

E4 : ANALYSE ET CALCUL DES STRUCTURES

Durée : 8 heures

Coefficient : 6

Sous-épreuve : MÉCANIQUE

(unité U41)

Durée : 4 heures

Coefficient : 3

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

AUCUN DOCUMENT AUTORISÉ
CALCULATRICE AUTORISÉE

CONTENU DU DOSSIER :

- Sujet : 6 pages
- Annexe : Tableau des intégrales de MOHR 1 page

BAREME :

- PARTIE 1 : 7 points
- PARTIE 2 : 6 points
- PARTIE 3 : 7 points

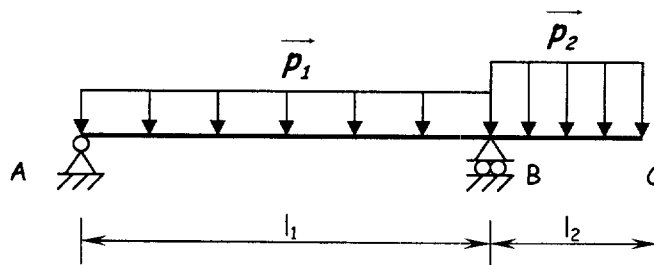
TOUTES LES PARTIES PEUVENT ÊTRE TRAITÉES SÉPARÉMENT.

Hypothèses :

Les déplacements sont infiniment petits et n'influencent pas sur la distribution des efforts.
Les matériaux ont un comportement élastique linéaire.
Le poids propre est négligé devant les charges appliquées.
Les matériaux ont un module de Young $E=210000\text{MPa}$.

PARTIE 1 : Potelet sur pignon

On étudie dans cette partie un potelet de pignon constitué d'un IPE 160 (module élastique par rapport à l'axe fort $W_{el,y}=108,66\text{cm}^3$ et moment quadratique par rapport à l'axe fort $I_{yy}=869,29\text{cm}^4$), défini sur la figure ci-dessous.



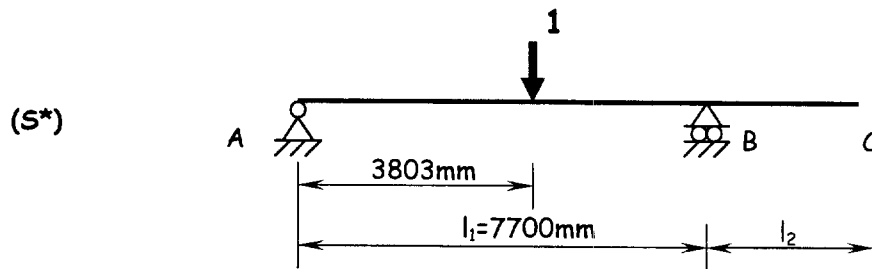
- 1.1) Déterminez le degré d'hyperstaticité de la structure.
- 1.2) Montrez que les inconnues de liaisons en A et B ont pour expressions

$$R_A = \frac{p_1 l_1}{2} - \frac{p_2 l_2^2}{2l_1}$$

$$R_B = \frac{p_1 l_1}{2} + p_2 l_2 \left(1 + \frac{l_2}{2l_1} \right)$$

- 1.3) Pour les valeurs de l_1 , l_2 , p_1 et p_2 , définies ci-après, calculez R_A et R_B .
 $l_1 = 7,70\text{m}$
 $l_2 = 1,30\text{m}$
 $p_1 = 240\text{ daN/ml (charge pondérée)}$
 $p_2 = 285\text{ daN/ml (charge pondérée)}$
- 1.4) Pour les valeurs précédentes, tracez les diagrammes V_y et M_z en précisant les valeurs particulières.
- 1.5) Déterminez la contrainte normale de flexion maximale pour $x = 3720\text{mm}$.
- 1.6) En appliquant le principe de la charge unité, calculez la flèche maximale. Vous vous aiderez du système (S^*) ci-après.
On vous donne les charges non pondérées :
 $p_1 = 160\text{ daN/ml (charge non pondérée)}$
 $p_2 = 190\text{ daN/ml (charge non pondérée)}$

Vérifiez que la flèche est bien inférieure au 200^{ième} de la portée.

