Ce document a été mis en ligne par l'organisme FormaV©

Toute reproduction, représentation ou diffusion, même partielle, sans autorisation préalable, est strictement interdite.

Pour en savoir plus sur nos formations disponibles, veuillez visiter :
www.formav.co/explorer

# BREVET DE TECHNICIEN SUPÉRIEUR

## CONSTRUCTIONS METALLIQUES

## SESSION 2019

# E4 : ANALYSE ET CALCULS DE STRUCTURES

# U 41 Mécanique

**Le dossier technique d'étude est commun aux épreuves E4 et E5.**

## AUCUN DOCUMENT AUTORISE

**L'usage de tout modèle de calculatrice, avec ou sans mode examen, est autorisé.**

**Contenu du dossier**


| | |
|---|---|
| Travail demandé | Pages 2 à 4 |
| Document réponse DR1 | Page 5 à rendre obligatoirement |
| Document réponse DR2 | Page 6 à rendre obligatoirement |
| Tableau des intégrales de Mohr : Annexe1 | Page 7 |
| Caractéristiques IPE : Annexe 2 | Page 8 |


**Les documents réponses DR1 et DR2 sont à agrafer dans les copies de composition**

**Les 4 parties peuvent être traitées indépendamment**

**Une attention particulière sera portée :**

- **au repérage des questions ;**
- **aux soins apportés à la rédaction et aux schémas.**

**Barème indicatif**

| | | | |
|---|---|---|---|
| Question 1 : | 5 points | Question 2 : | 5 points |
| Question 3 : | 4 points | Question 4 : | 6 points |

| | | | |
|---|---|---|---|
| CODE ÉPREUVE : **CMMECA** | EXAMEN : **BREVET DE TECHNICIEN SUPÉRIEUR** | SPÉCIALITÉ : **Constructions Métalliques** | |
| **SESSION 2019** | **SUJET** | ***ÉPREUVE* : U41 Mécanique** | Calculatrice autorisée |
| Durée : 4h | Coefficient : 3 | | **Page : 1/8** |

Base Nationale des Sujets d'Examens de l'enseignement professionnel

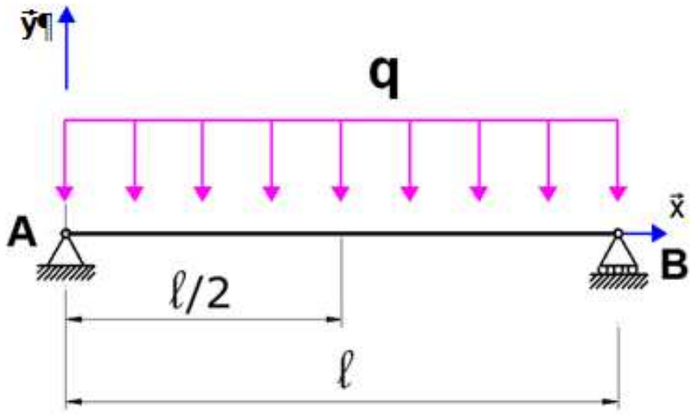
**Pour toute l'étude la qualité d'acier retenu sera S275 (sauf indications contraires)**

## QUESTION 1 : Etude d'une solive

***Les réponses à la question 1 pourront être rédigées numériquement ou littéralement.***

**Etude de prédimensionnement des solives de la partie bureau** :
On cherche à déterminer la valeur du moment quadratique nécessaire à l'ELU et ELS.

Pour le modèle mécanique de chargement à l'ELU, représenté ci-dessous, la charge **q** est égale à **1371** daN/m.




q = 1371 daN/m

$\ell$ = 5 m

E = 210 000 MPa

**Q 1.1 :** Déterminer les actions aux liaisons en A et B.

**Q 1.2 :** Représenter le diagramme de moment fléchissant.

**Q 1.3 :** Déterminer, en fonction du **module élastique $Wel_y$**, l'expression de la contrainte maximale de flexion.

En déduire, par application du critère de résistance élastique, la valeur minimale, en **$cm^3$**, **du module élastique $Wel_y$**.

Pour le modèle mécanique de chargement à l'ELS représenté ci-contre, la charge **q** est égale à **960** daN/m.

**Q 1.4 :** Représenter, en vous basant sur les résultats précédents, le diagramme du moment fléchissant.

**Q 1.5 :** Par application du théorème de la charge unité, déterminer l'expression en fonction du moment quadratique Iz de la flèche en milieu de poutre.

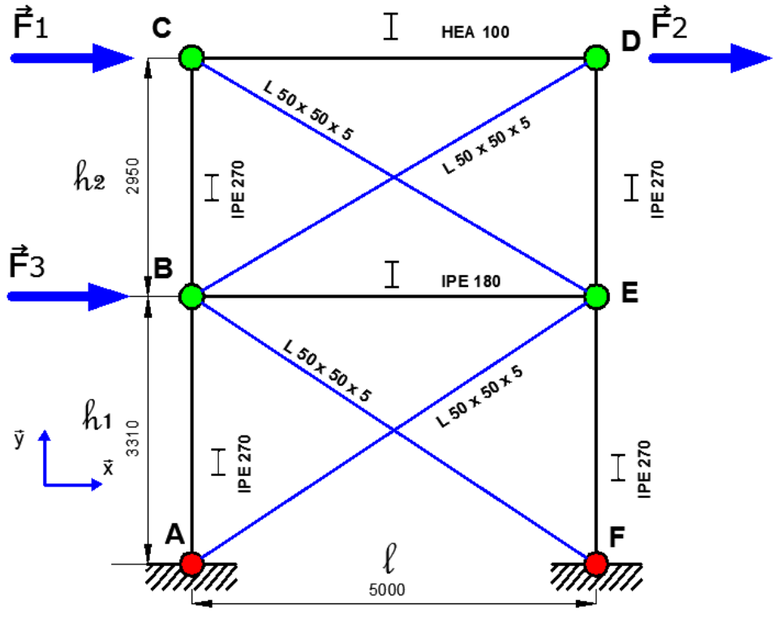
**Q 1.6 :** En déduire, pour une condition de flèche maximale ne pouvant excéder $\frac{L}{250}$, la valeur minimale, en $cm^4$, du moment quadratique **Iy**.

