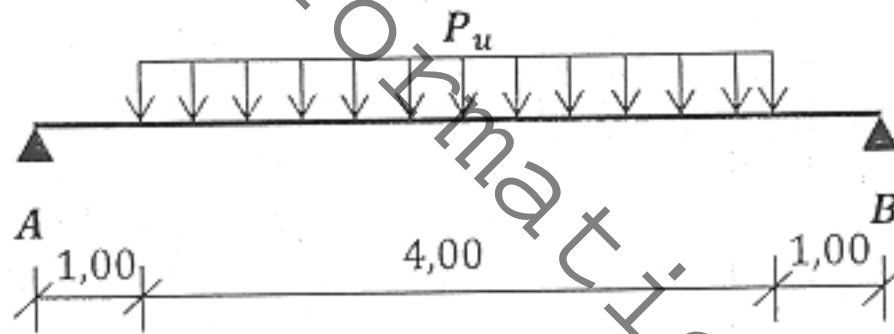
Valeurs de:  $f_e$ ,  $1000 \epsilon_s$ ,  $\alpha_l$ ,  $\beta_l$  et  $\sigma_s$  pour  $\gamma_s = 1,15$

Aciers	Nuance	$f_e$ (MPa)	$1000 \epsilon_s$	$\alpha_l$	$\mu_l$	$\beta_l$	$\sigma_s$
Ronds lisses	Fe E 215	215	0,935	0,789	0,432	0,684	$\mu < 0,432 \quad \sigma_s = 187$ $\mu > 0,432 \quad \sigma_s = 200(1000 \epsilon_s)$
	Fe E 235	235	1,022	1,774	0,427	0,690	$\mu < 0,427 \quad \sigma_s = 204$ $\mu > 0,427 \quad \sigma_s = 200(1000 \epsilon_s)$
Barres HA	Fe E 400	400	1,739	0,668	0,392	0,733	$\mu < 0,392 \quad \sigma_s = 348$ $\mu > 0,392 \quad \sigma_s = 200(1000 \epsilon_s)$
	Fe E 500	500	2,174	0,617	0,372	0,753	$\mu < 0,372 \quad \sigma_s = 435$ $\mu > 0,372 \quad \sigma_s = 200(1000 \epsilon_s)$
Fils H A	Fe TE 400	400	1,739	0,668	0,392	0,733	$\mu < 0,392 \quad \sigma_s = 348$ $\mu > 0,392 \quad \sigma_s = 200(1000 \epsilon_s)$
	Fe E 500	500	2,174	0,617	0,372	0,753	$\mu < 0,372 \quad \sigma_s = 435$ $\mu > 0,372 \quad \sigma_s = 200(1000 \epsilon_s)$
Treillis soudés en fils lisses	TLe E 520 ( $\emptyset < 6 \text{ mm}$ )	520	2,261	0,607	0,368	0,757	$\mu < 0,368 \quad \sigma_s = 452$ $\mu > 0,368 \quad \sigma_s = 200(1000 \epsilon_s)$
	Fe E 500	500	2,174	0,617	0,372	0,753	$\mu < 0,372 \quad \sigma_s = 435$ $\mu > 0,372 \quad \sigma_s = 200(1000 \epsilon_s)$

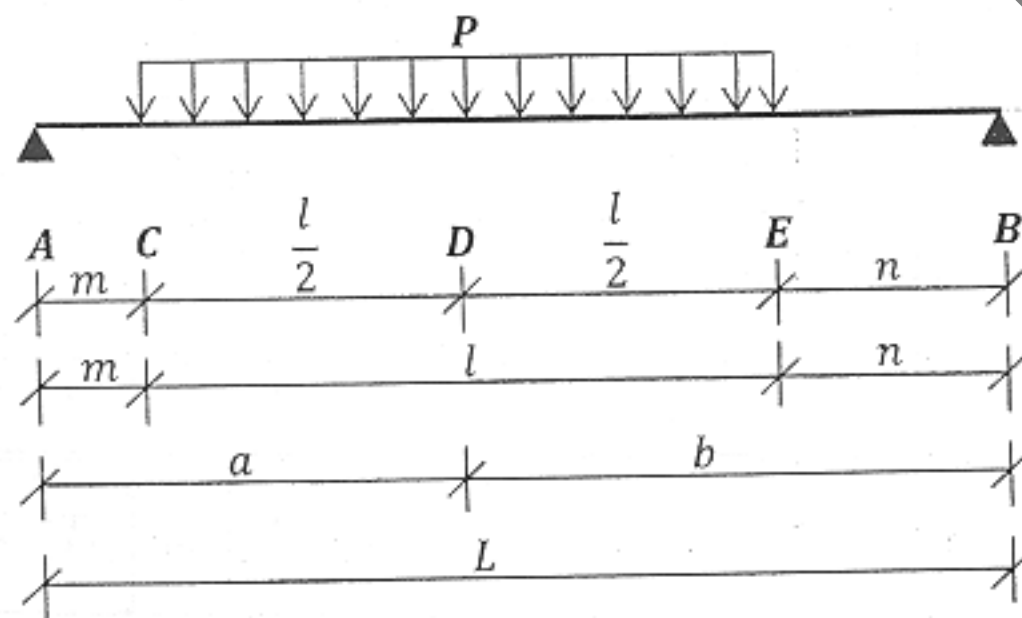
**Figure 1 : VUE EN PLAN DE LA DISPOSITION DES POUTRES ET DES POTEAUX**



