

## Flexion et structures métalliques

Soit une structure métallique suivant **figure 1** et **2**.

On veut vérifier la résistance et la déformation du **demi-arbalétrier** du portique central réalisé par un **IPN160**.

Ce demi-arbalétrier **supporte 3 pannes (IPE 100)**.

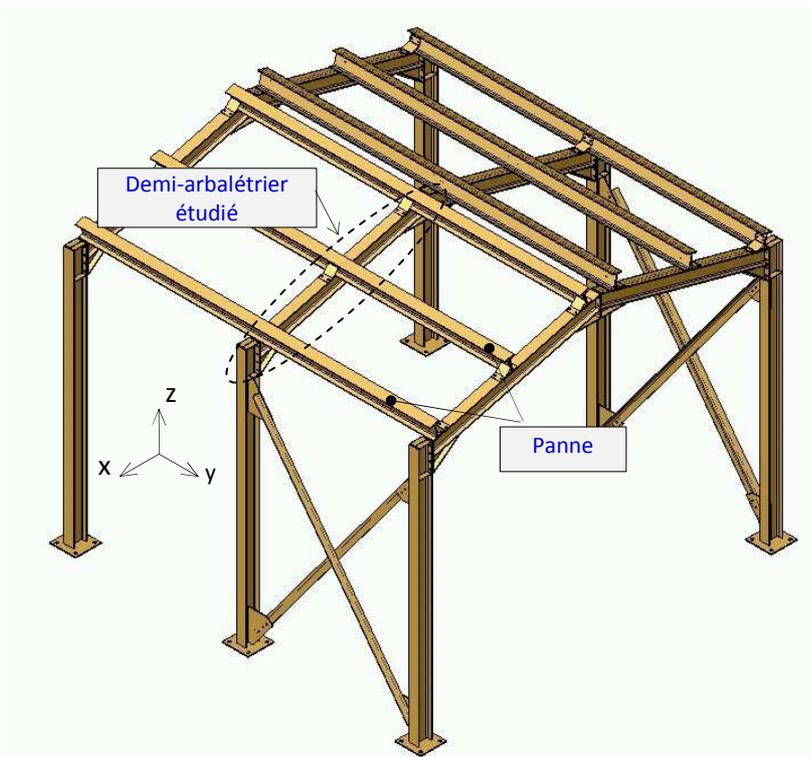


Figure 1 - Structure métallique étudiée

Les pannes supportent :

→ la **couverture** (bac acier isolé).

→ le **chargement climatique** ( celui étudié sera le poids de la **neige**).

La zone « **supportée** » par la **panne 2** est  $S_1$  (voir figure 2) et a pour dimensions : **5m x 2m**

Les hypothèses sur le **chargement** sont :

<b>Neige :</b>	$q_n=1,5 \text{ kN/m}^2$
Poids de la <b>couverture</b> :	$q_t=500 \text{ N/m}^2$
Poids des <b>pannes</b> :	<b>IPE 100 (ANNEXE 1)</b>

Le **demi-arbalétrier** étudié est modélisé par une poutre horizontale (**figure 3**),

$\vec{F}$  modélise l'action des pannes **1, 2 et 3** :

