

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 agraffer 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

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

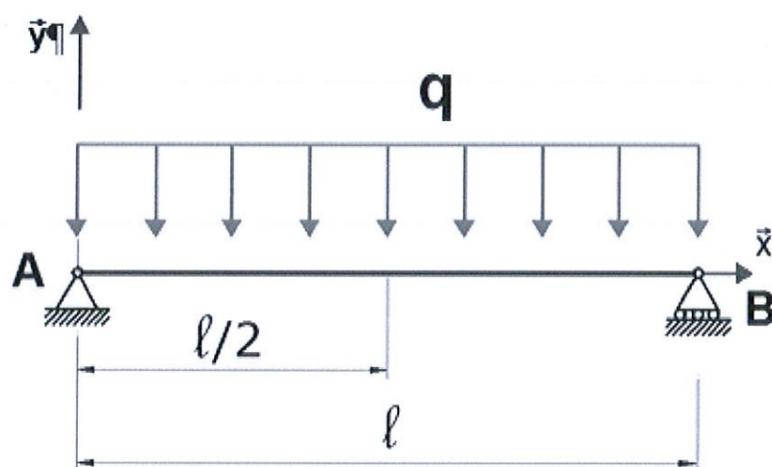
QUESTION 1 : Etude d'une solive

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.



$$q = 1371 \text{ daN/m}$$

$$l = 5 \text{ m}$$

$$E = 210\,000 \text{ MPa}$$

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 W_{ely}** , 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 W_{ely}** .

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.

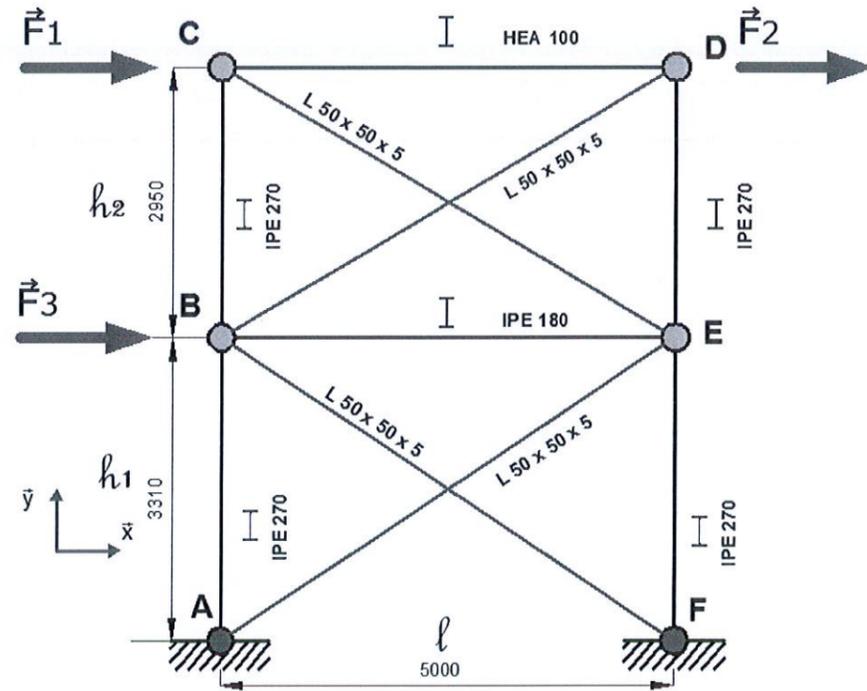
Q 1.5 : Par application du théorème de la charge unité, déterminer l'expression en fonction du moment quadratique I_z de la flèche en milieu de poutre.

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 I_y .