**Q 1.7 :** Un profil IPE repéré dans l'annexe 2 pourrait-il convenir ?

Base Nationale des Sujets d'Examens de l'enseignement professionnel

## QUESTION 2 : Etude d'une stabilité

La stabilité de la file C est modélisée par des croix de Saint-André pour les deux niveaux.




Stabilité File C

**figure 2-1**

Sous le chargement représenté, charges non pondérées.

Données géométriques :

$h_1$ = **3310 mm**

$h_2$ = **2950 mm**

$\ell$ = **5000 mm**

Section des poutres :

Diagonales en L 50 x 50 x 5 en S 275

*A = 4,8 cm²*

Poteaux en IPE 270 en S 275

*A = 45,95 cm²*

Traverse haute en HEA 100 en S 275

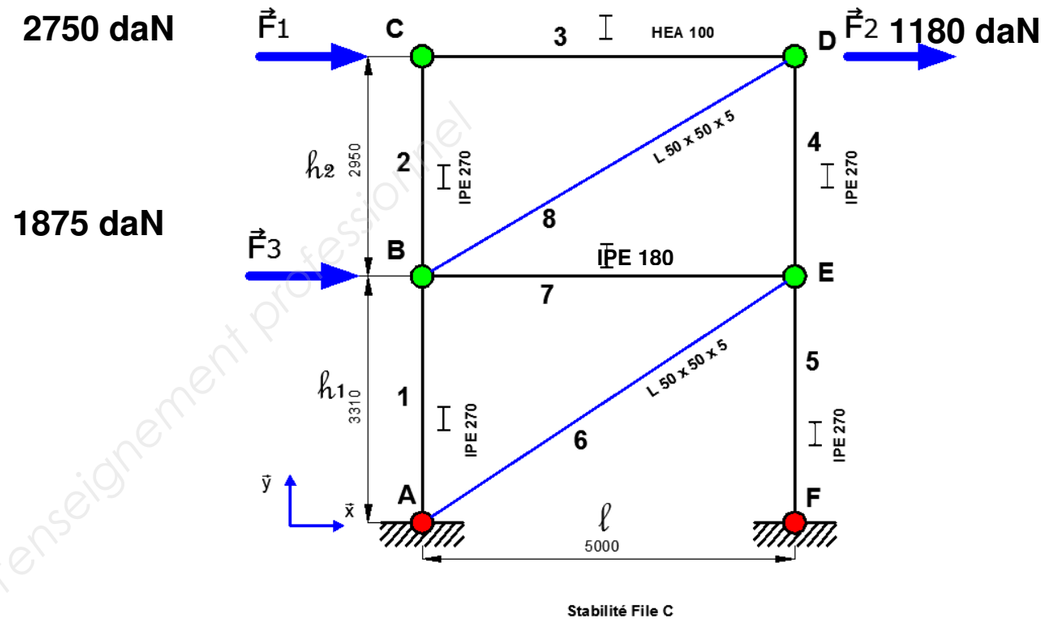
*A = 21,24 cm²*

Traverse centrale en IPE 180 en S 275

*A = 23,95 cm²*

**Q 2.1 :** Calculer le degré d'hyperstatisme de la structure **figure 2-1** (remarque : les diagonales ne sont pas liées en leur centre).

**Q 2.2 :** Justifier le choix du nouveau modèle mécanique adopté sur la figure 2-2 pour la détermination des efforts dans les barres.




Stabilité File C

**figure 2-2**

**Q 2.3 :** Calculer le degré d'hyperstatisme de la structure **figure 2-2.**

**Q 2.4 :** Rechercher les efforts normaux dans les barres.

Reporter les résultats dans le tableau du **document réponse DR 1.**

*Rappel : convention de signe :*

- ***compression < 0 ;***
- ***traction > 0***.

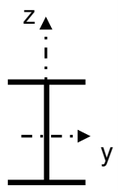
**Q 2.5 :** Calculer, par le théorème de la charge unitaire, le déplacement horizontal du point **C**, $\delta_{Cx}$ en complétant le **document réponse DR 1 et après avoir défini le système choisi.**

Base Nationale des Sujets d'Examens de l'enseignement professionnel

## QUESTION 3 : Étude des caractéristiques géométriques des poteaux du portique cadre file A entre les files 4 et 5

La stabilité du long-pan file A est assurée par un portique cadre dont le modèle mécanique est donné :

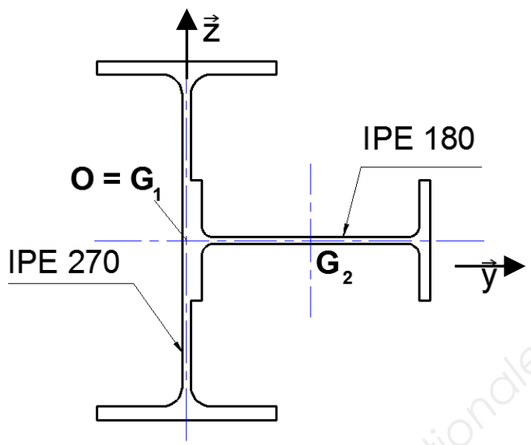
- les 2 poteaux sont en IPE 270 renforcé par un IPE 180 ;
- la traverse est en IPE220.




| *Désignation* | *Aire A* | *h* | *b* | *tw* | *tf* | $I_y$ | $I_z$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | *Dimensions indiquées Annexe 2* | | | | | | |
| | *cm²* | *mm* | *mm* | *mm* | *mm* | *cm⁴* | *cm⁴* |
| ***IPE 180*** | *23,95* | *180* | *91* | *5,3* | *8,0* | *1317* | *101* |
| ***IPE 220*** | *33.37* | *220* | *110* | *5,9* | *9,2* | *2271* | *205* |
| ***IPE 270*** | *45,95* | *270* | *135* | *6,6* | *10,2* | *5790* | *420* |

**Étude d'une section droite du poteau composé (IPE 270 + IPE 180)**

Le poteau composé du portique cadre est constitué d'un IPE 270 et d'un "contre-poteau" en IPE 180 (voir schéma ci-dessous).




