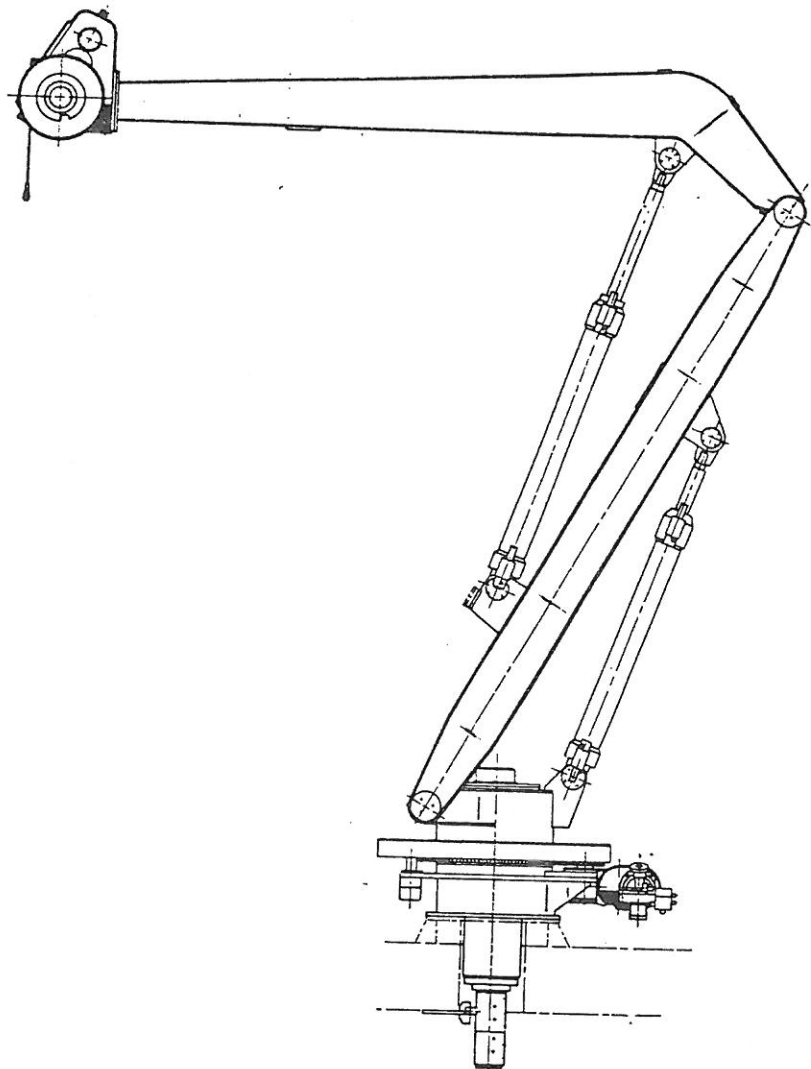
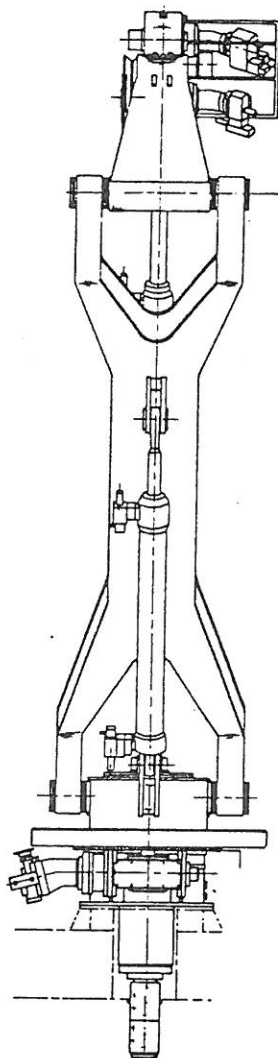


*Composition de dessin industriel*

Durée : 4 heures

*Instruments usuels et tous formulaires ou aide-mémoires de dessin autorisés***GRUE HYDRAULIQUE**

Une grue hydraulique équipe le pont arrière d'un chasseur de mines tripartite pour la mise à l'eau de charge unitaire 7.5 kN maxi. Pour éviter les à-coups dus aux mouvements de la houle, un système assure le maintien d'une tension constante sur le câble de largage.



## DESCRIPTION.

Cette grue (voir document 3/3) comprend au-dessus du pont :

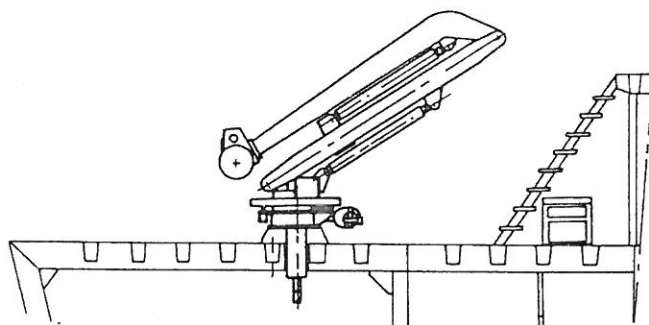
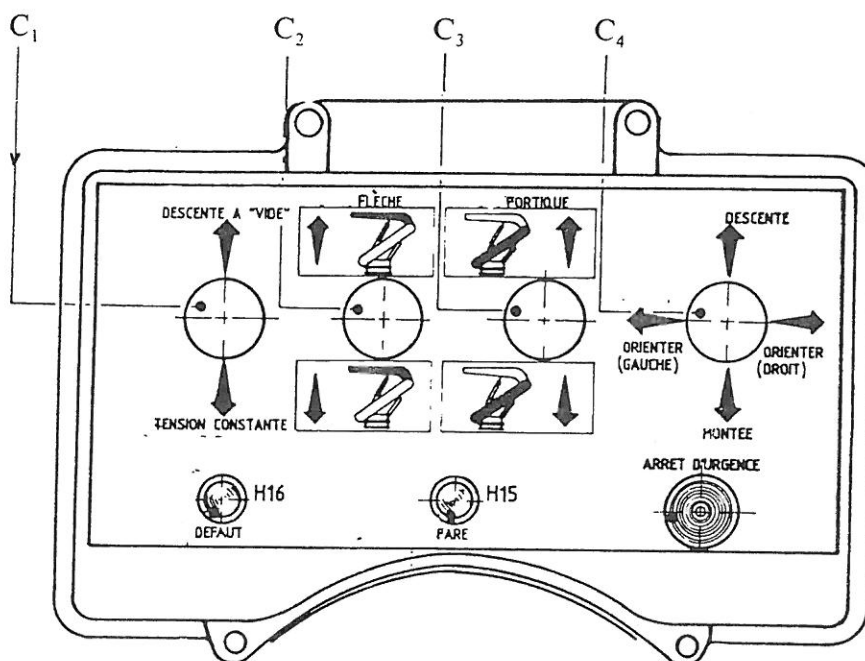
- un corps pivotant 31 d'axe vertical ;
- un portique 32 articulé sur 31 et réglable par vérin ;
- une flèche 35 articulée sur 32 et réglable par vérin ;
- un treuil 38 fixé en bout de flèche 35 et équipé de deux moteurs hydrauliques.