**Figure 2 : SCHEMA MECANIQUE DE LA POUTRE 2**

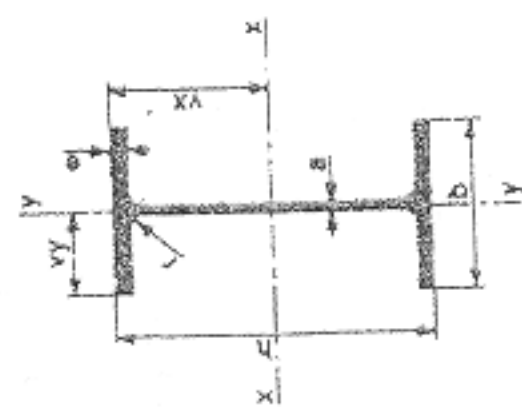


**Figure 3 : SCHEMA MECANIQUE D'UNE POUTRE POSEE SUR DEUX APPUIS SIMPLES AUX EXTREMITES ET SUPPORTANT UNE CHARGE UNIFORMEMENT REPARTIE SUR UNE LONGUEUR**



BARRES : caractéristiques dimensionnelles

Ø mm	SECTIONS TOTALES en cm <sup>2</sup> pour un nombre de barres égal à										Poids en kg/ml	Périmètre en (cm)
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
5	0.20	0.39	0.59	0.79	0.98	1.18	1.37	1.57	1.77	1.96	0.154	1.57
6	0.28	0.57	0.85	1.13	1.41	1.70	1.98	2.26	2.54	2.83	0.222	1.88
8	0.5	1.01	1.51	2.01	2.51	3.02	3.52	4.02	4.52	5.03	0.395	2.51
10	0.79	1.57	2.36	3.14	3.93	4.71	5.50	6.28	7.07	7.85	0.617	3.14
12	1.13	2.26	3.39	4.52	5.65	6.79	7.92	9.05	10.18	11.31	0.888	3.77
14	1.54	3.08	4.62	6.16	7.70	9.24	10.78	12.32	13.85	15.39	1.208	4.40
16	2.01	4.02	6.03	8.04	10.05	12.06	14.07	16.08	18.10	20.11	1.578	5.03
20	3.14	6.28	9.42	12.57	15.71	18.85	21.99	25.13	28.27	31.42	2.466	6.28
25	4.91	9.82	14.73	19.63	24.54	29.45	34.36	39.27	44.18	49.09	3.853	7.85
32	8.04	16.08	24.13	32.17	40.21	48.25	56.30	64.34	72.38	80.42	6.313	10.05
40	12.57	25.13	37.70	50.27	62.83	75.4	87.96	100.53	113.10	125.66	9.865	12.57

Figure	Profil	Dimensions en mm				Masse kg/m	Section cm <sup>2</sup>	Surface de peinture		Caractéristiques mécaniques					
		h	b	a	e			m <sup>2</sup> /m	m <sup>2</sup> /m	$I_x$ cm <sup>4</sup>	$I_y$ cm <sup>4</sup>	$\frac{I_x}{I_y}$ cm <sup>2</sup>	$\frac{I_x}{y}$ cm <sup>3</sup>	$\frac{I_y}{x}$ cm <sup>3</sup>	$I_{xy}$ cm <sup>4</sup>
POUTRELLES IPE 	80	80	46	3,8	5,2	6,0	7,64	0,329	54,0	20,0	3,24	6,40	3,65	1,05	0,70
	100	100	55	4,1	5,7	8,1	10,9	0,401	74,0	34,2	4,07	15,9	5,79	1,24	1,10
	120	120	64	4,4	6,3	10,4	13,2	0,474	95,6	53,0	4,90	27,7	8,65	1,45	1,71
	140	140	73	4,7	6,9	12,9	16,4	0,550	122,8	77,3	5,74	44,9	12,3	1,65	2,34
	160	160	82	5,0	7,4	15,0	20,3	0,622	156,6	108	6,58	68,3	16,7	1,84	3,53
	180	180	91	5,3	8,0	18,3	23,9	0,696	200,4	146	7,42	101	22,2	2,05	4,90
	200	200	100	5,6	8,5	21,6	28,5	0,768	254,6	194	8,26	142	28,5	2,24	6,46
	220	220	110	5,9	9,2	26,2	33,4	0,848	324,4	252	9,11	205	37,3	2,48	8,86
	240	240	120	6,2	9,8	30,7	39,1	0,921	409,8	324	9,97	284	47,3	2,69	11,60
	270	270	135	6,8	10,2	36,1	45,9	1,04	528,8	429	11,2	420	62,2	3,02	14,53
	300	300	150	7,1	10,7	42,2	53,8	1,16	683,6	557	12,5	604	80,5	3,35	19,47
	330	330	160	7,5	11,5	49,1	62,6	1,25	887,6	713	13,7	788	98,5	3,55	25,70
	360	360	170	8,0	12,7	57,1	72,7	1,35	1127,6	904	15,0	1063	123	3,79	36,20
	400	400	180	8,6	13,5	66,3	84,5	1,47	1417,6	1160	16,5	1318	146	3,95	48,80
450	450	190	9,4	14,6	77,6	98,8	1,61	1767,6	1500	18,5	1676	176	4,12	63,80	
500	500	200	10,2	16,0	90,7	115	1,74	2187,6	1930	20,4	2142	214	4,21	83,0	
550	550	210	11,1	17,2	106	134	1,88	2687,6	2440	22,3	2666	254	4,45	113,4	
600	600	220	12,0	19,6	122	156	2,02	3267,6	3070	24,3	3357	308	4,66	165,2	

NF A 65-205