**Les centres de gravité $G_1$ et $G_2$ des IPE** et les axes principaux sont représentés ci-dessus.

**Q 3.1 :** Calculer l'aire **A** de la section droite du **poteau composé**.

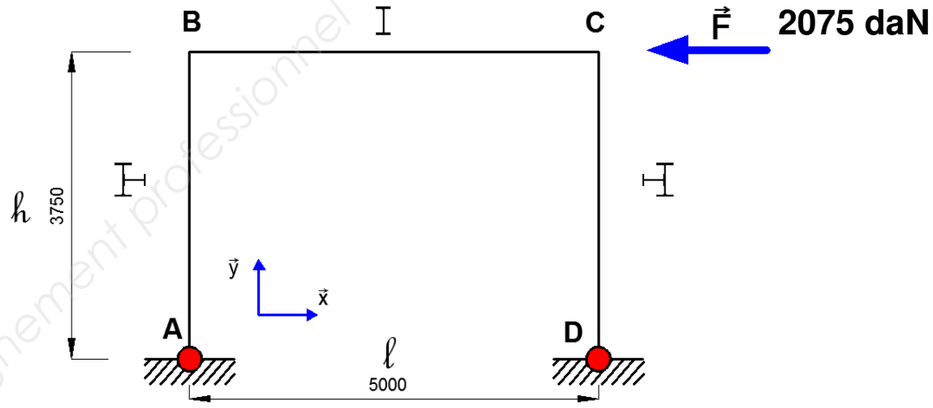
**Q 3.2 :** Calculer la position du centre de gravité **G** de ce **poteau composé**.

Tracer cette position sur le document DR 1.

**Q 3.3 :** Calculer son moment quadratique **IGz** par rapport à l'axe Gz.

## QUESTION 4 : Étude à l'ELS du portique cadre file A sous l'effet du vent

Pour cette question les inerties sont, pour le poteau **3107,5 cm⁴** et pour la traverse l'information est à rechercher dans le dossier technique puis dans l'annexe 2 de ce sujet.




**Méthode des forces**

**Q 4.1 :** Calculer le degré d'hyperstaticité de ce portique.

**Q 4.2 :** Tracer sur le document réponse DR2 la structure **Siso** en choisissant l'inconnue hyperstatique $X_D$.

**Q 4.3 :** Tracer sur le document réponse DR2 les deux structures **S0** et **S1.**

- **S0 structure isostatique sous chargement réel ;**
- **S1 structure isostatique sous chargement unitaire.**

**Q 4.4 :** Tracer les diagrammes des moments fléchissants **M0** et **M1** sur le document réponse DR 2

**Q 4.5** : Ecrire la condition de fermeture et calculer les coefficients d'influence à partir des intégrales de Mohr en Annexe 1.

**Q 4.6 :** Déterminer la valeur de l'inconnue hyperstatique $X_D$.

**Q 4.7 :** Calculer les autres inconnues de liaisons.

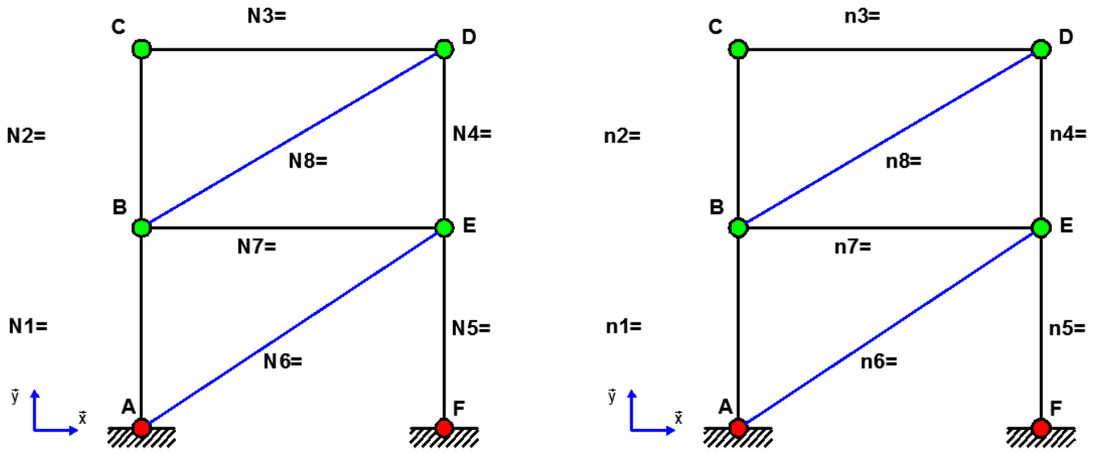
**Q 4.8 :** Tracer M le diagramme du moment fléchissant réel du portique sur le document réponse DR 2.

**Q 4.9 :** Calculer, par le théorème de la charge unitaire, le déplacement horizontal du point **B**, $\delta_{Bx}$.

Base Nationale des Sujets d'Examens de l'enseignement professionnel

# Document réponse DR 1 *A rendre avec la copie*

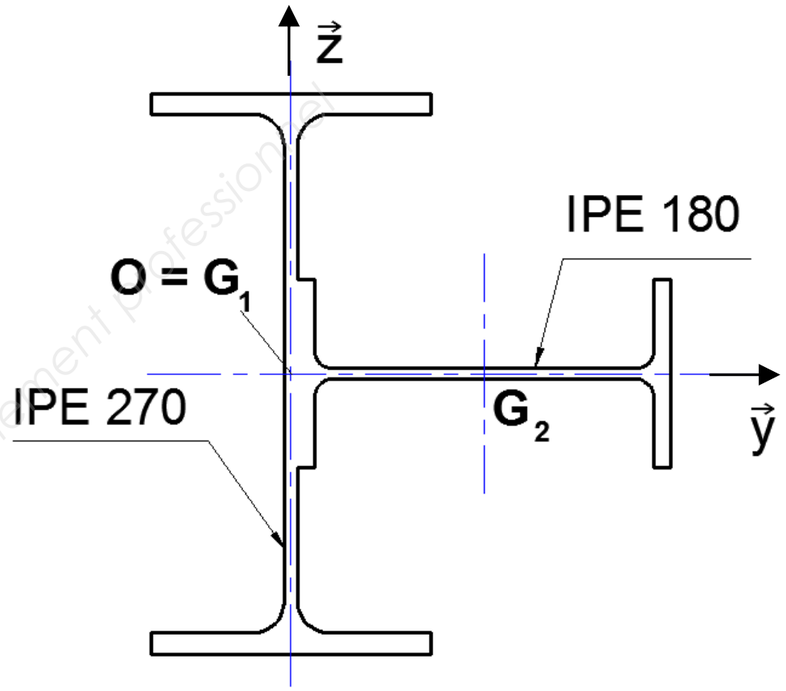
**Q 2.4 :** Rechercher les efforts normaux dans les barres.