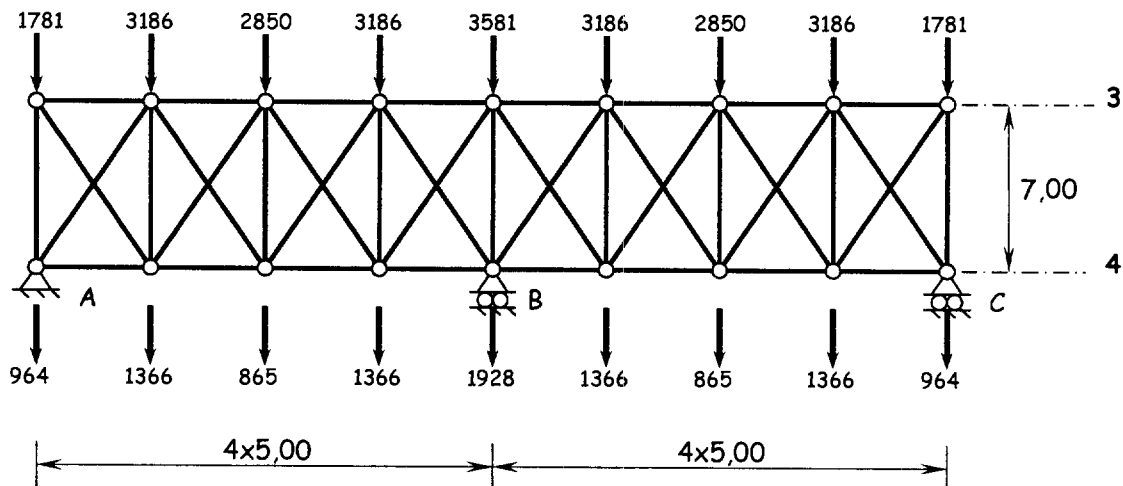


PARTIE 2 : Poutre au vent

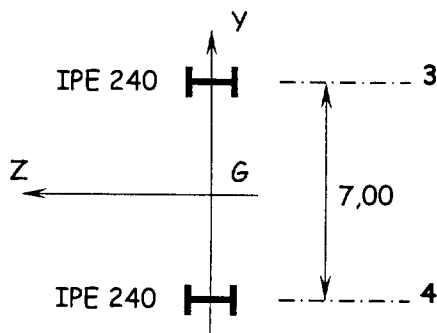
On étudie dans cette partie la poutre au vent située sur les axes 3 et 4.

Les membrures supérieures et inférieures sont réalisées en IPE 240, les pannes sont des IPN 120 et les diagonales sont des tubes 50x50x5.

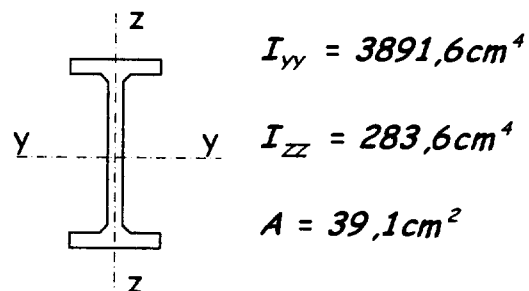
La modélisation est donnée ci-dessous. Les efforts sont donnés en daN.



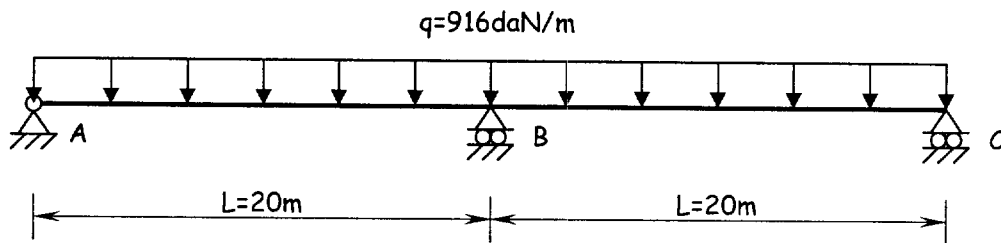
- 2.1) Déterminez le degré d'hyperstaticité de la structure.
- 2.2) Calculez le moment quadratique I_{Gz} de la poutre au vent. Pour cela, on vous donne la section de la poutre au vent représentée ci-dessous.



Caractéristiques d'un IPE 240



- 2.3) Le chargement de la poutre au vent peut être ramené à une charge uniformément répartie de 916 daN/ml.
On modélise la poutre par la structure suivante.