Tous les mouvements de la grue sont commandés hydrauliquement et réglables électroniquement de 0 au maximum à l'aide des commandes C1, C2, C3 et C4 :

- C2 commande le vérin 36-37 de la flèche et C3 le vérin 33-34 du portique ;
- hissage et largage de charge ;
- rotation à gauche et à droite.

Le pupitre portatif (voir ci-dessous) précise les différentes commandes pour chaque appareil hydraulique. Les commandes de hissage et de rotation peuvent être combinées et sont regroupées sur le même levier C4.

La commande de gauche C1 correspond au moteur de suivi de houle.



## TRAVAIL DEMANDÉ

Répondre sur le document 3/3 avec concision et à l'encre pour chaque question technologique (les dessins de la partie graphique seront tracés au crayon).

### I. — Étude du mouvement du portique et de la flèche.

La grue est représentée en position repliée (trait fin) sur le document 3/3 (feuille réponse) avec les vérins en longueur mini. Elle peut se déplier pour transporter les charges en hauteur ou pour les amener au-dessus de l'eau. On se propose de vérifier les capacités de déplacement et de vitesse fournies par le constructeur.

#### Questions.

**1.1. —** Sachant que les vérins hydrauliques qui commandent la position du portique et de la flèche sont articulés à leurs deux extrémités, représenter par les trajectoires limites la surface capable du point A (centre de la poulie d'enroulement) :

- lorsque le vérin 36-37 est à sa longueur maxi de 3 160 mm (mesurée entre les centres d'articulation), il déploie la flèche 35 de  $135^\circ$  par rapport à la position repliée ;
- lorsque le vérin 33-34 est à sa longueur maxi de 3 360 mm (mesurée entre les centres d'articulation), il déploie le portique 32 de  $97^\circ$  par rapport à la position repliée.

**NB :** On appelle surface capable le lieu des points du plan de symétrie de la grue accessible par le point A. Seule la partie de surface située en avant de l'axe de la grue est considérée utile.

**1.2. —** En déduire les hauteurs maximum et minimum atteintes par le point A par rapport au pont sur l'une des différentes trajectoires limites, ainsi que le rayon maximum que le câble de la grue peut décrire autour de l'axe de pivotement vertical.

**1.3. —** Sachant que le débit d'huile dans la valve d'équilibrage au remplissage de chacun des vérins est de 83 l/mn côté piston et de 56 l/mn côté tige du piston, calculer la vitesse de rentrée et de sortie de chaque piston. Garder la plus grande vitesse du piston pour la suite du tracé.

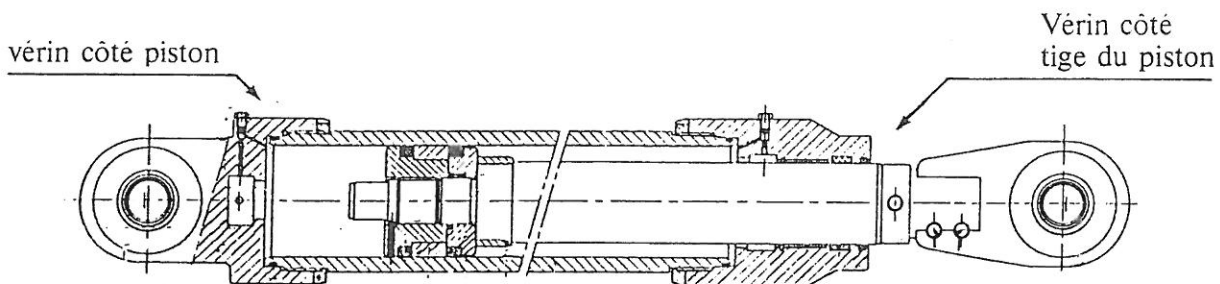
Écrire la relation de composition de vitesses au point B entre le portique 32, le vérin 33, le piston 34 et le corps principal 31 de la grue, considérée fixe.

Écrire la relation de composition de vitesses au point C entre la flèche 35, le vérin 36, le piston 37 et le portique 32 considéré fixe.

Déterminer graphiquement, sur le document 3/3, la vitesse maxi du point A, lorsque la grue est en position intermédiaire (trait fort), en mouvement sous l'action de l'un ou de l'autre des deux vérins.