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

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 :

$$h_1 = 3310 \text{ mm}$$

$$h_2 = 2950 \text{ mm}$$

$$l = 5000 \text{ mm}$$

Section des poutres :

Diagonales en L 50 x 50 x 5 en S 275

$$A = 4,8 \text{ cm}^2$$

Poteaux en IPE 270 en S 275

$$A = 45,95 \text{ cm}^2$$

Traverse haute en HEA 100 en S 275

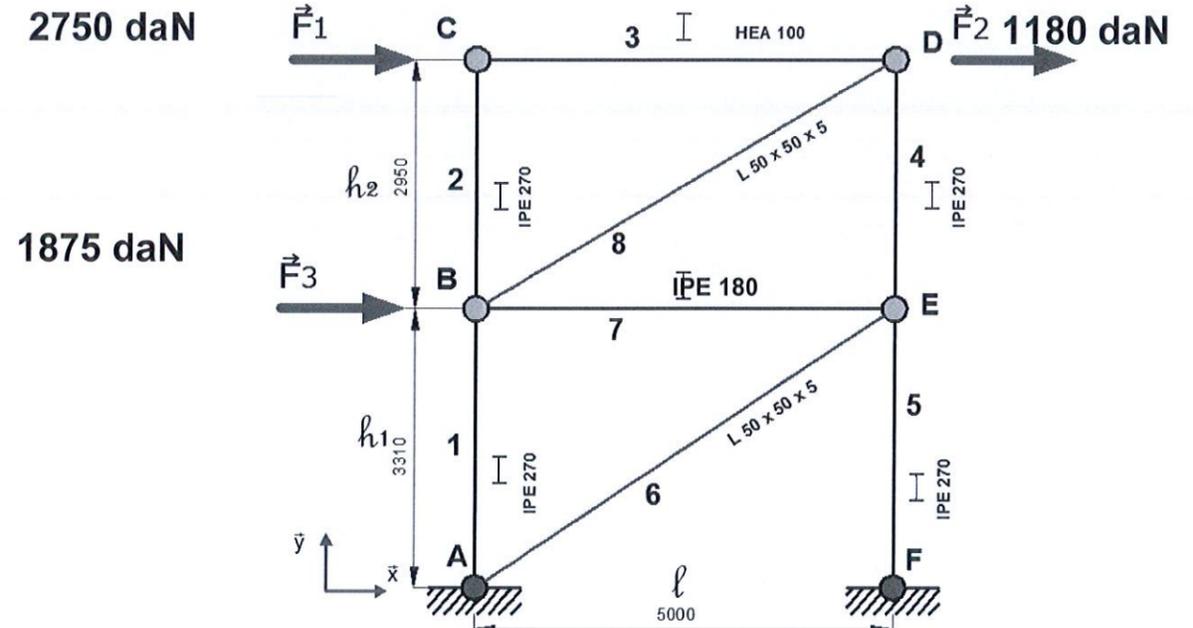
$$A = 21,24 \text{ cm}^2$$

Traverse centrale en IPE 180 en S 275

$$A = 23,95 \text{ cm}^2$$

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, δ_{Cx} en complétant le **document réponse DR 1** et après avoir défini le **système choisi**.

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 :

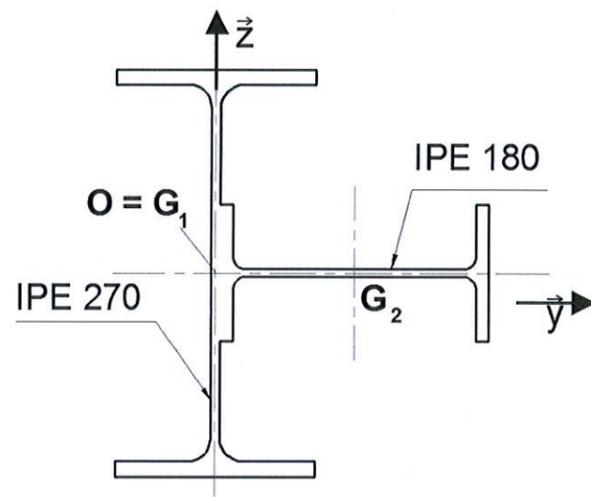
- les 2 poteaux sont en IPE 270 renforcé par un IPE 180 ;
- la traverse est en IPE220.



Désignation	Aire A	h	b	tw	tf	I_y	I_z
	cm^2	mm	mm	mm	mm	cm^4	cm^4
<i>Dimensions indiquées Annexe 2</i>							
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.