Avec la méthode des rotations, justifier la valeur $\omega_B = 0$ et déterminer la valeur du moment fléchissant en B.

Equations intrinsèques

$M_{ij} = m_{ij}^{\circ} + (4EI_{\theta Z}/L) \cdot \omega_i + (2EI_{\theta Z}/L) \cdot \omega_j$ $M_{ji} = m_{ji}^{\circ} + (2EI_{\theta Z}/L) \cdot \omega_i + (4EI_{\theta Z}/L) \cdot \omega_j$	
--	--

$M_{ij} = 0$ $M_{ji} = m_{ji}^{\circ} + (3EI_{\theta Z}/L) \cdot \omega_j$	
---	--

$M_{ij} = m_{ij}^{\circ} + (3EI_{\theta Z}/L) \cdot \omega_i$ $M_{ji} = 0$	
---	--

Formulaire

	$m_{ij}^{\circ} = qL^2/12$	$m_{ji}^{\circ} = -qL^2/12$
	$m_{ij}^{\circ} = FL/8$	$m_{ji}^{\circ} = -FL/8$
	$m_{ij}^{\circ} = Fab^2/L$	$m_{ji}^{\circ} = -Fba^2/L$
	$m_{ij}^{\circ} = qL^2/8$	$m_{ji}^{\circ} = 0$
	$m_{ij}^{\circ} = 0$	$m_{ji}^{\circ} = -qL^2/8$

Avec :

M_{ij} : moment du nœud i sur la barre (ij)

M_{ji} : moments du nœud j sur la barre (ij)

m_{ij}^0 , m_{ji}^0 : moments des nœuds i et j sur la barre (ij) chargée et isolée.

ω_i : rotation d'extrémité de la barre en i

ω_j : rotation d'extrémité de la barre en j

2.4) Rechercher les valeurs des réactions aux appuis.

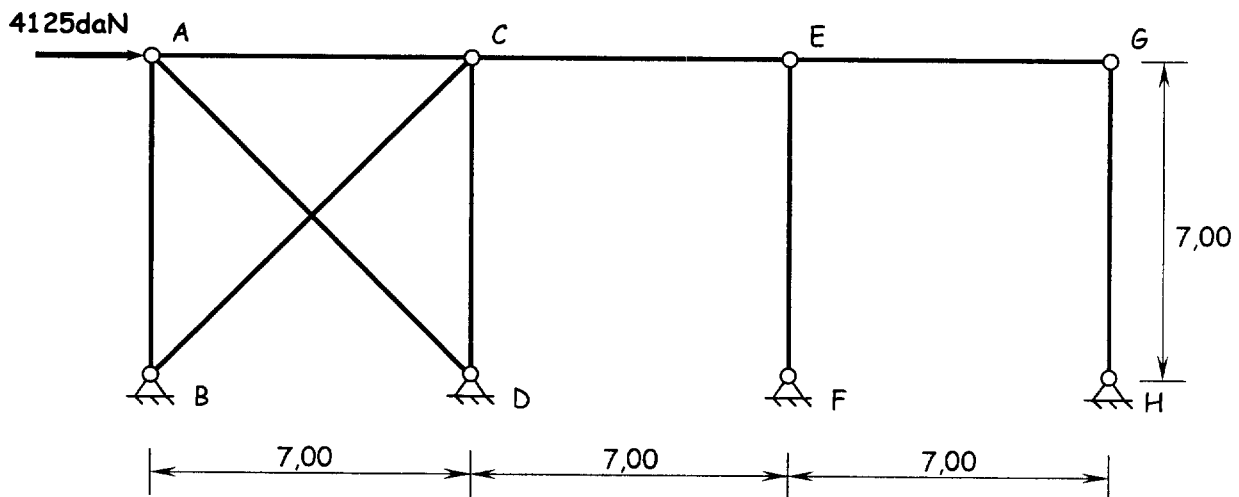
2.5) Calculez la flèche de la poutre au vent pour $x=L/2$, pour la charge uniformément répartie $q = 916 \text{ daN/m}^2$, sachant que la flèche à pour expression :

$$y\left(\frac{L}{2}\right) = -\frac{qL^4}{192EI_{GZ}}$$

PARTIE 3 : Stabilité de long pan

On étudie dans cette partie la stabilité du long pan sur la file I.