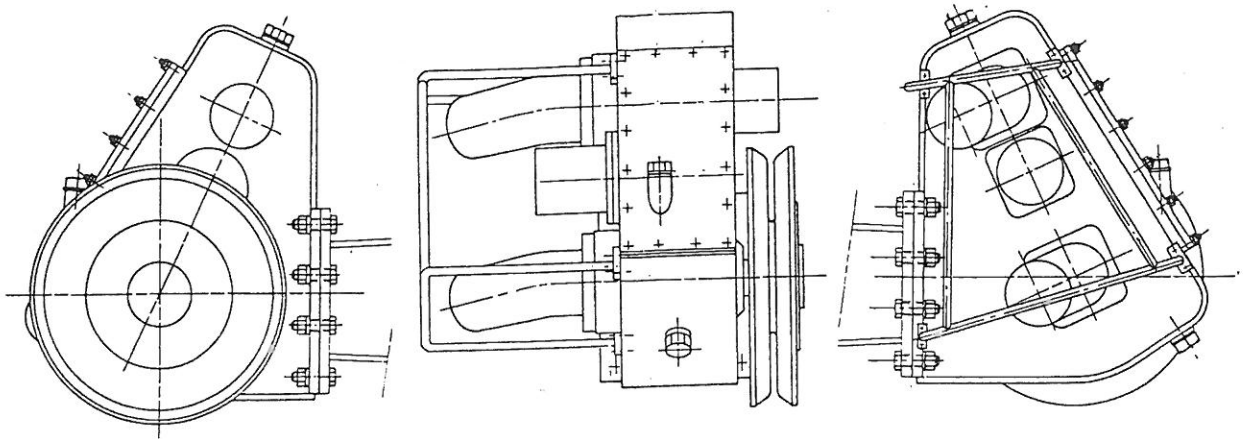
(Les deux vérins hydrauliques ne peuvent pas être actionnés simultanément, et ils ont même dimensions radiales)

- diamètre du piston 125 mm ;
- diamètre de la tige du piston 70 mm ;
- échelle des vitesses 10 mm = 10 mm/s.



## II. — Étude de fonctionnement du treuil.

Le treuil dessiné sur le document 1/3 est équipé, plus particulièrement, d'un moteur 2 principal MP, d'un moteur 12 de suivi de houle MSH, d'un réducteur à deux étages, d'un système antidévireur (roue libre), d'un frein hydraulique 20 à lamelles et d'une poulie 15-16 d'enroulement du câble.



Lors du fonctionnement en hissage [schéma 1] ou largage [schéma 2] sans houle, le MSH n'est pas mis sous pression (levier de gauche au milieu), et il peut tourner dans les deux sens, sans résistance comme une pompe en circuit fermé. Seul le MP participe au fonctionnement.

Lors du largage avec mouvement de houle [schéma 3] le MP est en mouvement de descente de la charge et le MSH est entraîné par la pression hydraulique dans le sens de hissage (levier de gauche en bas) pour maintenir une tension constante, mais sa puissance est insuffisante pour soulever la charge. Par contre sa position en prise directe sur l'axe de la poulie d'enroulement permet un réenroulement rapide du câble lorsque la charge est allégée par la houle montante. Lorsque la houle en descendant augmente la tension du câble, le MSH est entraîné en sens contraire comme une pompe [schéma 4], et l'huile est alors renvoyée au bac par la soupape de sûreté.

Lors du largage du câble à vide [schéma 5], le MSH est entraîné par la pression hydraulique dans le sens du largage.

En cas de chute de pression hydraulique le frein à lamelles bloque le réducteur.

### Questions.

2.1. — Compléter le schéma cinématique du treuil dans le plan de coupe AA en utilisant les symboles normalisés AFNOR du frein et du système antidévireur.

2.2. — Compléter les 5 schémas ci-dessous pour les 5 types d'utilisation du treuil en précisant le sens de rotation de chaque roue.

2.3. — Préciser dans chaque cas de fonctionnement de 1 à 5 le rôle du système antidévireur (roue libre).

Comment peut-il aider à maintenir une tension constante du câble malgré la houle dans le cas de largage du câble avec charge (3 et 4) ?

2.4. — Préciser pourquoi le largage du câble sans charge ne peut se faire avec le MP. En déduire à quoi correspondent les 2 positions de la commande C1.

2.5. — Calculer la réduction de vitesse du moteur principal MP à la poulie d'enroulement du câble.

### III. — Étude graphique de la roue libre.

3.1. — Compléter le tracé des vues en correspondance de la bague intérieure 6 de la roue libre. Cette bague intérieure est entaillée de huit rainures semblables pour recevoir huit galets du système antidévireur.

Dessiner la bague intérieure 6, à l'échelle 1, suivant :

- 1/2 vue de face (suivant B-B) ;
- vue de droite (sans les arêtes cachées).

3.2. — On précisera avec soin la méthode de tracé des intersections entre surfaces sur l'agrandissement de la bague intérieure 6 (Échelle 3) suivant les vues de face et de droite.

3.3. — Afin de mieux percevoir les différents contacts longitudinaux entre les pièces qui constituent le mécanisme antidévireur (roue libre), tracer les chaînes de cotes relatives aux conditions fonctionnelles Ja et Jb.

On précisera le chiffre du repère de la pièce afférente à chaque maillon.

---

38	1	Treuil	
37	1	Piston	
36	1	Vérin	
35	1	Flèche	
34	1	Piston	
33	1	Vérin	
32	1	Portique	
31	1	Corps pivotant	
30	1	Support de pivot	
27	1	Rondelle	
26	1	Roulement à billes	
25	1	Couvercle	
24	1	Roulement à billes	
23	1	Rondelle	
22	1	Couvercle	
21	1	Bague extérieure de roue libre	
20	1	Frein hydraulique	
19	1	Socle de frein	
18	1	Couvercle	
17	1	Serre câble	
16	1	Flasque intérieur	
15	1	Flasque extérieur	
14	1	Couvercle de poulie	
13	1	Socle de moteur de suivi de houle	
12	1	Moteur de suivi de houle	
11	1	Arbre de sortie	
10	1	Roue dentée	70 dents module 5
9	1	Socle de fin de course	
8	1	Compte-tours de fin de course	
7	1	Pignon-arbre	15 dents module 5
6	1	Bague intérieure de roue libre	
5	1	Socle de moteur hydraulique principal	
4	1	Roue dentée	80 dents module 3
3	1	Pignon-arbre	20 dents module 3
2	1	Moteur hydraulique principal	
1	1	Carter de treuil	
Rep	Nbre	Désignation	

*Graphiquement* : comme précédemment, la bride 4 est un solide soumis à trois forces dont deux sont concourantes, d'où la construction de la figure 9.44. Aucune norme de force n'est connue.

