

Remarque : L'épreuve comporte deux parties à rédiger sur des feuilles séparées :

Partie A : Mécanique des solides indéformables (Examen de fin du semestre 2 : 1h30)

Partie B : Automatique (Devoir de contrôle : 1h)

PRESSE DE FORGEAGE

Présentation

La figure 1 (page 7/8) représente le dessin d'ensemble simplifié d'une presse de forgeage dont le schéma cinématique minimal est illustré par la figure 2 (page 8/8). Les principaux éléments de cette presse sont :

- le bâti (0)
- l'arbre d'entrée (1) en liaison pivot d'axe $(O, \vec{Z}_0)$ avec le bâti
- la bielle (2) en liaison pivot d'axe $(A, \vec{Z}_0)$ avec le bâti, et reliée à l'arbre d'entrée (1) par l'intermédiaire du solide (S)
- le solide (S) en liaison glissière avec la bielle (2) d'axe $(A, \vec{X}_2)$ et en liaison rotule de centre P avec l'arbre d'entrée (1)
- le levier (4) en liaison pivot d'axe $(B, \vec{Z}_0)$ avec le bâti
- le coulisseau porte marteau (5) en liaison linéaire annulaire d'axe $(F, \vec{X}_4)$ avec le levier (4) et en liaison glissière d'axe $(C, \vec{Y}_0)$ avec le bâti (0).

Le levier (4) et la bielle (2) sont reliés entre eux par un élément élastique formé de deux ressorts identiques et du support de guidage (3). Ce support est en liaison pivot d'axe $(D, \vec{Z}_0)$ avec le levier (4), il est également en liaison linéaire annulaire d'axe $(E, \vec{Y}_3)$ avec la bielle (2).

Principe de fonctionnement

La rotation imposée à l'arbre d'entrée (1) par le moteur non représenté (M) est transformée au moyen du solide (S) en mouvement d'oscillation de la bielle (2). Ce mouvement est transmis par l'intermédiaire de l'élément élastique (les deux ressorts + le support de guidage (3)) au levier (4) et par la suite au coulisseau porte marteau (5) qui assure le forgeage de la pièce désirée.

Partie A : MSI (Examen 1h30)

Dans cette partie on se reportera à la figure 2 (page 8/8)

Repères et paramétrage

Les repères et les paramètres adoptés pour le mécanisme sont définis comme suit :

- $R_0(O, \vec{X}_0, \vec{Y}_0, \vec{Z}_0)$ repère lié au bâti (0) supposé galiléen ;

- $R_1(O, \vec{X}_1, \vec{Y}_1, \vec{Z}_0)$ repère lié à l'arbre d'entrée (1), tel que : $\alpha = (\vec{X}_0, \vec{X}_1) = (\vec{Y}_0, \vec{Y}_1)$;
- $R_2(A, \vec{X}_2, \vec{Y}_2, \vec{Z}_0)$ repère lié à la bielle (2), tel que : $\beta = (\vec{X}_0, \vec{X}_2) = (\vec{Y}_0, \vec{Y}_2)$;
- $R_3(D, \vec{X}_3, \vec{Y}_3, \vec{Z}_0)$ repère lié au support de guidage (3), tel que : $\theta = (\vec{X}_0, \vec{X}_3) = (\vec{Y}_0, \vec{Y}_3)$;
- $R_4(B, \vec{X}_4, \vec{Y}_4, \vec{Z}_0)$ repère lié au levier (4), tel que : $\gamma = (\vec{X}_0, \vec{X}_4) = (\vec{Y}_0, \vec{Y}_4)$;