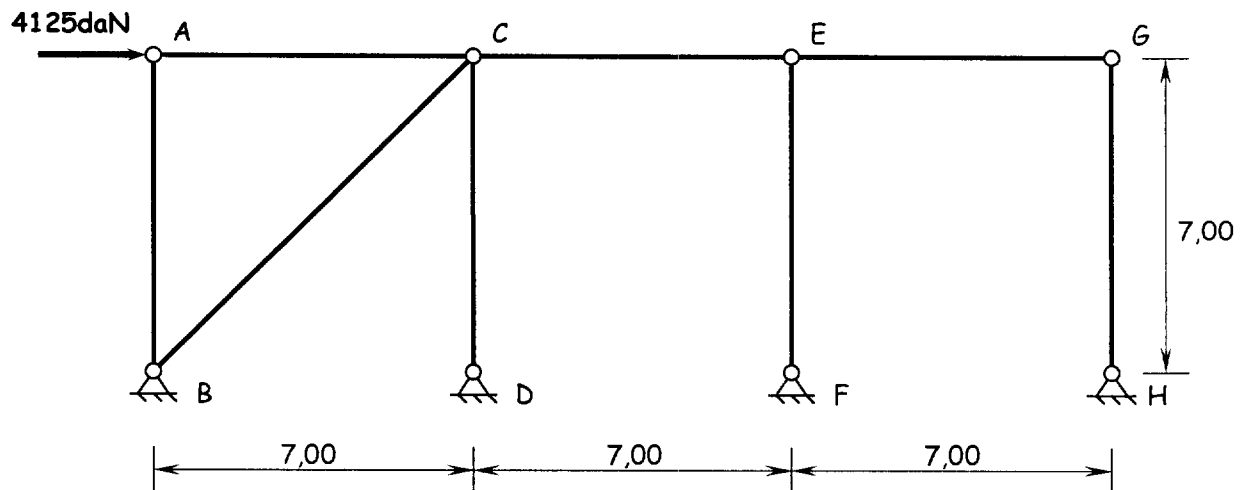
Les poteaux (AB, CD, EF et GH) sont constitués de IPE 270 de section $45,9 \text{ cm}^2$, les butons (AC, CE et EG) sont constitués de IPN 120 de section $14,2 \text{ cm}^2$, et la croix de Saint-André (AD et BD) est composée de cornière $50 \times 50 \times 5$ de section $4,8 \text{ cm}^2$.



3.1) Déterminez le degré d'hyperstaticité de la structure.

3.2) En appliquant la méthode des forces, déterminez les sollicitations dans toutes les barres de la structure.

- 3.3) La barre AD étant soumise à de la compression est instable, on décide de ne pas en tenir compte dans le calcul des sollicitations de la structure. Déterminez par la méthode de votre choix, les sollicitations dans toutes les barres. Tracez alors le diagramme de $N(x)$ dans la nouvelle structure définie ci-dessous.



- 3.4) Calculer la composante horizontale du déplacement de A par le théorème de la charge unité.

ANNEXE

Intégrales de MOHR : $\frac{1}{\ell} \int_0^{\ell} f(x)g(x)dx$

à multiplier par $\frac{\ell}{EI}$ pour M_x , $\frac{\ell}{EA}$ pour N , $\frac{\ell}{GA_s}$ pour V ou $\frac{\ell}{GJ}$ pour M_t