| Barre | N<br>Efforts sous charges réelles(daN) | n<br>Efforts sous charge unitaire | L<br>Longueur de la barre (m) | A<br>Aire de la section (cm²) | $\frac{Nn}{E.A} \times L$ (mm) |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | | | | | |
| 2 | | | | | |
| 3 | | | | | |
| 4 | | | | | |
| 5 | | | | | |
| 6 | | | | | |
| 7 | | | | | |
| 8 | | | | | |
| | | *en mm* | | $\delta_{Cx}$ = | |

***Par convention : N> 0 barre en traction N< 0 barre en compression***

**Q 3.2 :** Calculer la position du centre de gravité **G** de ce **poteau composé**.
Tracer cette position sur le document DR 1.



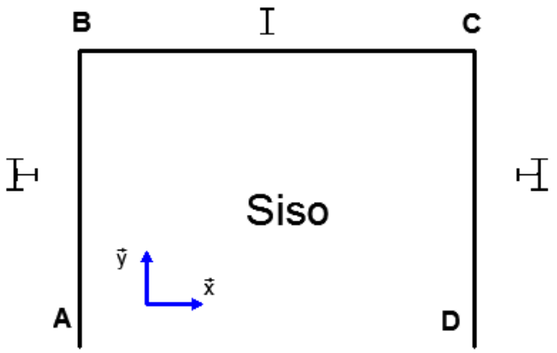

**N° candidat:**.....

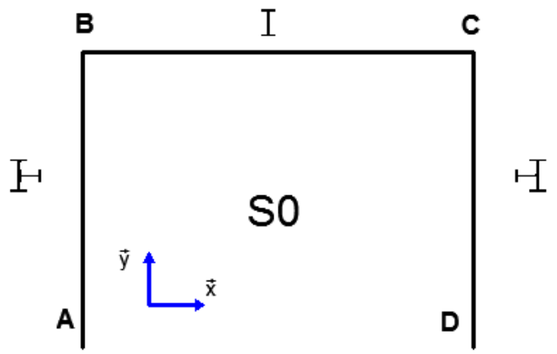
Base Nationale des sujets d'Examens de l'enseignement professionnel

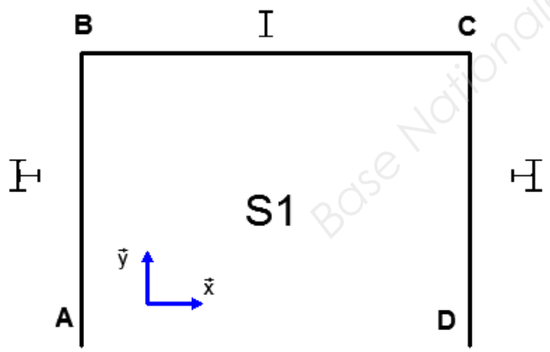
## Document réponse DR 2 *A rendre avec la copie*

**Q 4.2 et 4.3 :**

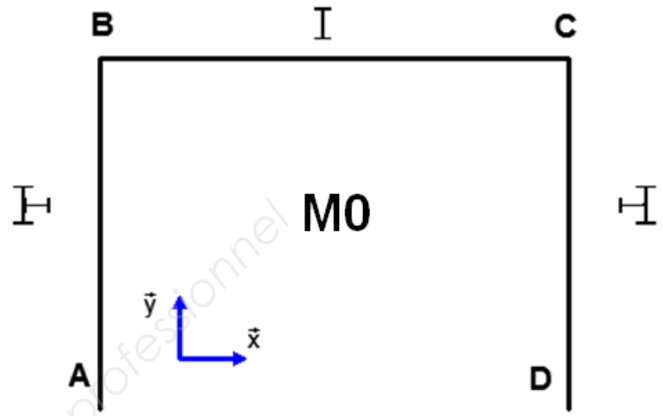
Compléter les figures ci-dessous (liaisons, chargement ...)