4- Pour relier les actions mécaniques précédentes à l'effort de serrage, appliquons à la pièce 6 le principe fondamental de la statique (figure 9.45).

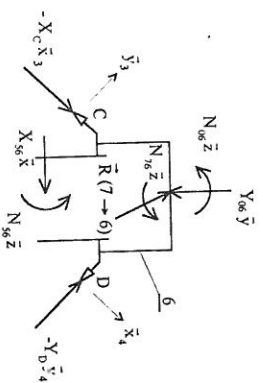


figure 9.45

$$\{F(\bar{6} \rightarrow \bar{6})\} = \{0\} \quad \text{avec} \quad \bar{6} = \{0, 3, 4, 5, 7\}$$

$$\text{soit :} \quad \{F(\bar{0} \rightarrow \bar{6})\} + \{F(\bar{3} \rightarrow \bar{6})\} + \{F(\bar{4} \rightarrow \bar{6})\} + \{F(\bar{5} \rightarrow \bar{6})\} + \{F(\bar{7} \rightarrow \bar{6})\} = \{0\}$$

$$\left\{ \begin{array}{c} \bar{R}(\bar{0} \rightarrow \bar{6}) \\ N_{06} \bar{z} \end{array} \right\} + \left\{ \begin{array}{c} -X_{06} \bar{x}_3 \\ 0 \end{array} \right\} + \left\{ \begin{array}{c} -Y_{06} \bar{y}_4 \\ 0 \end{array} \right\} + \left\{ \begin{array}{c} X_{46} \bar{x} \\ N_{46} \bar{z} \end{array} \right\} + \left\{ \begin{array}{c} \bar{R}(\bar{7} \rightarrow \bar{6}) \\ N_{76} \bar{z} \end{array} \right\} = \{0\}$$

Afin de ne pas faire intervenir l'action mécanique de 5, écrivons le théorème de la résultante statique en projection sur  $\bar{y}$  :

$$\bar{y} \cdot \bar{R}(\bar{6} \rightarrow \bar{6}) = 0$$

$$\text{soit :} \quad [\bar{R}(\bar{0} \rightarrow \bar{6}) + \bar{R}(\bar{7} \rightarrow \bar{6})] \cdot \bar{y} - X_{06} \bar{x}_3 \cdot \bar{y} - Y_{06} \bar{y}_4 \cdot \bar{y} = 0$$

$$\text{Le premier terme représente l'effort de serrage -S, alors :} \quad -S - X_{06} \frac{\sqrt{2}}{2} - Y_{06} \frac{\sqrt{2}}{2} = 0$$

$$\text{Comme :} \quad X_{06} = Y_{06} \quad \text{on trouve :} \quad X_{06} = Y_{06} = -S \frac{\sqrt{2}}{2}$$

$$\text{Par suite :} \quad \boxed{X_1 = -X_2 = \frac{H}{2h} S}$$

**6. Grue hydraulique.** La grue représentée sur la figure 9.46 est une grue hydraulique qui équipe un navire pour la mise à l'eau de charges. La charge maximale soulevée est de 7500 N. On associe à chaque solide i une base orthonormée directe  $(\bar{x}_i, \bar{y}_i, \bar{z}_i)$ , comme indiqué sur la figure. Cette grue comprend :

- un socle 0. Le vecteur unitaire  $\bar{y}_0$  est dirigé suivant la verticale ascendante.
- un portique 1 en liaison pivot d'axe  $(A, \bar{z}_0)$  avec le socle 0. On pose :  $\vec{AB} = H \bar{x}_1$
- un vérin (3,4) composé du corps 3 et de la tige 4 :
  - le corps 3 est en liaison pivot d'axe  $(D, \bar{z}_0)$  avec le socle 0.
  - la tige 4 est en liaison pivot d'axe  $(E, \bar{z}_0)$  avec le portique 1 et en liaison pivot glissant d'axe  $(D, \bar{x}_1)$  avec le corps 3.
- une flèche 2 en liaison pivot d'axe  $(B, \bar{z}_0)$  avec le portique 1. On pose :  $\vec{CB} = L \bar{x}_2$
- un vérin (5,6) composé du corps 5 et de la tige 6 :
  - le corps 5 est en liaison pivot d'axe  $(I, \bar{z}_0)$  avec le portique 1.
  - la tige 6 est en liaison pivot d'axe  $(K, \bar{z}_0)$  avec la flèche 2 et en liaison pivot glissant d'axe  $(J, \bar{x}_1)$  avec le corps 5.
- un treuil 7 en liaison encastrément avec la flèche 2.

$$\text{Paramétrage :} \quad (\bar{x}_0, \bar{x}_1) = \alpha \quad (\bar{x}_0, \bar{x}_2) = \beta \quad \vec{DE} = x \bar{x}_3 \quad \vec{JK} = y \bar{x}_3$$

#### Caractéristiques de l'appareil

- rotation du portique 1 par rapport au socle 0 :  $45^\circ \leq \alpha \leq 140^\circ$ ,
- rotation de la flèche 2 par rapport au portique 1 :  $-150^\circ \leq (\beta - \alpha) \leq -15^\circ$
- dimensions : voir figure 9.46.

#### Données

- portique 1 : poids  $\vec{P}_1 = -1000 \bar{y}_0$ , centre d'inertie  $G_1$
- flèche 2 : poids  $\vec{P}_2 = -800 \bar{y}_0$ , centre d'inertie  $G_2$
- treuil 7 : poids  $\vec{P}_7 = -500 \bar{y}_0$ , centre d'inertie C
- charge soulevée  $\vec{P} = -7500 \bar{y}_0$  "appliquée" au point C.