avec : ℓ = longueur du tronçon d'intégration

$\alpha = a/\ell$ et $\beta = b/\ell$

$\begin{matrix} f(x) \\ \backslash \\ g(x) \end{matrix}$						
	fg	$\frac{1}{2}fg$	$\frac{1}{2}fg$	$\frac{1}{2}(f_1 + f_2)g$	$\frac{1}{2}fg$	$\frac{1}{2}fg$
	$\frac{1}{2}fg$	$\frac{1}{3}fg$	$\frac{1}{6}fg$	$\frac{1}{6}(f_1 + 2f_2)g$	$\frac{1}{4}fg$	$\frac{1}{6}fg(1 + \alpha)$
	$\frac{1}{2}fg$	$\frac{1}{6}fg$	$\frac{1}{3}fg$	$\frac{1}{6}(2f_1 + f_2)g$	$\frac{1}{4}fg$	$\frac{1}{6}fg(1 + \beta)$
	$\frac{1}{2}f(g_1 + g_2)$	$\frac{1}{6}f(g_1 + 2g_2)$	$\frac{1}{6}f(2g_1 + g_2)$	$\frac{1}{6}(2f_1g_1 + 2f_2g_2 + f_1g_2 + f_2g_1)$	$\frac{1}{4}f(g_1 + g_2)$	$\frac{1}{6}f[g_1(1 + \beta) + g_2(1 + \alpha)]$
	$\frac{1}{2}fg$	$\frac{1}{4}fg$	$\frac{1}{4}fg$	$\frac{1}{4}(f_1 + f_2)g$	$\frac{1}{3}fg$	$\frac{1}{12}fg(3 - 4\alpha^2)/\beta$
	$\frac{1}{2}fg$	$\frac{1}{6}fg(1 + \alpha)$	$\frac{1}{6}fg(1 + \beta)$	$\frac{1}{6}[f_1(1 + \beta) + f_2(1 + \alpha)]g$	$\frac{1}{12}fg(3 - 4\alpha^2)/\beta$	$\frac{1}{3}fg$
	$\frac{2}{3}fg$	$\frac{1}{3}fg$	$\frac{1}{3}fg$	$\frac{1}{3}(f_1 + f_2)g$	$\frac{5}{12}fg$	$\frac{1}{3}fg(1 + \alpha\beta)$
	$\frac{2}{3}fg$	$\frac{1}{4}fg$	$\frac{5}{12}fg$	$\frac{1}{12}(5f_1 + 3f_2)g$	$\frac{17}{48}fg$	$\frac{1}{12}fg(5 - \alpha - \alpha^2)$
	$\frac{2}{3}fg$	$\frac{5}{12}fg$	$\frac{1}{4}fg$	$\frac{1}{12}(3f_1 + 5f_2)g$	$\frac{17}{48}fg$	$\frac{1}{12}fg(5 - \beta - \beta^2)$
	$\frac{1}{3}fg$	$\frac{1}{12}fg$	$\frac{1}{4}fg$	$\frac{1}{12}(3f_1 + f_2)g$	$\frac{7}{48}fg$	$\frac{1}{12}fg(1 + \beta + \beta^2)$
	$\frac{1}{3}fg$	$\frac{1}{4}fg$	$\frac{5}{12}fg$	$\frac{1}{12}(f_1 + 3f_2)g$	$\frac{7}{48}fg$	$\frac{1}{12}fg(1 + \alpha + \alpha^2)$
	$\frac{1}{6}f(3g_1 + 3g_2 + 4g_0)$	$\frac{1}{6}f(g_1 + 2g_2 + 2g_0)$	$\frac{1}{6}f(2g_1 + g_2 + 2g_0)$	$\frac{f_1}{6}(2g_1 + g_2 + 2g_0) + \frac{f_2}{6}(g_1 + 2g_2 + 2g_0)$	$\frac{1}{4}f(g_1 + g_2 + \frac{5}{3}g_0)$	$\frac{1}{6}f[g_1(1 + \beta) + g_2(1 + \alpha) + 2g_0(1 + \alpha\beta)]$

Nota : f, f_1, f_2, g, g_0, g_1 et g_2 sont à prendre en valeur algébrique.

BTS Constructions Métalliques

Dossier technique commun aux épreuves U41, U42, U51 et U52

Ce dossier comporte 6 pages.

Documents autorisés :

- Catalogues de profilés (OTUA, ARBED etc . . .). Les formulaires de calcul des caractéristiques géométriques intégrés aux catalogues sont autorisés.
- Mémotech structures métalliques (éditions Casteilla)
- Normes françaises
- Normes européennes
- Calculatrice

Utilisation des documents réponses. Le candidat veillera à ne pas simplement donner les résultats demandés sur les documents réponse, il devra détailler la démarche sur sa copie ou sur le document réponse s'il y a lieu.

1 Présentation

Le bâtiment objet de l'étude est représenté en perspective figure 1 page 3. La vue en plan est donnée figure 2 page 4. Les élévations des longs pans figure 3 page 5 et des pignons figure 4 page 6.

Attention : seuls les plans en projection font foi, la perspective est donnée à titre indicatif.

2 Matériaux

Acier pour les profils et les tôles, sauf indications complémentaires : acier de construction laminé à chaud.