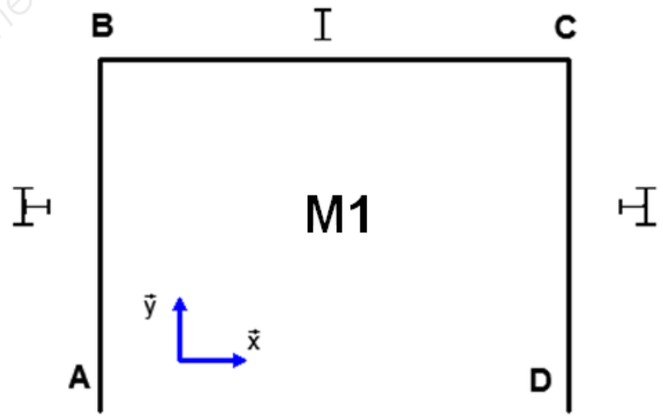


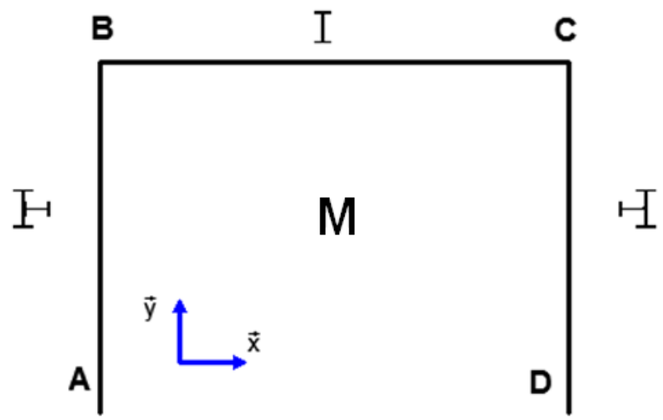




**Q 4.4 :** Tracer les diagrammes des moments fléchissants **M0** et **M1.**




**Q 4.8 :** Tracer M le diagramme du moment fléchissant réel du portique.

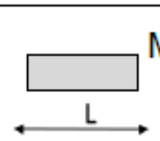
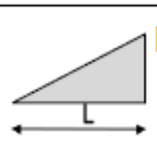
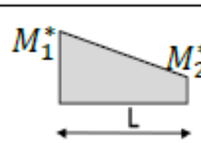
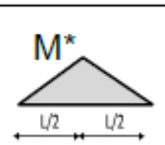
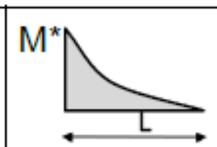
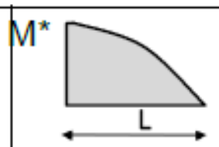
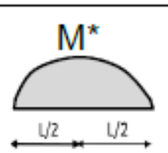
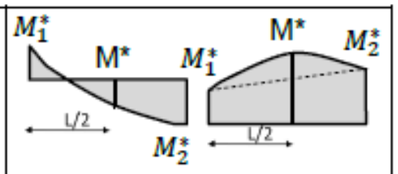
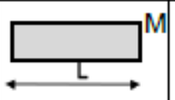
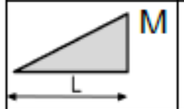
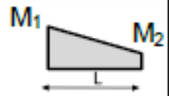
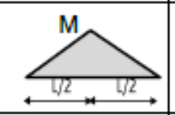
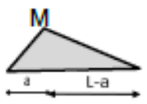
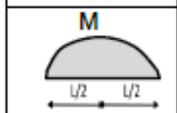
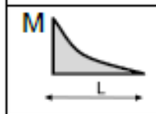
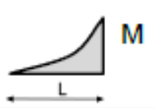
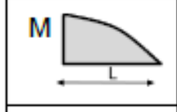
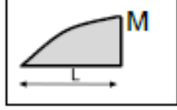



**N° candidat:**.....

Base Nationale des Sujets d'Examens de l'enseignement professionnel

# ANNEXE 1

## INTEGRALES DE MOHR

| |  |  |  |  |  |  |  |  |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
|  | $M.M^*.L$ | $M.M^*.\frac{L}{2}$ | $(M_1^* + M_2^*).M^*.\frac{L}{2}$ | $M.M^*.\frac{L}{2}$ | $M.M^*.\frac{L}{3}$ | $M.M^*.\frac{2L}{3}$ | $M.M^*.\frac{2L}{3}$ | $M.(M_1^* + 4M^* + M_2^*).\frac{L}{6}$ |
|  | $M.M^*.\frac{L}{2}$ | $M.M^*.\frac{L}{3}$ | $(M_1^* + 2M_2^*).M^*.\frac{L}{6}$ | $M.M^*.\frac{L}{4}$ | $M.M^*.\frac{L}{12}$ | $M.M^*.\frac{5L}{12}$ | $M.M^*.\frac{L}{3}$ | $M.(2M^* + M_2^*).\frac{L}{6}$ |
|  | $M.M^*.\frac{L}{2}$ | $M.M^*.\frac{L}{6}$ | $(2M_1^* + M_2^*).M.\frac{L}{6}$ | $M.M^*.\frac{L}{4}$ | $M.M^*.\frac{L}{4}$ | $M.M^*.\frac{L}{4}$ | $M.M^*.\frac{L}{3}$ | $M.(2M^* + M_1^*).\frac{L}{6}$ |
|  | $(M_1+M_2).M^*.\frac{L}{2}$ | $(M_1+2M_2).M^*.\frac{L}{6}$ | $[(2M_1 + M_2).M_1^* + (M_1 + 2M_2).M_2^*].\frac{L}{6}$ | $(M_1+M_2).M^*.\frac{L}{4}$ | $(3M_1+M_2).M^*.\frac{L}{12}$ | $(5M_1+3M_2).M^*.\frac{L}{12}$ | $(M_1+M_2).M^*.\frac{L}{3}$ | $(M_1.M_1^* + 4M.M^* + M_2.M_2^*).\frac{L}{6}$ |
|  | $M.M^*.\frac{L}{2}$ | $M.M^*.\frac{L}{4}$ | $(M_1^* + M_2^*).M^*.\frac{L}{4}$ | $M.M^*.\frac{L}{3}$ | $M.M^*.\frac{7L}{48}$ | $M.M^*.\frac{17L}{48}$ | $M.M^*.\frac{5L}{12}$ | $M.(M_1^* + 10M^* + M_2^*).\frac{L}{24}$ |
|  | $M.M^*.\frac{L}{2}$ | $M.M^*.\frac{L+a}{6}$ | $[(2L + a).M_1^* + (L + a).M_2^*].M.\frac{L}{6}$ | $a \le \frac{L}{2} \rightarrow M.M^*.\frac{3L^2 - 4a^2}{12(L-a)}$<br>$a \ge \frac{L}{2} \rightarrow M.M^*.\frac{3L^2 - 4(L-a)^2}{12a}$ | | | | |
|  | $M.M^*.\frac{2L}{3}$ | $M.M^*.\frac{L}{3}$ | $(M_1^* + M_2^*).M^*.\frac{L}{3}$ | $M.M^*.\frac{5L}{12}$ | $M.M^*.\frac{L}{5}$ | $M.M^*.\frac{7L}{15}$ | $M.M^*.\frac{8L}{15}$ | $M.[5.(M_1^* + M_2^*) + 8M^*].\frac{L}{15}$ |
|  | $M.M^*.\frac{L}{3}$ | $M.M^*.\frac{L}{12}$ | $(3M_1^* + M_2^*).M.\frac{L}{12}$ | $M.M^*.\frac{7L}{48}$ | $M.M^*.\frac{L}{5}$ | $M.M^*.\frac{3L}{10}$ | $M.M^*.\frac{L}{5}$ | $M.[5.(3M_1^* + M_2^*) + 12M^*].\frac{L}{60}$ |
|  | $M.M^*.\frac{L}{3}$ | $M.M^*.\frac{L}{4}$ | $(M_1^* + 3M_2^*).M.\frac{L}{12}$ | $M.M^*.\frac{7L}{48}$ | $M.M^*.\frac{L}{30}$ | $M.M^*.\frac{2L}{15}$ | $M.M^*.\frac{L}{5}$ | $M.[5.(M_1^* + 3M_2^*) + 12M^*].\frac{L}{60}$ |
|  | $M.M^*.\frac{2L}{3}$ | $M.M^*.\frac{L}{4}$ | $(5M_1^* + 3M_2^*).M.\frac{L}{12}$ | $M.M^*.\frac{17L}{48}$ | $M.M^*.\frac{3L}{10}$ | $M.M^*.\frac{8L}{15}$ | $M.M^*.\frac{7L}{15}$ | $M.(11M_1^* + M_2^* + 28M^*).\frac{L}{60}$ |
|  | $M.M^*.\frac{2L}{3}$ | $M.M^*.\frac{5L}{12}$ | $(3M_1^* + 5M_2^*).M.\frac{L}{12}$ | $M.M^*.\frac{17L}{48}$ | $M.M^*.\frac{2L}{15}$ | $M.M^*.\frac{11L}{30}$ | $M.M^*.\frac{7L}{15}$ | |