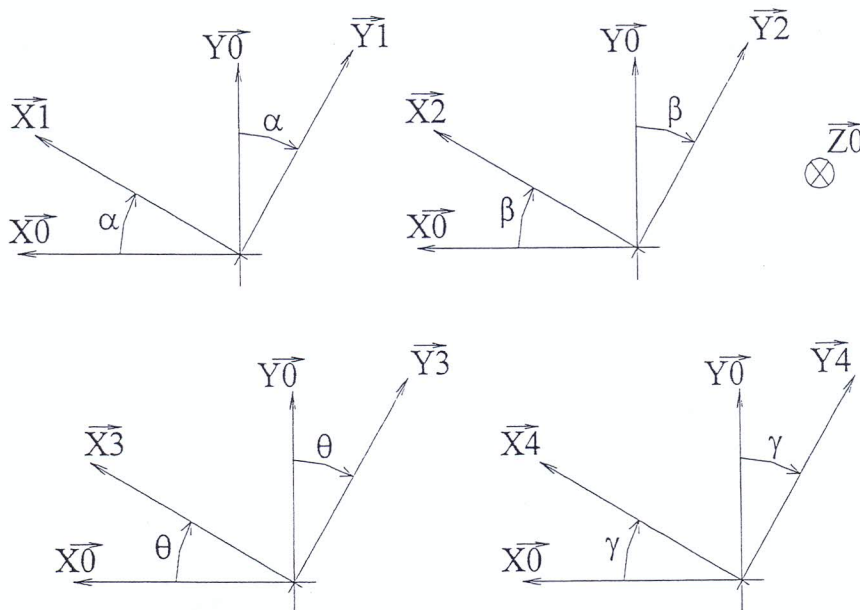
Les positions des différents centres de liaison sont décrites par les relations vectorielles suivantes :

$$\vec{OA} = -a\vec{X}_0 + b\vec{Y}_0, \quad \vec{BC} = c\vec{X}_0, \quad \vec{OP} = r\vec{Y}_1, \quad \vec{AP} = (\lambda + L_2)\vec{X}_2, \quad \vec{AE} = 2L_2\vec{X}_2,$$

$$\vec{ED} = (y + L_0)\vec{Y}_3, \quad \vec{BD} = L_4\vec{X}_4, \quad \vec{BF} = (\mu + 2L_4)\vec{X}_4 \text{ et } \vec{CF} = \eta\vec{Y}_0$$

Les angles α , β , θ et γ sont les paramètres de rotation du mécanisme, quant aux paramètres de translation ils sont définis par : y , λ , μ et η où y est l'allongement de l'un des deux ressorts (les ressorts sont complètement relâchés à $y=0$).

Les caractéristiques géométriques : a , b , c , L_0 , L_2 , L_4 et r du mécanisme sont constantes.



A-I : CINEMATIQUE

Les centres d'inertie du levier (4) et du coulisseau (5) sont respectivement G_4 et G_5 . G_4 est confondu avec le point D.

I-1. Déterminer les vecteurs rotations instantanées par rapport au bâti (0) des solides suivants :

- 1.a/ arbre d'entrée (1);
- 1.b/ bielle (2);
- 1.c/ support de guidage (3);
- 1.d/ levier (4);

I-2. Calculer les vecteurs vitesses suivants :

2.a/ $\vec{V}(P \in I / R_0)$ l'exprimer dans la base $(\vec{X}_1, \vec{Y}_1, \vec{Z}_0)$;

2.b/ $\vec{V}(P \in 2 / R_0)$ et $\vec{V}(E \in 2 / R_0)$ les exprimer dans la base $(\vec{X}_2, \vec{Y}_2, \vec{Z}_0)$;

2.c/ $\vec{V}(D \in 4 / R_0)$ l'exprimer dans la base $(\vec{X}_4, \vec{Y}_4, \vec{Z}_0)$;

2.d/ $\vec{V}(E \in 3 / R_0)$ l'exprimer dans la base $(\vec{X}_3, \vec{Y}_3, \vec{Z}_0)$ (on utilisera $\vec{V}(D \in 4 / R_0)$);

I-3. Calculer les vecteurs accélérations suivants :

3.a/ $\vec{\Gamma}(G_4 / R_0)$ l'exprimer dans la base $(\vec{X}_4, \vec{Y}_4, \vec{Z}_4)$;

3.b/ $\vec{\Gamma}(G_5 / R_0)$ l'exprimer dans la base $(\vec{X}_0, \vec{Y}_0, \vec{Z}_0)$.

A-II : ENERGETIQUE

On considère le sous ensemble $\{E_1\}$ formé de l'arbre d'entrée (1), du solide intermédiaire (S) et de la bielle (2).