- norme *EN 10025 – 2*
- nuance *S275*
- module de Young : $E = 210\,000\text{ Mpa}$
- module de Young transversal : $G = 81\,000\text{ Mpa}$.

Boulons.

- ordinaires : *HM* ϕ 12 6.8 → liaisons cornières/gousset
- *HR* : *HM* ϕ 16 10.9 → liaisons par platine d'about

3 Situation géographique

Montrejeau (31 : Haute Garonne), altitude 468 m terrain horizontal, classe de rugosité IIIa.

4 Ossature

Tous les éléments sont articulés en pied.

4.1 Portique courant

Files 2 à 5 : poteaux *IPE* 270, traverses *IPE* 240 avec jarret 1/2 *IPE* 240 longueur 2 m.

Liaison poteau traverse et traverse traverse : encastrement par platine d'extrémité et boulons *HR*.

4.2 Portique de pignon

Files 1 et 6 : poteau *IPE* 160, ramasse pannes *UPE* 160.

Toutes les liaisons sont des articulations.

4.3 Contreventements

Cornières : $50 \times 50 \times 5$.

Goussets : épaisseur 6 mm

5 Bardage et couverture

Pannes et lisses : *IPN* 120 posés sur 2 appuis.

Bac : simple peau de marque "Haironville" type "3 333 39 T".