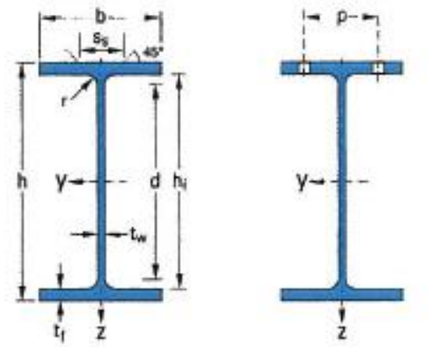
Base Nationale des Sujets d'Examens de l'enseignement professionnel

# ANNEXE 2

## IPE, IPE-A, IPE-O POUTRELLES I EUROPÉENNES

Normes de référence :

| | | |
|---|---|---|
| Dimensions : | IPE 80 - 600 | NF A 45-205 |
| | IPE 750 | hors normalisation NF |
| | IPE-A 80 - 600 | hors normalisation NF |
| | IPE-O 180 - 600 | hors normalisation NF |
| Tolérances : | | NF EN 10034 |




| Désignation | Masse | Dimensions | | | | | Aire | Dimensions de construction a) | | | | | Surface à peindre | | Valeurs statiques | | | | | | | | | | | Classification EN 1993-1-1 | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | Flexion pure y-y | | | Compression pure | | |
| | M | h | b | $t_w$ | $t_f$ | r | A | $h_i$ | d | Ø | $P_{min}$ | $P_{max}$ | $A_L$ | $A_M$ | $I_y$ | $W_{el.y}$ | $W_{pl.y}$ | $i_y$ | $A_{vz}$ | $I_z$ | $W_{el.z}$ | $W_{pl.z}$ | $i_z$ | $s_s$ | $I_t$ | $I_{w \times 10^{-3}}$ | S 235 | S 355 | S 460 | S 235 | S 355 | S 460 |
| | kg/m | mm | mm | mm | mm | mm | $cm^2$ | mm | mm | | mm | mm | $m^2/m$ | $m^2/t$ | $cm^4$ | $cm^3$ | $cm^3$ | cm | $cm^2$ | $cm^4$ | $cm^3$ | cm3 | cm | mm | $cm^4$ | $cm^6$ | | | | | | |
| IPE A 80 | 5,00 | 78 | 46 | 3,3 | 4,2 | 5 | 6,38 | 69,6 | 59,6 | - | - | - | 0,325 | 64,90 | 64,38 | 16,51 | 18,98 | 3,18 | 3,07 | 6,85 | 2,98 | 4,69 | 1,04 | 17,6 | 0,42 | 0,09 | 1 | 1 | - | 1 | 1 | - |
| IPE 80 | 6,00 | 80 | 46 | 3,8 | 5,2 | 5 | 7,64 | 69,6 | 59,6 | - | - | - | 0,328 | 54,64 | 80,14 | 20,03 | 23,22 | 3,24 | 3,58 | 8,48 | 3,69 | 5,82 | 1,05 | 21,1 | 0,70 | 0,12 | 1 | 1 | - | 1 | 1 | - |
| IPE A 100 | 6,89 | 98 | 55 | 3,6 | 4,7 | 7 | 8,78 | 88,6 | 74,6 | - | - | - | 0,397 | 57,57 | 141,2 | 28,81 | 32,98 | 4,01 | 4,44 | 13,12 | 4,77 | 7,54 | 1,22 | 21,20 | 0,77 | 0,28 | 1 | 1 | - | 1 | 1 | - |
| IPE 100 | 8,10 | 100 | 55 | 4,1 | 5,7 | 7 | 10,32 | 88,6 | 74,6 | - | - | - | 0,400 | 49,33 | 171,0 | 34,20 | 39,41 | 4,07 | 5,08 | 15,92 | 5,79 | 9,15 | 1,24 | 23,70 | 1,20 | 0,35 | 1 | 1 | - | 1 | 1 | - |
| IPE A 120 | 8,66 | 117,6 | 64 | 3,8 | 5,1 | 7 | 11,03 | 107,4 | 93,4 | - | - | - | 0,472 | 54,47 | 257,4 | 43,77 | 49,87 | 4,83 | 5,41 | 22,39 | 7,00 | 10,98 | 1,42 | 22,20 | 1,04 | 0,71 | 1 | 1 | - | 1 | 1 | - |
| IPE 120 | 10,4 | 120 | 64 | 4,4 | 6,3 | 7 | 13,21 | 107,4 | 93,4 | - | - | - | 0,475 | 45,82 | 317,8 | 52,96 | 60,73 | 4,90 | 6,31 | 27,67 | 8,65 | 13,58 | 1,45 | 25,20 | 1,74 | 0,89 | 1 | 1 | - | 1 | 1 | - |
| IPE A 140 | 10,5 | 137,4 | 73 | 3,8 | 5,6 | 7 | 13,39 | 126,2 | 112,2 | - | - | - | 0,547 | 52,05 | 434,9 | 63,30 | 71,60 | 5,70 | 6,21 | 36,42 | 9,98 | 15,52 | 1,65 | 23,20 | 1,36 | 1,58 | 1 | 1 | - | 1 | 2 | - |
| IPE 140 | 12,9 | 140 | 73 | 4,7 | 6,9 | 7 | 16,43 | 126,2 | 112,2 | - | - | - | 0,551 | 42,70 | 541,2 | 77,32 | 88,34 | 5,74 | 7,64 | 44,92 | 12,31 | 19,25 | 1,65 | 26,70 | 2,45 | 1,98 | 1 | 1 | - | 1 | 1 | - |
| IPE A 160 | 12,7 | 157 | 82 | 4,0 | 5,9 | 9 | 16,18 | 145,2 | 127,2 | - | - | - | 0,619 | 48,70 | 689,3 | 87,81 | 99,09 | 6,53 | 7,80 | 54,43 | 13,27 | 20,70 | 1,83 | 26,34 | 1,96 | 3,09 | 1 | 1 | - | 1 | 3 | - |
| IPE 160 | 15,8 | 160 | 82 | 5,0 | 7,4 | 9 | 20,09 | 145,2 | 127,2 | - | - | - | 0,623 | 39,47 | 869,3 | 108,7 | 123,9 | 6,58 | 9,66 | 68,31 | 16,66 | 26,10 | 1,84 | 30,34 | 3,60 | 3,96 | 1 | 1 | - | 1 | 1 | - |
| IPE A 180 | 15,4 | 177 | 91 | 4,3 | 6,5 | 9 | 19,58 | 164,0 | 146,0 | M10 | 48 | 48 | 0,694 | 45,15 | 1 063 | 120,1 | 135,3 | 7,37 | 9,20 | 81,89 | 18,00 | 27,96 | 2,05 | 27,84 | 2,70 | 5,93 | 1 | 1 | - | 2 | 3 | - |
| IPE 180 | 18,8 | 180 | 91 | 5,3 | 8,0 | 9 | 23,95 | 164,0 | 146,0 | M10 | 48 | 48 | 0,698 | 37,13 | 1 317 | 146,3 | 166,4 | 7,42 | 11,25 | 100,9 | 22,16 | 34,60 | 2,05 | 31,84 | 4,79 | 7,43 | 1 | 1 | - | 1 | 2 | - |
| IPE O 180 | 21,3 | 182 | 92 | 6,0 | 9,0 | 9 | 27,10 | 164,0 | 146,0 | M10 | 50 | 50 | 0,705 | 33,12 | 1 505 | 165,4 | 189,1 | 7,45 | 12,70 | 117,3 | 25,50 | 39,91 | 2,08 | 34,54 | 6,76 | 8,74 | 1 | 1 | - | 1 | 1 | - |