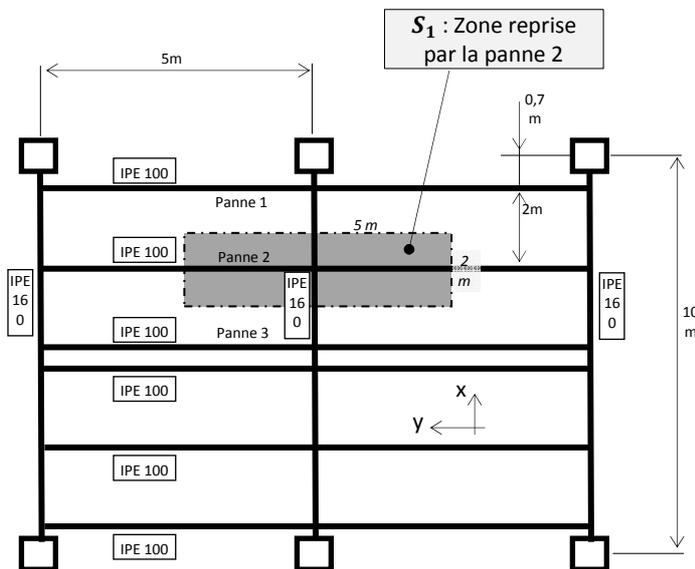


Figure 2 - Vue de dessus

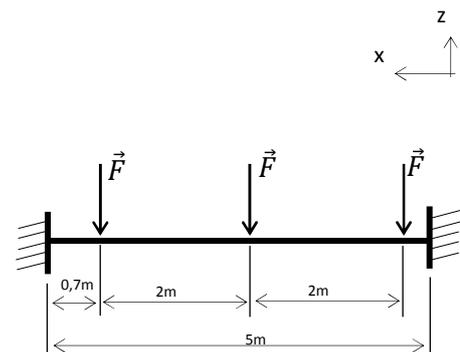


Figure 3 - Modélisation du demi-arbalétrier du portique central.

## Calcul du chargement

**CORRIGÉ**

**question 1 :** Calculez la surface  $S_1$  en  $m^2$  :

**question 2 :** Calculez, pour la surface  $S_1$ , le poids de la neige + couverture, en N, qu'on nommera  $\vec{F}_c$

**question 3 :** A l'aide du catalogue sur les poutre IPE (ANNEXE 1), calculez le poids (qu'on nommera  $\vec{F}_p$ ) d'une panne (IPE 100) pour la surface  $S_1$  (ou, autrement dit, calculez le poids de 5 mètres d'un profilé IPE 100). On prendra  $g=10 \text{ m/s}^2$ .

**question 4 :** Déduire des deux questions précédentes la valeur de l'action  $\vec{F}$ , correspondant au poids de la panne + le chargement (repris pour la surface  $S_1$ ).

## Vérification de contrainte la contrainte de flexion

Indépendamment des réponses trouvées on prendra  $F = 21000 \text{ N}$ . Le modèle est celui de la figure 3.

On modélise le demi-arbalétrier (IPE 160) avec le logiciel RDM Le mans.

On rentre 5 nœuds (aux abscisses 0, 0.7, 2.7, 4.7 et 5 mètres), on met en place le chargement (3 forces de 21000N aux nœuds 2, 3 et 4) – voir ANNEXE 2.

Pour modéliser le type de poutre, il faut également rentrer les caractéristiques de la section (IPE 160),

**question 5 :** A partir des données de l'ANNEXE 1. Compléter l'écran de saisie ci-contre :

**question 6 :** A partir des résultats de l'étude (ANNEXE 2), identifiez l'abscisse  $x$  (en m) de l'endroit où le moment fléchissant est maximum (en valeur absolue).

$x = \dots\dots\dots$

**question 7 :** Relevez la valeur du moment fléchissant maxi en N.m

$M_{f_{maxi}} = \dots\dots\dots$

**question 8 :** Calculez la contrainte maxi  $\sigma_{maxi}$  (voir ANNEXE 1)

**question 9 :** Sachant que la poutre est en Acier de  $Re=200 \text{ Mpa}$ , quel coefficient de sécurité a-t-on ?

**question 10 :** Selon vous et vos réponses aux questions précédentes, sur la poutre vue longitudinalement, indiquez, en le noircissant, l'endroit où la contrainte est maxi.



**question 11 :** Suivant l'étude de l'ANNEXE 2, relevez quel est la flèche maxi :  $f_{maxi} = \dots\dots\dots$

**question 12 :** La norme imposant une déformation maximum (ANNEXE 1), est-elle respectée ?

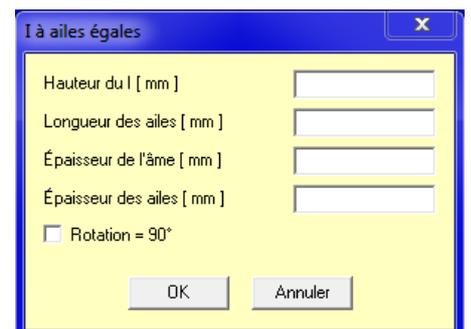


Figure 4 - Saisie section droite

## Calcul de moment d'inertie

Du fait d'une rupture dans l'approvisionnement en poutre IPE on souhaite remplacer les IPE 160 des demi-arbalétrier par un **tube rectangulaire (160 x 100)** d'épaisseur **10 mm (figure 5)**.