FIG. 1 – Perspectives

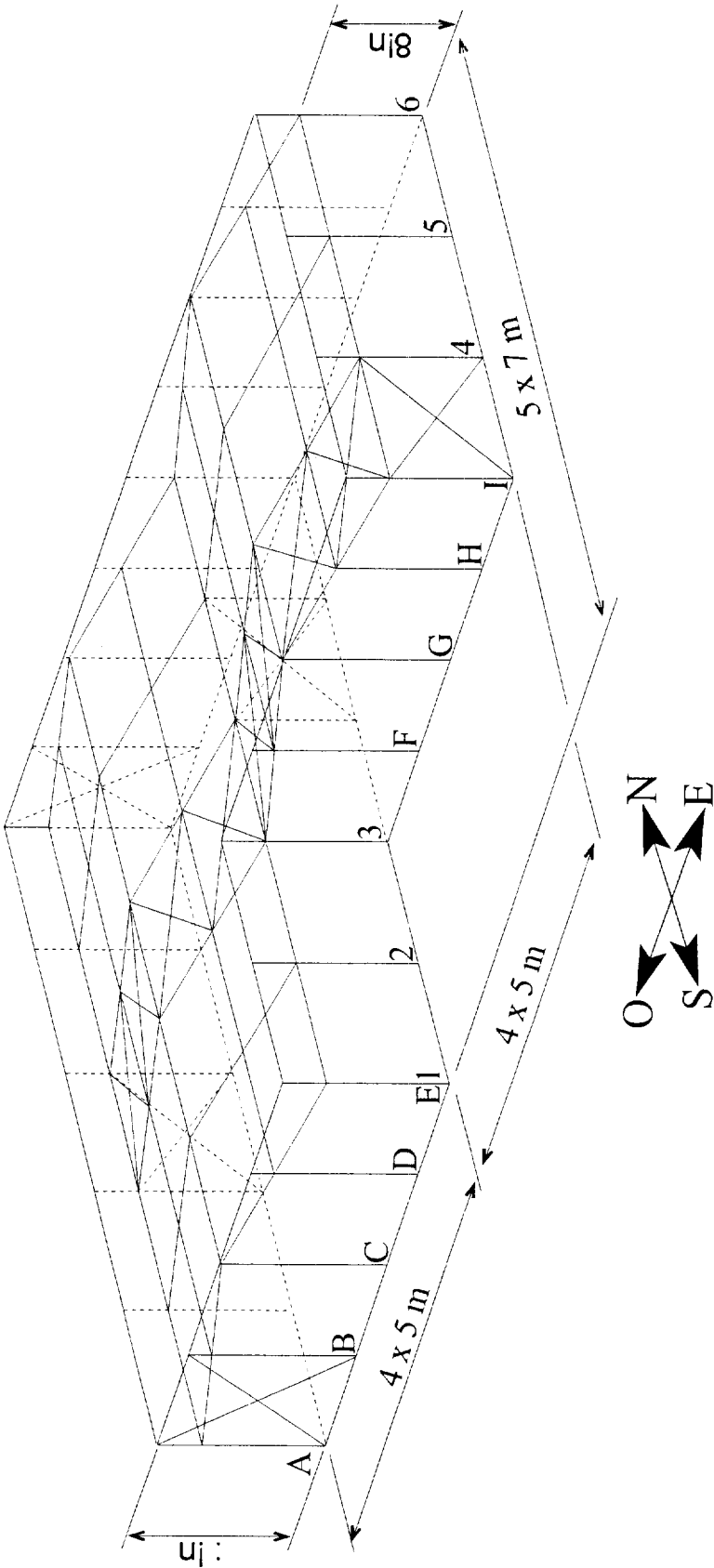


FIG. 2 – Vue en plan