| IPE A 200 | 18,4 | 197 | 100 | 4,5 | 7,0 | 12 | 23,47 | 183,0 | 159,0 | M10 | 54 | 58 | 0,764 | 41,49 | 1 591 | 161,6 | 181,7 | 8,23 | 11,47 | 117,2 | 23,43 | 36,54 | 2,23 | 32,56 | 4,11 | 10,53 | 1 | 1 | - | 2 | 4 | - |
| IPE 200 | 22,4 | 200 | 100 | 5,6 | 8,5 | 12 | 28,48 | 183,0 | 159,0 | M10 | 54 | 58 | 0,768 | 34,36 | 1 943 | 194,3 | 220,6 | 8,26 | 14,00 | 142,4 | 28,47 | 44,61 | 2,24 | 36,66 | 6,98 | 12,99 | 1 | 1 | - | 1 | 2 | - |
| IPE O 200 | 25,1 | 202 | 102 | 6,2 | 9,5 | 12 | 31,96 | 183,0 | 159,0 | M10 | 56 | 60 | 0,779 | 31,05 | 2 211 | 218,9 | 249,4 | 8,32 | 15,45 | 168,9 | 33,11 | 51,89 | 2,30 | 39,26 | 9,45 | 15,57 | 1 | 1 | - | 1 | 1 | - |
| IPE A 220 | 22,2 | 217 | 110 | 5,0 | 7,7 | 12 | 28,26 | 201,6 | 177,6 | M12 | 60 | 62 | 0,843 | 38,02 | 2 317 | 213,5 | 240,2 | 9,05 | 13,55 | 171,4 | 31,17 | 48,49 | 2,46 | 34,46 | 5,69 | 18,71 | 1 | 1 | - | 2 | 4 | - |
| IPE 220 | 26,2 | 220 | 110 | 5,9 | 9,2 | 12 | 33,37 | 201,6 | 177,6 | M12 | 60 | 62 | 0,848 | 32,36 | 2 772 | 252,0 | 285,4 | 9,11 | 15,88 | 204,9 | 37,25 | 58,11 | 2,48 | 38,36 | 9,07 | 22,67 | 1 | 1 | - | 1 | 2 | - |
| IPE O 220 | 29,4 | 222 | 112 | 6,6 | 10,2 | 12 | 37,39 | 201,6 | 177,6 | M10 | 58 | 66 | 0,858 | 29,24 | 3 134 | 282,3 | 321,1 | 9,16 | 17,66 | 239,8 | 42,83 | 66,91 | 2,53 | 41,06 | 12,27 | 26,79 | 1 | 1 | - | 1 | 2 | - |
| IPE A 240 | 26,2 | 237 | 120 | 5,2 | 8,3 | 15 | 33,31 | 220,4 | 190,4 | M12 | 64 | 68 | 0,918 | 35,10 | 3 290 | 277,7 | 311,6 | 9,94 | 16,31 | 240,1 | 40,02 | 62,40 | 2,68 | 39,37 | 8,35 | 31,26 | 1 | 1 | - | 2 | 4 | - |
| IPE 240 | 30,7 | 240 | 120 | 6,2 | 9,8 | 15 | 39,12 | 220,4 | 190,4 | M12 | 66 | 68 | 0,922 | 30,02 | 3 892 | 324,3 | 366,6 | 9,97 | 19,14 | 283,6 | 47,27 | 73,92 | 2,69 | 43,37 | 12,88 | 37,39 | 1 | 1 | - | 1 | 2 | - |
| IPE O 240 | 34,3 | 242 | 122 | 7,0 | 10,8 | 15 | 43,71 | 220,4 | 190,4 | M12 | 66 | 70 | 0,932 | 27,17 | 4 369 | 361,1 | 410,3 | 10,00 | 21,36 | 328,5 | 53,86 | 84,40 | 2,74 | 46,17 | 17,18 | 43,68 | 1 | 1 | - | 1 | 2 | - |
| IPE A 270 | 30,7 | 267 | 135 | 5,5 | 8,7 | 15 | 39,15 | 249,6 | 219,6 | M16 | 70 | 72 | 1,037 | 33,75 | 4 917 | 368,3 | 412,5 | 11,21 | 18,75 | 358,0 | 53,03 | 82,34 | 3,02 | 40,47 | 10,30 | 59,51 | 1 | 1 | - | 3 | 4 | - |
| IPE 270 | 36,1 | 270 | 135 | 6,6 | 10,2 | 15 | 45,95 | 249,6 | 219,6 | M16 | 72 | 72 | 1,041 | 28,86 | 5 790 | 428,9 | 484,0 | 11,23 | 22,14 | 419,9 | 62,20 | 96,95 | 3,02 | 44,57 | 15,94 | 70,58 | 1 | 1 | - | 2 | 3 | - |
| IPE O 270 | 42,3 | 274 | 136 | 7,5 | 12,2 | 15 | 53,84 | 249,6 | 219,6 | M16 | 72 | 72 | 1,051 | 24,88 | 6 947 | 507,1 | 574,6 | 11,36 | 25,23 | 513,5 | 75,51 | 117,7 | 3,09 | 49,47 | 24,90 | 87,64 | 1 | 1 | - | 1 | 2 | - |
| IPE A 300 | 36,5 | 297 | 150 | 6,1 | 9,2 | 15 | 46,53 | 278,6 | 248,6 | M16 | 72 | 86 | 1,156 | 31,65 | 7 173 | 483,1 | 541,8 | 12,42 | 22,25 | 519,0 | 69,20 | 107,3 | 3,34 | 42,07 | 13,43 | 107,2 | 1 | 2 | - | 3 | 4 | - |
| IPE 300 | 42,2 | 300 | 150 | 7,1 | 10,7 | 15 | 53,81 | 278,6 | 248,6 | M16 | 72 | 86 | 1,160 | 27,46 | 8 356 | 557,1 | 628,4 | 12,46 | 25,68 | 603,8 | 80,50 | 125,2 | 3,35 | 46,07 | 20,12 | 125,9 | 1 | 1 | - | 2 | 4 | - |
| IPE O 300 | 49,3 | 304 | 152 | 8,0 | 12,7 | 15 | 62,83 | 278,6 | 248,6 | M16 | 74 | 88 | 1,174 | 23,81 | 9 994 | 657,5 | 743,8 | 12,61 | 29,05 | 745,7 | 98,12 | 152,6 | 3,45 | 50,97 | 31,06 | 157,7 | 1 | 1 | - | 1 | 3 | - |
| IPE A 330 | 43,0 | 327 | 160 | 6,5 | 10,0 | 18 | 54,74 | 307,0 | 271,0 | M16 | 78 | 96 | 1,250 | 29,09 | 10 230 | 625,7 | 701,9 | 13,67 | 26,99 | 685,2 | 85,64 | 133,3 | 3,54 | 47,59 | 19,57 | 171,5 | 1 | 1 | - | 3 | 4 | - |
| IPE 330 | 49,1 | 330 | 160 | 7,5 | 11,5 | 18 | 62,61 | 307,0 | 271,0 | M16 | 78 | 96 | 1,254 | 25,52 | 11 770 | 713,1 | 804,3 | 13,71 | 30,81 | 788,1 | 98,52 | 153,7 | 3,55 | 51,59 | 28,15 | 199,1 | 1 | 1 | - | 2 | 4 | - |
| IPE O 330 | 57,0 | 334 | 162 | 8,5 | 13,5 | 18 | 72,62 | 307,0 | 271,0 | M16 | 80 | 98 | 1,268 | 22,24 | 13 910 | 833,0 | 942,8 | 13,84 | 34,88 | 960,4 | 118,6 | 185,0 | 3,64 | 56,59 | 42,15 | 245,7 | 1 | 1 | - | 1 | 3 | - |