**question 13 :** A l'aide du formulaire en ANNEXE 1, calculez le moment d'inertie de ce profilé par rapport à l'axe u.

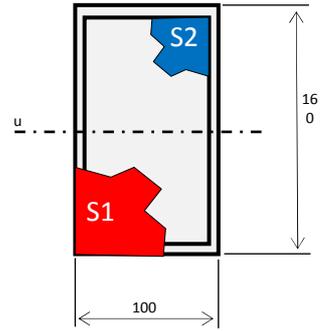


Figure 5- Profilé de remplacement

**question 14 :** Ce profilé est-il plus rigide que l'IPE 160 initial ?

## Algorithme

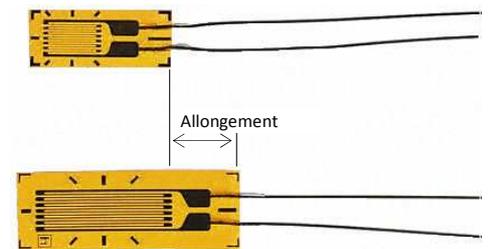
On veut équiper la structure métallique de capteurs permettant de connaître la déformation de la structure. Ces capteurs s'appellent des jauges d'extensométrie et doivent être collés, grâce à une colle-résine, sur la surface de la poutre

La **résistance électrique de ces capteurs varie en fonction de leur allongement**.

On veut réaliser un essai de déformation de la structure en appliquant des charges de plus en plus élevées, mais **on veut arrêter l'essai si on atteint un certain niveau de déformation**.

On doit réaliser un programme permettant de réaliser la fonction :

- arrêter l'essai si la déformation atteint un certain niveau, c'est-à-dire si la résistance relevée atteint une certaine valeur (10 Ohms).



**question 15 :** A partir de l'algorithme réalisant cette fonction, **écrivez l'algorithme** correspondant

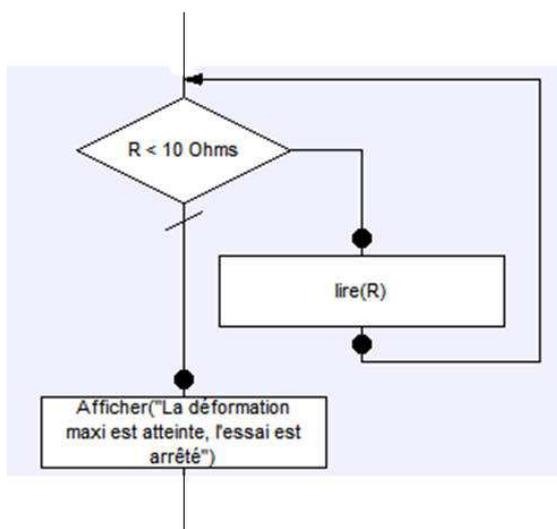
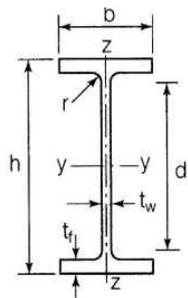


Figure 6 - Algorithme



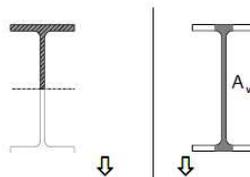
# ANNEXE 1

## CARACTERISTIQUES IPE



### Caractéristiques des profilés IPE

Les axes et désignations sont conformes à l'Eurocode 3.