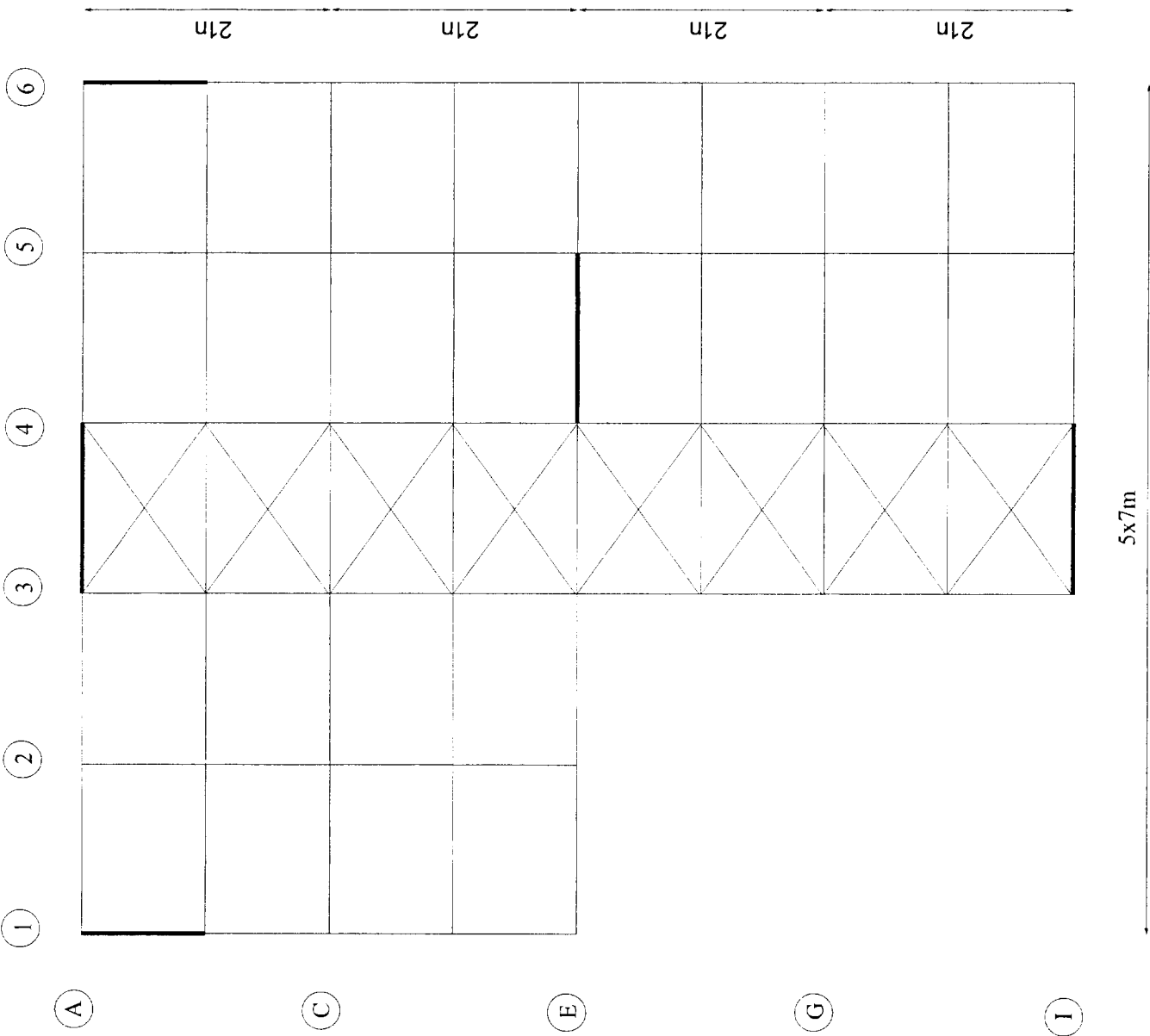


FIG. 3 – Longs pans

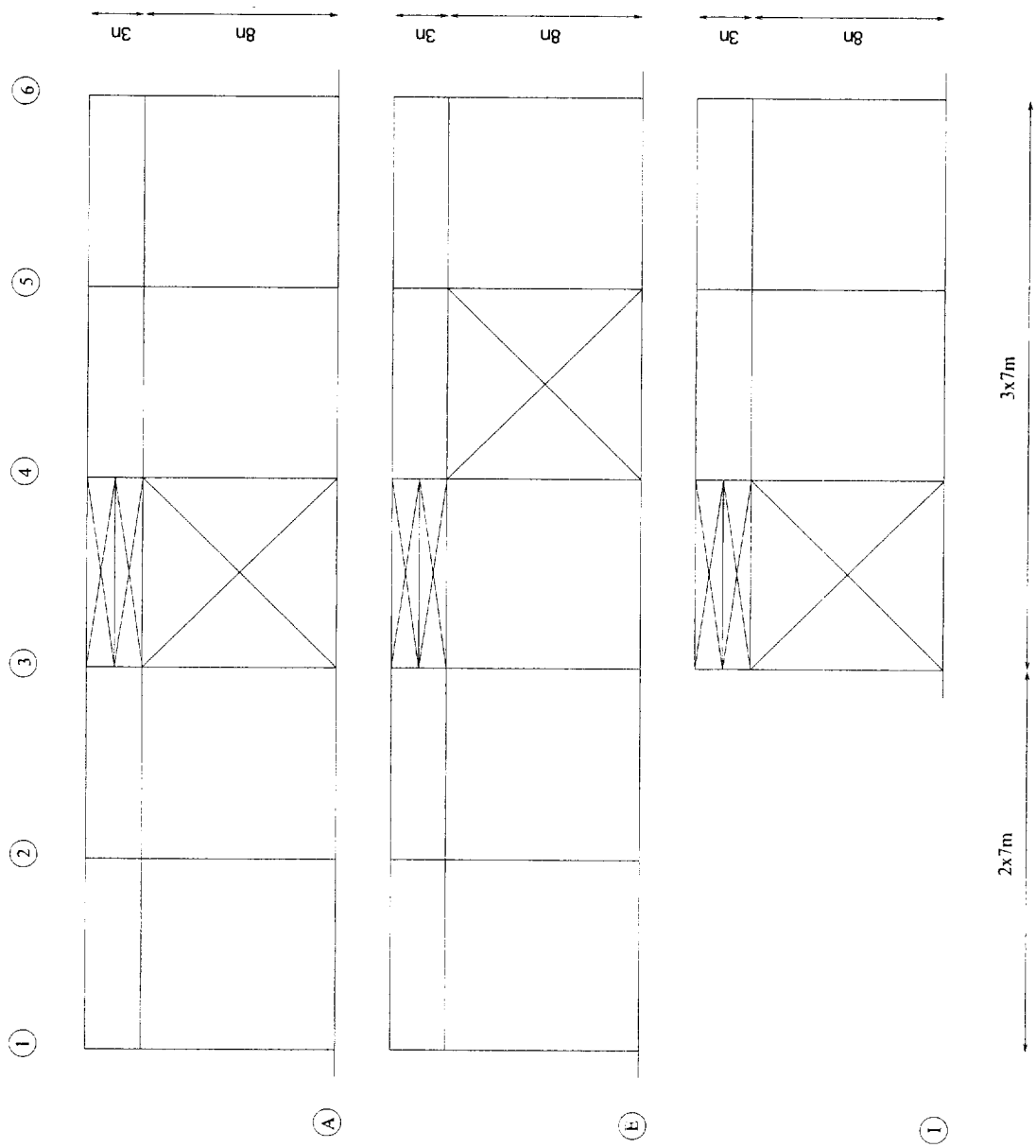


FIG. 4 – Pignons