#### Hypothèses

- les liaisons sont sans frottement.
- le problème est plan de normale  $\bar{z}_0$ .
- le socle 0 est galiléen.
- le poids des vérins est négligeable.

raphiquement les actions mécaniques sur les vérins, dans la position :  $\alpha = 45^\circ$ ,

raphiquement les actions mécaniques sur les vérins, dans la position :  $\alpha = 140^\circ$ ,

le torseur d'action mécanique d'une liaison pivot sans frottement est un torseur  
orce dont le point d'application est au centre de la liaison.

ion (  $\alpha = 45^\circ$ ,  $\beta = 0^\circ$  ) la grue peut être schématisée comme sur la figure 9.47.  
it au repos, chaque vérin peut être représenté par un seul solide.

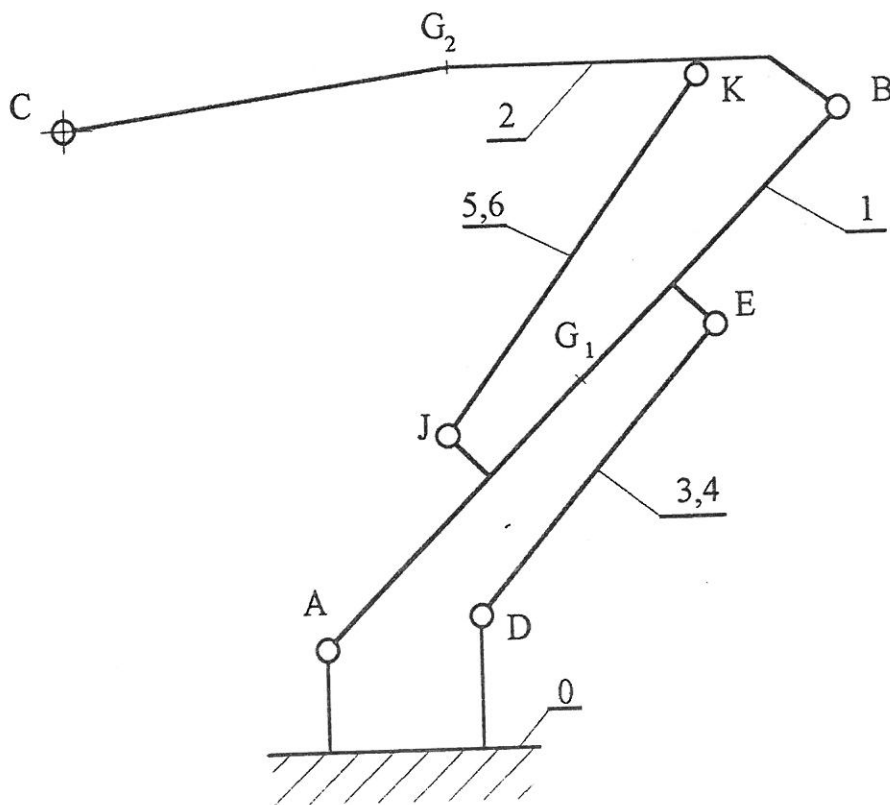


figure 9.47

aniques sur le vérin (5,6).



## Questions

- 1- Déterminer graphiquement les actions mécaniques sur les vérins, dans la position :  $\alpha = 45^\circ$ ,  $\beta = 0^\circ$ .
- 2- Déterminer graphiquement les actions mécaniques sur les vérins, dans la position :  $\alpha = 140^\circ$ ,  $\beta = 0^\circ$ .

## Réponses

On rappelle que le torseur d'action mécanique d'une liaison pivot sans frottement est un torseur associé à une force dont le point d'application est au centre de la liaison.

- 1- Dans la position ( $\alpha = 45^\circ$ ,  $\beta = 0^\circ$ ) la grue peut être schématisée comme sur la figure 9.47. Le système étant au repos, chaque vérin peut être représenté par un seul solide.

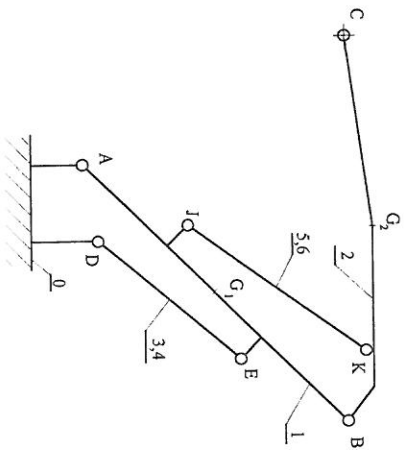


figure 9.47

## Actions mécaniques sur le vérin (5,6).

Le vérin (5,6) est soumis à deux forces  $\vec{F}_K(2 \rightarrow 6)$  et  $\vec{F}_1(1 \rightarrow 5)$ . Ces deux forces, directement opposées, ont pour support la droite JK (figure 9.48).

L'ensemble (flèche 2, treuil 7, charge soulevée) est soumis à trois forces  $\vec{F}_K(6 \rightarrow 2)$ ,  $\vec{F}_B(1 \rightarrow 2)$  et à celle représentant l'action mécanique de la pesanteur.

On connaît le support de  $\vec{F}_K(6 \rightarrow 2)$  : la droite JK. La force  $\vec{F}_B(1 \rightarrow 2)$  est inconnue.

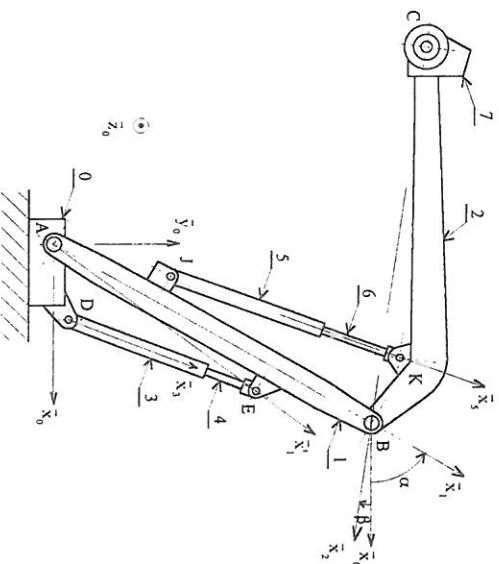
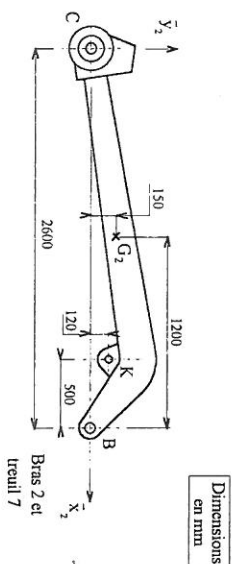
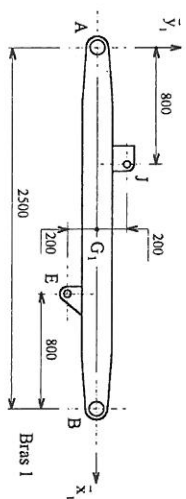