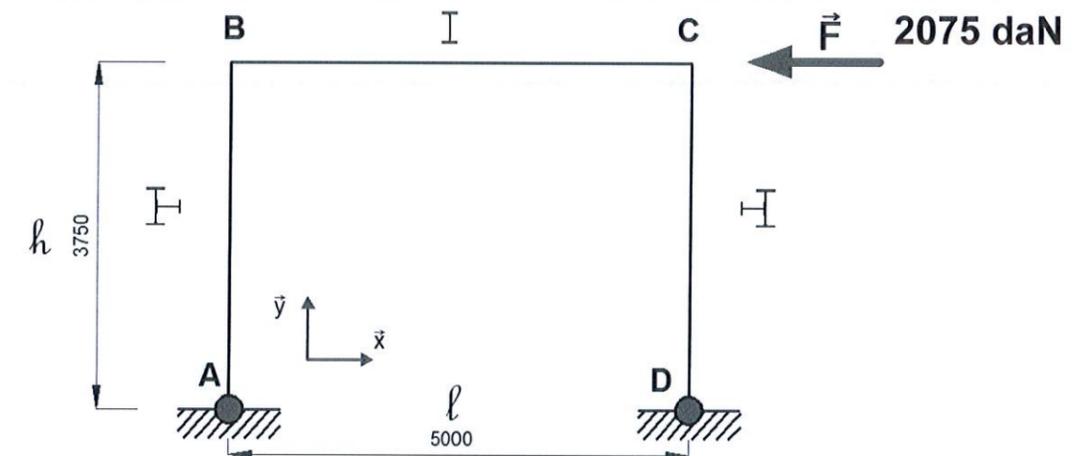
Q 3.2 : Calculer la position du centre de gravité G de ce poteau composé.

Tracer cette position sur le document DR 1.

Q 3.3 : Calculer son moment quadratique IG_z 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 $3107,5 \text{ cm}^4$ 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.

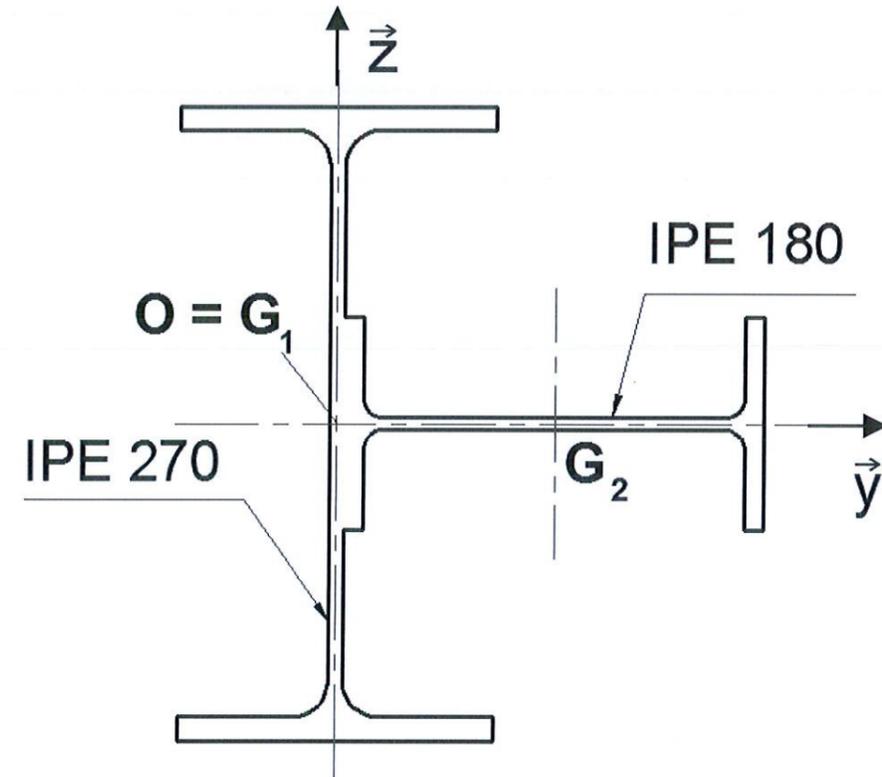
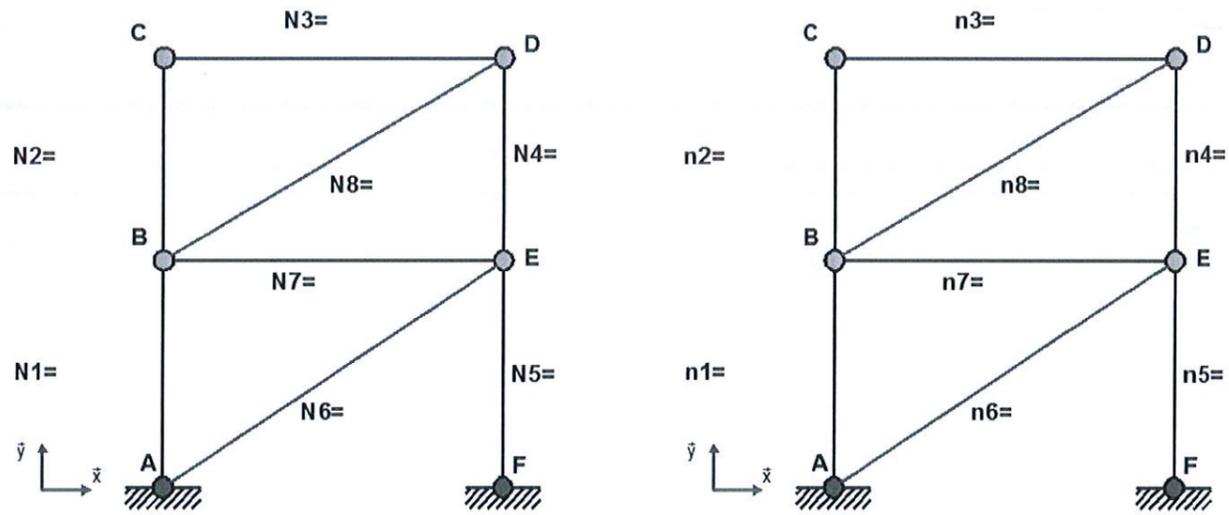
Q 4.8 : Tracer M le diagramme du moment fléchissant réel du portique sur le document réponse DR 2.