Support de cours réservé à un usage strictement professionnel

Copyright © 2026 FormaV. Tous droits réservés.

Ce document a été élaboré par FormaV© avec le plus grand soin afin d'accompagner chaque apprenant vers la réussite de ses examens. Son contenu (textes, graphiques, méthodologies, tableaux, exercices, concepts, mises en forme) constitue une œuvre protégée par le droit d'auteur.

Toute copie, partage, reproduction, diffusion ou mise à disposition, même partielle, gratuite ou payante, est strictement interdite sans accord préalable et écrit de FormaV©, conformément aux articles L.111-1 et suivants du Code de la propriété intellectuelle. Dans une logique anti-plagiat, FormaV© se réserve le droit de vérifier toute utilisation illicite, y compris sur les plateformes en ligne ou sites tiers.

En utilisant ce document, vous vous engagez à respecter ces règles et à préserver l'intégrité du travail fourni. La consultation de ce document est strictement personnelle.

Merci de respecter le travail accompli afin de permettre la création continue de ressources pédagogiques fiables et accessibles.

Copyright © 2026 FormaV. Tous droits réservés.

Ce document a été élaboré par FormaV© avec le plus grand soin afin d'accompagner chaque apprenant vers la réussite de ses examens. Son contenu (textes, graphiques, méthodologies, tableaux, exercices, concepts, mises en forme) constitue une œuvre protégée par le droit d'auteur.

Toute copie, partage, reproduction, diffusion ou mise à disposition, même partielle, gratuite ou payante, est strictement interdite sans accord préalable et écrit de FormaV©, conformément aux articles L.111-1 et suivants du Code de la propriété intellectuelle. Dans une logique anti-plagiat, FormaV© se réserve le droit de vérifier toute utilisation illicite, y compris sur les plateformes en ligne ou sites tiers.

En utilisant ce document, vous vous engagez à respecter ces règles et à préserver l'intégrité du travail fourni. La consultation de ce document est strictement personnelle.

Merci de respecter le travail accompli afin de permettre la création continue de ressources pédagogiques fiables et accessibles.