figure 9.46



Les supports de  $\vec{F}_K(6 \rightarrow 2)$  et de  $(\vec{P} + \vec{P}_7 + \vec{P}_2)$  sont concourants au point T ; le support de  $\vec{F}_B(1 \rightarrow 2)$  passe par le point T. Il reste à tracer la somme vectorielle nulle des vecteurs.

L'échelle des forces ayant été définie en début de tracé, on détermine par mesure de longueur la norme demandée :  $\|\vec{F}_K(6 \rightarrow 2)\| = 46\,000 \text{ N}$

D'où les actions mécaniques sur le vérin (5,6) :

$$\vec{F}_K(2 \rightarrow 6) = -46\,000 \vec{x}_5$$

et

$$\vec{F}_J(1 \rightarrow 5) = 46\,000 \vec{x}_5$$

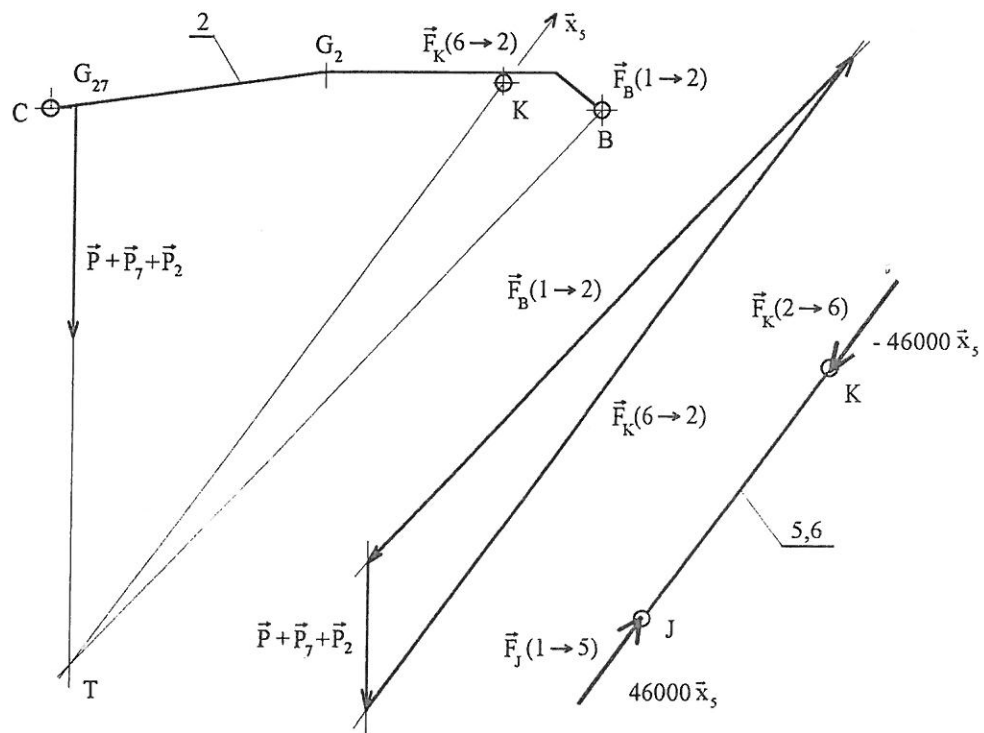


figure 9.50

#### Remarques

- La résolution graphique donne aussi  $\|\vec{F}_B(1 \rightarrow 2)\| = 40\,000 \text{ N}$ .

- Pour déterminer les actions mécaniques sur le vérin (5,6), une résolution analytique (fastidieuse) aurait consisté à écrire le théorème du moment statique par rapport à l'axe  $(B, \vec{z}_0)$ , connaissant le support KJ de la force  $\vec{F}_K(6 \rightarrow 2)$ .

### Actions mécaniques sur le vérin (3,4)

Le vérin (3,4) est soumis à deux forces  $\vec{F}_D(0 \rightarrow 3)$  et  $\vec{F}_E(1 \rightarrow 4)$ . Ces deux forces, directement opposées, ont pour support la droite DE (figure 9.51).

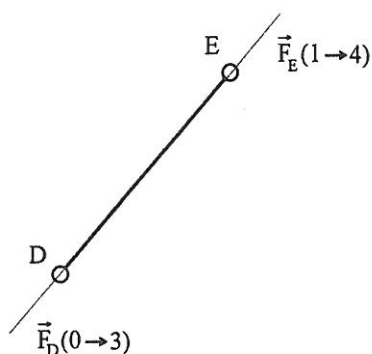


figure 9.51

L'ensemble (charge soulevée, treuil 7, flèche 2, portique 1, vérin (5,6), vérin (3,4)) est soumis à trois forces :  $\vec{F}_D(0 \rightarrow 3)$  de support connu,  $\vec{F}_A(0 \rightarrow 1)$  inconnue et à celle représentant l'action mécanique de la pesanteur.