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

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

Tracer cette position sur le document DR 1.

Q 2.4 : Rechercher les efforts normaux dans les barres.



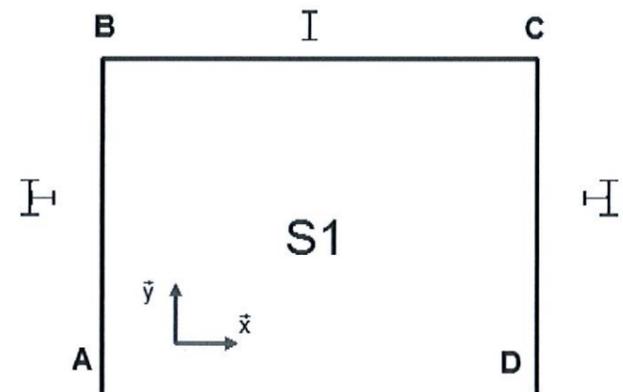
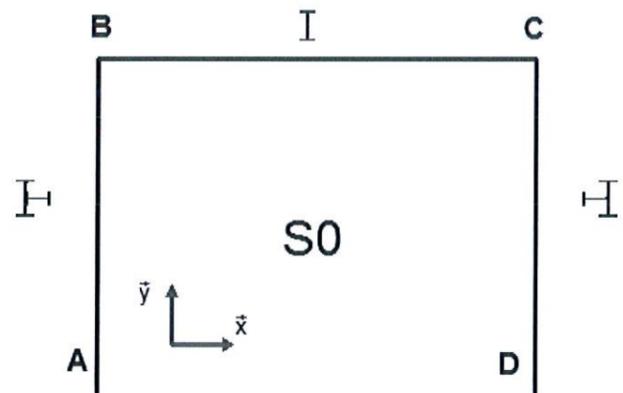
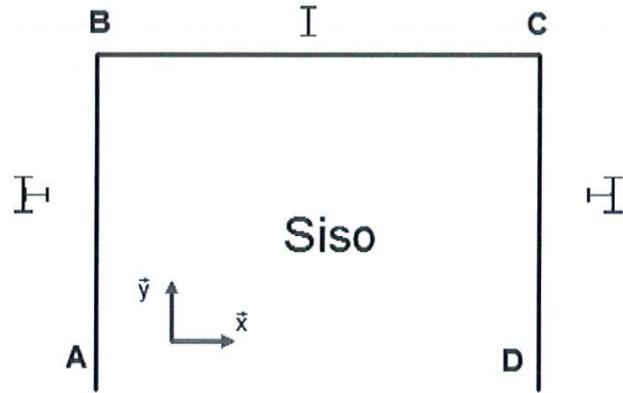
Barre	N Efforts sous charges réelles (daN)	n Efforts sous charge unitaire	L Longueur de la barre (m)	A Aire de la section (cm ²)	$\frac{Nn}{E.A} \times L$ (mm)
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
en mm					$\delta_{Cx} =$