Profil	h	b	t <sub>w</sub>	t <sub>f</sub>	r	Mass e par mètre P	Aire de la section A	Moment quadratiq ue I <sub>y</sub>	Module de résistance élastique à la flexion W <sub>el,y</sub>	Rayon de giration i <sub>y</sub>	2 × S <sub>y</sub>	A <sub>z</sub>	I <sub>z</sub>	W <sub>el,z</sub>	i <sub>z</sub>	2 × S <sub>z</sub>	A <sub>y</sub>
											Module plastique W <sub>pl,y</sub>					W <sub>pl,z</sub>	
	mm	mm	mm	mm	m m	kg/m	cm <sup>2</sup>	cm <sup>4</sup>	cm <sup>3</sup>	cm	cm <sup>3</sup>	cm <sup>2</sup>	cm <sup>4</sup>	cm <sup>3</sup>	cm	cm <sup>3</sup>	cm <sup>2</sup>
80	80	46	3,8	5,2	5	6,0	7,64	80,1	20,0	3,24	23,2	3,6	8,48	3,69	1,05	5,8	5,1
100	100	55	4,1	5,7	7	8,1	10,3	171,0	34,2	4,07	39,4	5,1	15,91	5,78	1,24	9,1	6,7
120	120	64	4,4	6,3	7	10,4	13,2	317,8	53,0	4,90	60,7	6,3	27,65	8,64	1,45	13,6	8,6
140	140	73	4,7	6,9	7	12,9	16,4	541,2	77,3	5,74	88,3	7,6	44,90	12,30	1,65	19,2	10,6
160	160	82	5,0	7,4	9	15,8	20,1	869,3	108,7	6,58	123,9	9,7	68,28	16,65	1,84	26,1	12,8
180	180	91	5,3	8,0	9	18,8	23,9	1 317,0	146,3	7,42	166,4	11,3	10,81	22,16	2,05	34,6	15,3
200	200	100	5,6	8,5	12	22,4	28,5	1 943,2	194,3	8,26	220,6	14,0	142,31	28,46	2,24	44,6	18
220	220	110	5,9	9,2	12	26,2	33,4	2 771,8	252,0	9,11	285,4	15,9	204,81	37,24	2,48	58,1	21,3
240	240	120	6,2	9,8	15	30,7	39,1	3 891,6	324,3	9,97	366,6	19,1	283,58	47,26	2,69	73,9	14,8
270	270	135	6,6	10,2	15	36,1	45,9	5 789,8	428,9	11,23	484,0	22,1	419,77	62,19	3,02	97,0	29
300	300	150	7,1	10,7	15	42,2	53,8	8 356,1	557,1	12,46	628,4	25,7	603,62	80,48	3,35	125,2	33,7
330	330	160	7,5	11,5	18	49,1	62,6	11 766,9	713,1	13,71	804,3	30,8	788,00	98,50	3,55	153,7	38,7
360	360	170	8,0	12,7	18	57,1	72,7	16 265,6	903,6	14,95	1 019,1	35,1	1 043,20	122,73	3,79	191,1	45,3
400	400	180	8,6	13,5	21	66,3	84,5	23 128,4	1 156,4	16,55	1 307,1	42,7	1 317,58	146,40	3,95	229,0	51,1
450	450	190	9,4	14,6	21	77,6	98,8	33 742,9	1 499,7	18,48	1 701,8	50,8	1 675,35	176,35	4,12	276,4	58,3
500	500	200	10,2	16,0	21	90,7	116	48 198,5	1 927,9	20,43	2 194,1	59,9	2 140,90	214,09	4,30	335,9	67,2
550	550	210	11,1	17,2	24	106	134	67 116,5	2 440,6	22,35	1 390	72,3	2 666,49	253,95	4,45	400,5	76,1
600	600	220	12,0	19,0	24	122	156	92 083,5	3 069,4	24,30	1 760	83,8	3 385,78	307,80	4,66	485,6	87,9

## Contrainte en flexion :

$$\sigma_{max} = \frac{M_{f max}}{\left(\frac{I}{v}\right)}$$

$\sigma_{max}$  : Contrainte maximum (en Mpa)

$M_{f max}$  : Moment de flexion maxi (en N.mm)

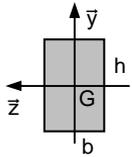
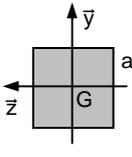
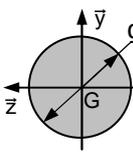
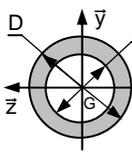
$I$  : Moment d'inertie (en mm<sup>4</sup>)

$v$  : Position de la fibre (de la poutre) la plus éloignée de l'axe neutre (en mm).

## Normes sur les flèches maximum des poutres d'ouvrages métalliques

Elément d'ouvrage	δ <sub>max</sub>
Toitures en général (accessible uniquement pour l'entretien)	L/200
Toitures normalement accessibles	L/250
Planchers en général (sans équipement particulier)	L/250
Planchers et toitures supportant des matériaux fragiles (cloisons en plâtre)	L/250
Planchers supportant des poteaux	L/400
Critère d'aspect du bâtiment	L/250

## Moments d'inertie de sections courantes

			
$I_{Gz} = \frac{bh^3}{12}$	$I_{Gz} = \frac{a^4}{12}$	$I_{Gz} = \frac{\pi d^4}{64}$	$I_{Gz} = \frac{\pi}{64} (D^4 - d^4)$

# ANNEXE 2