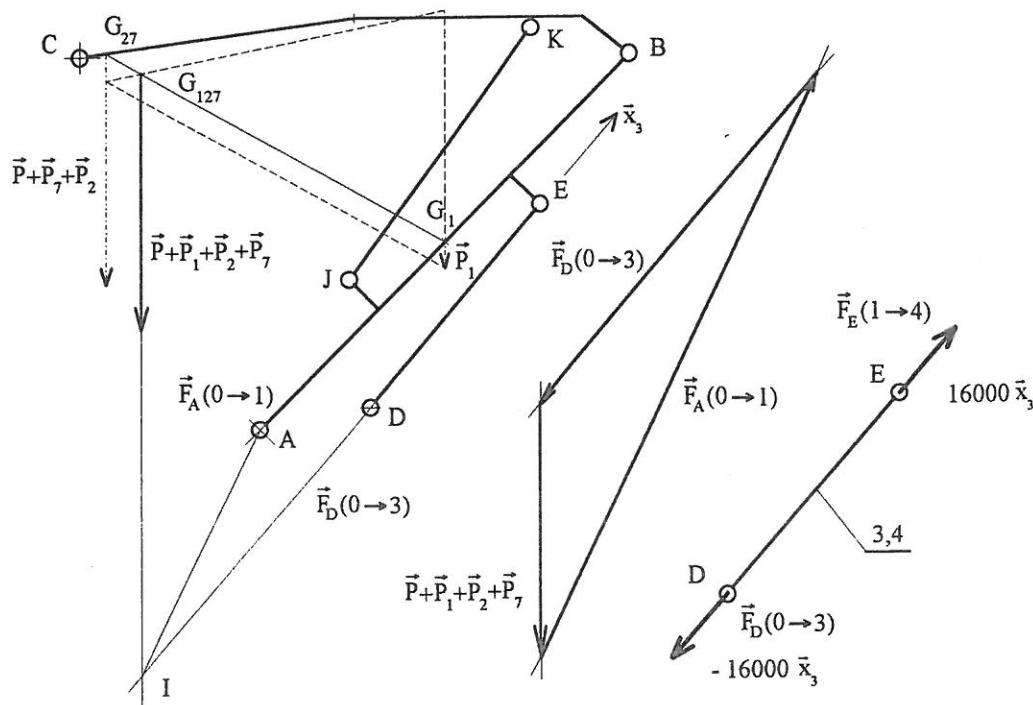


figure 9.52

### Principe fondamental

Comme précédemment, le problème se ramène à un problème à trois forces à somme vectorielle nulle (figure 9.52).

L'échelle des forces a pour norme demandée :

D'où les actions mécaniques :

$$\vec{F}_D(0 \rightarrow 3) = -16000 \vec{x}_3$$

### Remarques

- La résolution graphique :

- Pour déterminer les réactions, il a consisté à écrire le théorème des moments par rapport au support DE de la force  $\vec{F}_A(0 \rightarrow 1)$ .

2- Dans la position (0), on a :



Les distances DE et JK sont données dans la question précédente.

### Actions mécaniques sur le vérin (5,6)

Le vérin (5,6) est soumis à deux forces :  $\vec{F}_D(0 \rightarrow 3)$  et  $\vec{F}_J(5 \rightarrow 6)$  (figure 9.54).

Comme précédemment, on détermine graphiquement le centre d'inertie  $G_{127}$  de l'ensemble et le problème se ramène à un système soumis à trois forces concourantes au point I et de somme vectorielle nulle (figure 9.52).

L'échelle des forces ayant été définie en début de tracé, on détermine par mesure de longueur la norme demandée :  $\|\vec{F}_D(0 \rightarrow 3)\| = 16000 \text{ N}$

D'où les actions mécaniques sur le vérin (3,4) :

$$\vec{F}_D(0 \rightarrow 3) = -16000 \vec{x}_3$$

et

$$\vec{F}_E(1 \rightarrow 4) = 16000 \vec{x}_3$$

### Remarques

- La résolution graphique donne aussi  $\|\vec{F}_A(0 \rightarrow 1)\| = 24000 \text{ N}$ .

- Pour déterminer les actions mécaniques sur le vérin (3,4), une résolution analytique aurait consisté à écrire le théorème du moment statique par rapport à l'axe  $(A, \vec{z}_0)$ , connaissant le support DE de la force  $\vec{F}_D(0 \rightarrow 3)$ .

2- Dans la position ( $\alpha = 45^\circ$ ,  $\beta = 0^\circ$ ) la grue peut être schématisée comme sur la figure 9.53.

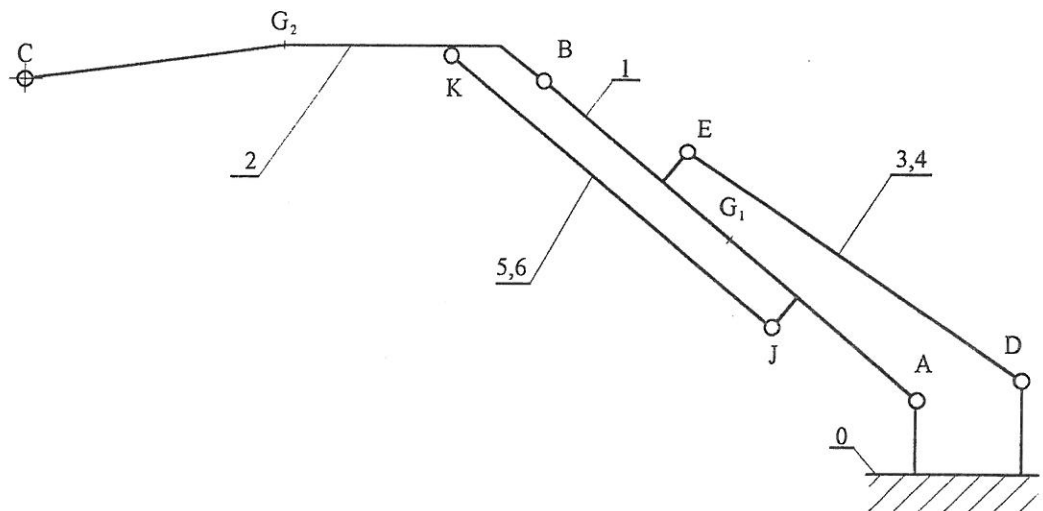
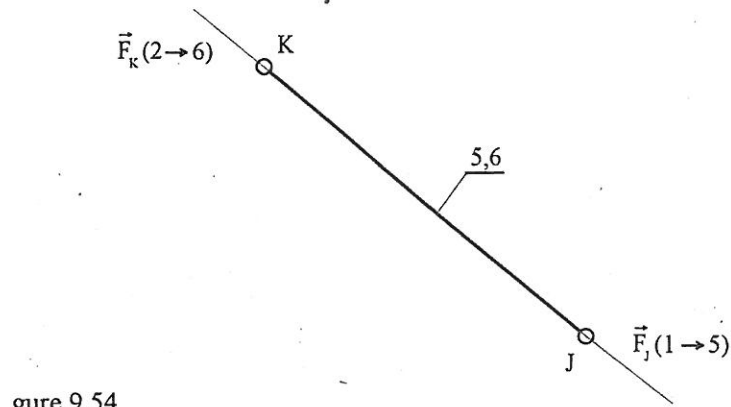