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

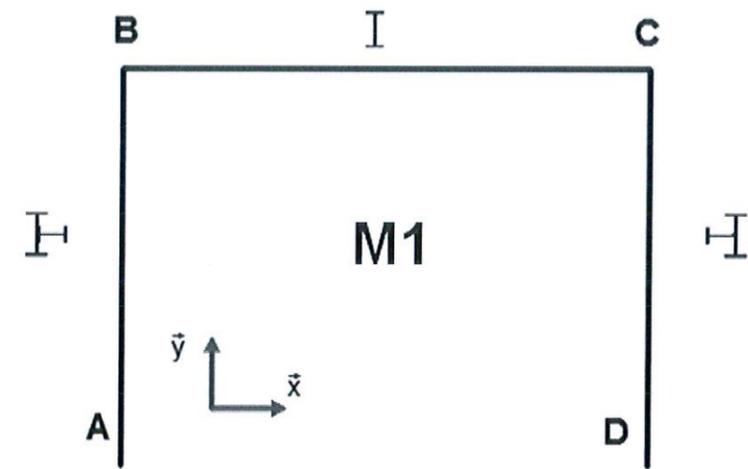
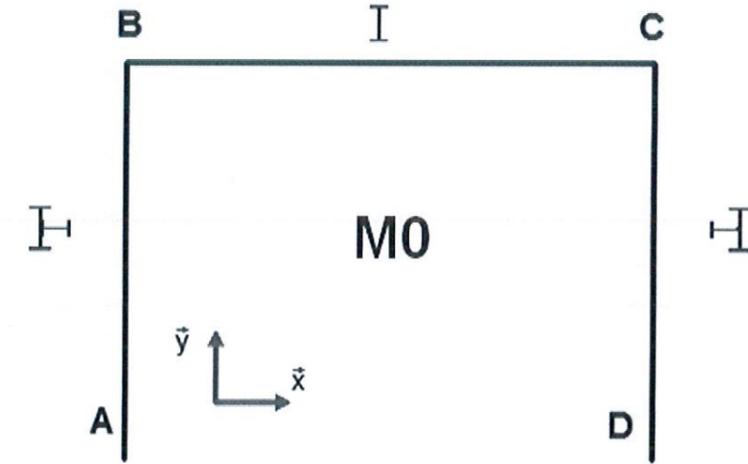
N° candidat:.....

Q 4.2 et 4.3 :

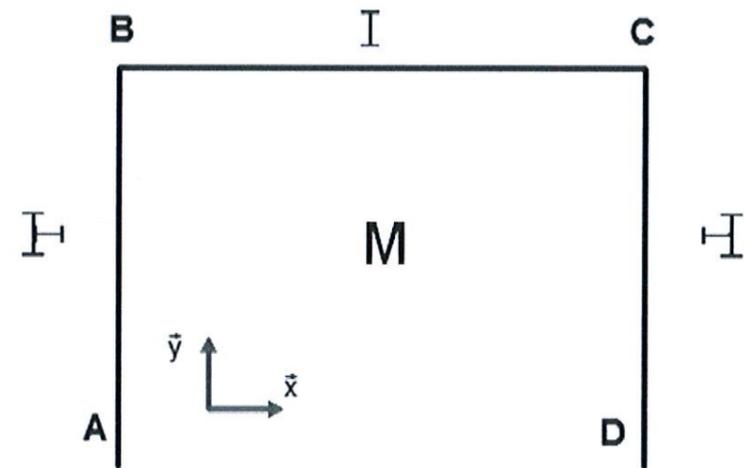
Compléter les figures ci-dessous (liaisons, chargement ...)



Q 4.4 : Tracer les diagrammes des moments fléchissants M_0 et M_1 .



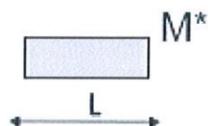
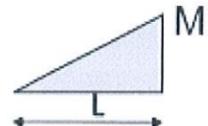
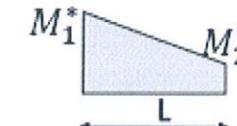
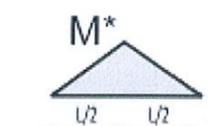
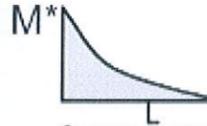
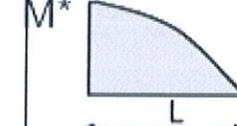
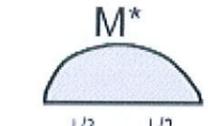
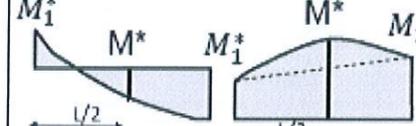
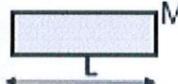
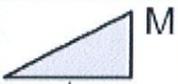
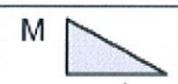
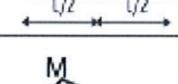
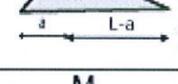
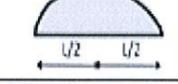
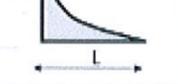
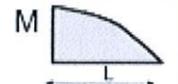
Q 4.8 : Tracer M le diagramme du moment fléchissant réel du portique.



N° candidat:.....