figure 9.53

Les distances DE et JK ont augmenté, mais la solution au problème est similaire à celle de la question précédente.

### Actions mécaniques sur le vérin (5,6)

Le vérin (5,6) est soumis à deux forces  $\vec{F}_J(1 \rightarrow 5)$  et  $\vec{F}_K(2 \rightarrow 6)$  directement opposées, de support JK (figure 9.54).

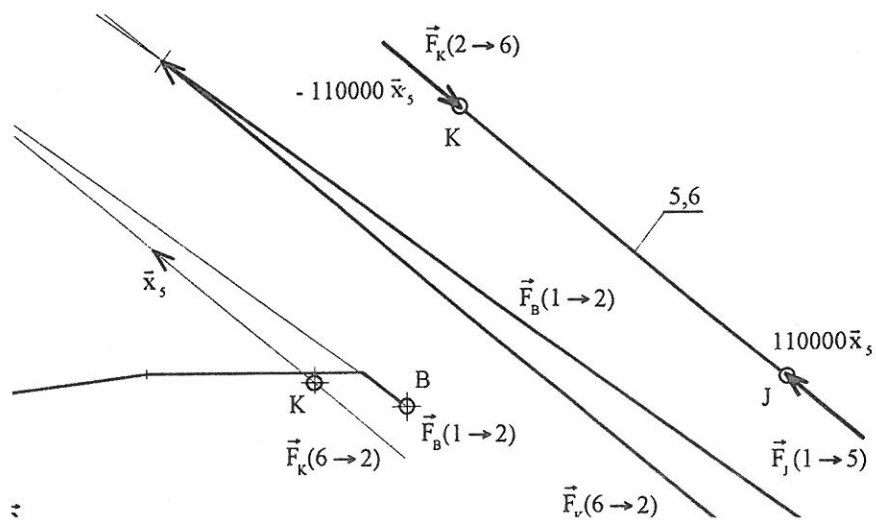


gure 9.54

centre d'inertie  $G_{27}$  de l'ensemble (flèche 2, treuil 7, charge soulevée) est rapport à ses points.

èche 2, treuil 7, charge soulevée) est donc soumis à trois forces  $\vec{F}_K(6 \rightarrow 2)$ ,  $\vec{P} + \vec{P}_7 + \vec{P}_2$  dont les points d'application sont connus (figure 9.55).

le  $\vec{F}_K(6 \rightarrow 2)$  et de  $(\vec{P} + \vec{P}_7 + \vec{P}_2)$  sont concourants au point Q ; le support de se par le point Q. La somme vectorielle des forces est nulle.



L'ense  
trois f  
mécan

Il faut  
relative

Le pro  
somme

D'où le

D'où les actions mécaniques sur le vérin (5,6) :

$$\vec{F}_K(2 \rightarrow 6) = -110\,000 \vec{x}_5$$

et

$$\vec{F}_J(1 \rightarrow 5) = 110\,000 \vec{x}_5$$

*Remarque* : la résolution graphique donne aussi :  $\|\vec{F}_B(1 \rightarrow 2)\| = 104\,000 \text{ N}$

### Actions mécaniques sur le vérin (3,4)

Le vérin (3,4) est soumis à deux forces  $\vec{F}_D(0 \rightarrow 3)$  et  $\vec{F}_E(1 \rightarrow 4)$  directement opposées de support DE (figure 9.56).

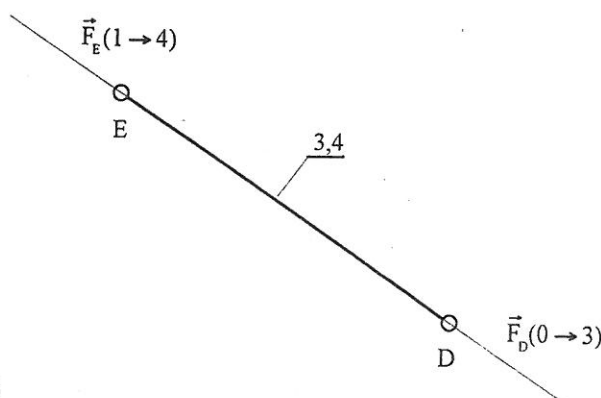


figure 9.56

L'ensemble (charge soulevée, treuil 7, flèche 2, portique 1, vérin (5,6), vérin (3,4)) est soumis à trois forces  $\vec{F}_D(0 \rightarrow 3)$  de support connu,  $\vec{F}_A(0 \rightarrow 1)$  inconnue et à celle représentant l'action mécanique de la pesanteur.

Il faut à nouveau déterminer graphiquement le centre d'inertie  $G_{127}$  de l'ensemble, la position relative des solides ayant changé.

Le problème se ramène à un système soumis à trois forces concourantes au point R et de somme vectorielle nulle (figure 9.57).

D'où les actions mécaniques sur le vérin (3,4) :

$$\vec{F}_D(0 \rightarrow 3) = -106\,000 \vec{x}_3$$

et

$$\vec{F}_E(1 \rightarrow 4) = 106\,000 \vec{x}_3$$

*Remarque* : la résolution graphique donne aussi  $\|\vec{F}_A(0 \rightarrow 1)\| = 113\,000 \text{ N}$