ANNEXE 1

INTEGRALES DE MOHR

								
	$M.M^*.L$	$M.M^*.\frac{L}{2}$	$(M_1^* + M_2^*).M^*.\frac{L}{2}$	$M.M^*.\frac{L}{2}$	$M.M^*.\frac{L}{3}$	$M.M^*.\frac{2L}{3}$	$M.M^*.\frac{2L}{3}$	$M.(M_1^* + 4M^* + M_2^*).\frac{L}{6}$
	$M.M^*.\frac{L}{2}$	$M.M^*.\frac{L}{3}$	$(M_1^* + 2M_2^*).\frac{L}{6}$	$M.M^*.\frac{L}{4}$	$M.M^*.\frac{L}{12}$	$M.M^*.\frac{5L}{12}$	$M.M^*.\frac{L}{3}$	$M.(2M^* + M_2^*).\frac{L}{6}$
	$M.M^*.\frac{L}{2}$	$M.M^*.\frac{L}{6}$	$(2M_1^* + M_2^*).\frac{L}{6}$	$M.M^*.\frac{L}{4}$	$M.M^*.\frac{L}{4}$	$M.M^*.\frac{L}{4}$	$M.M^*.\frac{L}{3}$	$M.(2M^* + M_1^*).\frac{L}{6}$
	$(M_1 + M_2).M^*.\frac{L}{2}$	$(M_1 + 2M_2).M^*.\frac{L}{6}$	$[(2M_1 + M_2).M_1^* + (M_1 + 2M_2).M_2^*].\frac{L}{6}$	$(M_1 + M_2).M^*.\frac{L}{4}$	$(3M_1 + M_2).M^*.\frac{L}{12}$	$(5M_1 + 3M_2).M^*.\frac{L}{12}$	$(M_1 + M_2).M^*.\frac{L}{3}$	$(M_1.M_1^* + 4M.M^* + M_2.M_2^*).\frac{L}{6}$
	$M.M^*.\frac{L}{2}$	$M.M^*.\frac{L}{4}$	$(M_1^* + M_2^*).\frac{L}{4}$	$M.M^*.\frac{L}{3}$	$M.M^*.\frac{7L}{48}$	$M.M^*.\frac{17L}{48}$	$M.M^*.\frac{5L}{12}$	$M.(M_1^* + 10M^* + M_2^*).\frac{L}{24}$
	$M.M^*.\frac{L}{2}$	$M.M^*.\frac{L+a}{6}$	$[(2L+a).M_1^* + (L+a).M_2^*].\frac{L}{6}$	$\begin{matrix} a \leq \frac{L}{2} \rightarrow M.M^*.\frac{3L^2 - 4a^2}{12(L-a)} \\ a \geq \frac{L}{2} \\ \rightarrow M.M^*.\frac{3L^2 - 4(L-a)^2}{12a} \end{matrix}$				
	$M.M^*.\frac{2L}{3}$	$M.M^*.\frac{L}{3}$	$(M_1^* + M_2^*).\frac{L}{3}$	$M.M^*.\frac{5L}{12}$	$M.M^*.\frac{L}{5}$	$M.M^*.\frac{7L}{15}$	$M.M^*.\frac{8L}{15}$	$M.[5.(M_1^* + M_2^*) + 8M^*].\frac{L}{15}$
	$M.M^*.\frac{L}{3}$	$M.M^*.\frac{L}{12}$	$(3M_1^* + M_2^*).\frac{L}{12}$	$M.M^*.\frac{7L}{48}$	$M.M^*.\frac{L}{5}$	$M.M^*.\frac{3L}{10}$	$M.M^*.\frac{L}{5}$	$M.[5.(3M_1^* + M_2^*) + 12M^*].\frac{L}{60}$
	$M.M^*.\frac{L}{3}$	$M.M^*.\frac{L}{4}$	$(M_1^* + 3M_2^*).\frac{L}{12}$	$M.M^*.\frac{7L}{48}$	$M.M^*.\frac{L}{30}$	$M.M^*.\frac{2L}{15}$	$M.M^*.\frac{L}{5}$	$M.[5.(M_1^* + 3M_2^*) + 12M^*].\frac{L}{60}$
	$M.M^*.\frac{2L}{3}$	$M.M^*.\frac{L}{4}$	$(5M_1^* + 3M_2^*).\frac{L}{12}$	$M.M^*.\frac{17L}{48}$	$M.M^*.\frac{3L}{10}$	$M.M^*.\frac{8L}{15}$	$M.M^*.\frac{7L}{15}$	$M.(11M_1^* + M_2^* + 28M^*).\frac{L}{60}$
	$M.M^*.\frac{2L}{3}$	$M.M^*.\frac{5L}{12}$	$(3M_1^* + 5M_2^*).\frac{L}{12}$	$M.M^*.\frac{17L}{48}$	$M.M^*.\frac{2L}{15}$	$M.M^*.\frac{11L}{30}$	$M.M^*.\frac{7L}{15}$	

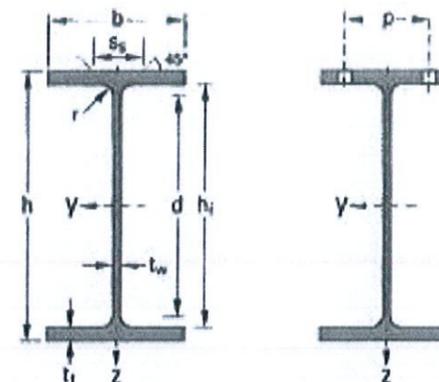
IPE, IPE-A, IPE-O POUTRELLES I EUROPÉENNES

ANNEXE 2

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 M kg/m	Dimensions					Aire A cm ²	Dimensions de construction a)					Surface à peindre		Valeurs statiques										Classification EN 1993-1-1							
		h mm	b mm	t _w mm	t _f mm	r mm		h _i mm	d mm	Ø	P _{min} mm	P _{max} mm	A _L m ² /m	A _M m ² /t	I _y cm ⁴	W _{el,y} cm ³	W _{pl,y} cm ³	I _y cm	A _{vz} cm ²	I _z cm ⁴	W _{el,z} cm ³	W _{pl,z} cm ³	I _z cm	s _s mm	I _t cm ⁴	I _w × 10 ⁻³ cm ⁶	Flexion pure y-y			Compression pure		
																											S235	S275	S355	S460	S235	S275
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	287	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	885,2	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	-