Les caractéristiques d'inertie des éléments constitutifs de $\{E_1\}$ sont les suivantes :

- arbre d'entrée (1)

- matrice d'inertie au point O exprimée dans la base $(\vec{X}_1, \vec{Y}_1, \vec{Z}_0)$ est de la forme :

$$I_O(I) = \begin{bmatrix} A_1 & 0 & 0 \\ 0 & B_1 & -D_1 \\ 0 & -D_1 & C_1 \end{bmatrix}$$

- masse M_1 , centre d'inertie G_1 , tel que : $\vec{OG}_1 = y_1 \vec{Y}_1 + z_1 \vec{Z}_0$

- bielle (2)

- moment d'inertie par rapport à l'axe $(A, \vec{Z}_0)$ I_2 , masse M_2

- centre d'inertie G_2 , tel que : $\vec{AG}_2 = x_2 \vec{X}_2$

- levier (4)

- moment d'inertie par rapport à l'axe $(B, \vec{Z}_0)$ I_4 , masse M_4

- coulisseau porte marteau (5), masse M_5

- solide intermédiaire (S)

- masse et inertie négligeables

L'arbre d'entrée est soumis à un couple $\vec{C}_m = C_m \vec{Z}_0$. L'action de rappel des ressorts sur la bielle

(2), au point E, est de la forme : $\vec{F}_r = 2ky \vec{Y}_3$, où k est la raideur de l'un des ressorts. L'action du support de guidage (3) sur la bielle au point E est représentée par le torseur :

$$\{\tau_{3/2}\}_E = \begin{Bmatrix} \vec{F}_E = X_E \vec{X}_3 \\ \vec{M}_E = 0 \end{Bmatrix}$$

L'accélération de la pesanteur est : $\vec{g} = -g \vec{Y}_0$

Pour simplifier les calculs on admettra que toutes les liaisons sont parfaites.

II.1 Calculer relativement au repère galiléen $R_0(O, \vec{X}_0, \vec{Y}_0, \vec{Z}_0)$ l'énergie cinétique de $\{E_1\}$.

II.2 Faire l'inventaire et le bilan des actions extérieures appliquées à $\{E_1\}$.

II.3 Calculer la puissance de toutes les actions extérieures et intérieures appliquées à $\{E_1\}$ dans son mouvement par rapport à $R_0(O, \vec{X}_0, \vec{Y}_0, \vec{Z}_0)$.

II.4 Ecrire la relation qui découle du théorème de l'énergie cinétique appliqué à $\{E_1\}$ dans son mouvement par rapport à $R_0(O, \vec{X}_0, \vec{Y}_0, \vec{Z}_0)$.

Partie B : AUTOMATIQUE (Devoir de contrôle 1h)

N.B. : On présentera les résultats sous forme littérale avant d'effectuer l'application numérique.

L'objet de l'étude suivante est la détermination des paramètres du moteur dont le schéma fonctionnel est donné par la figure suivante :

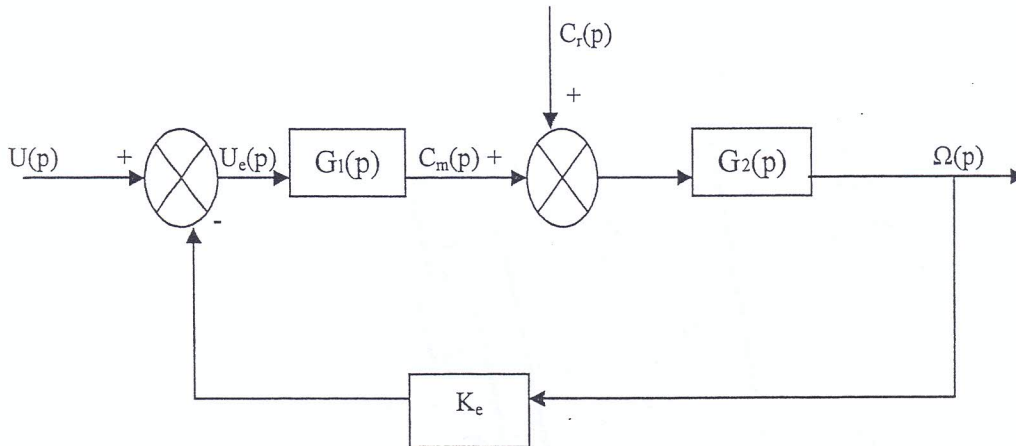
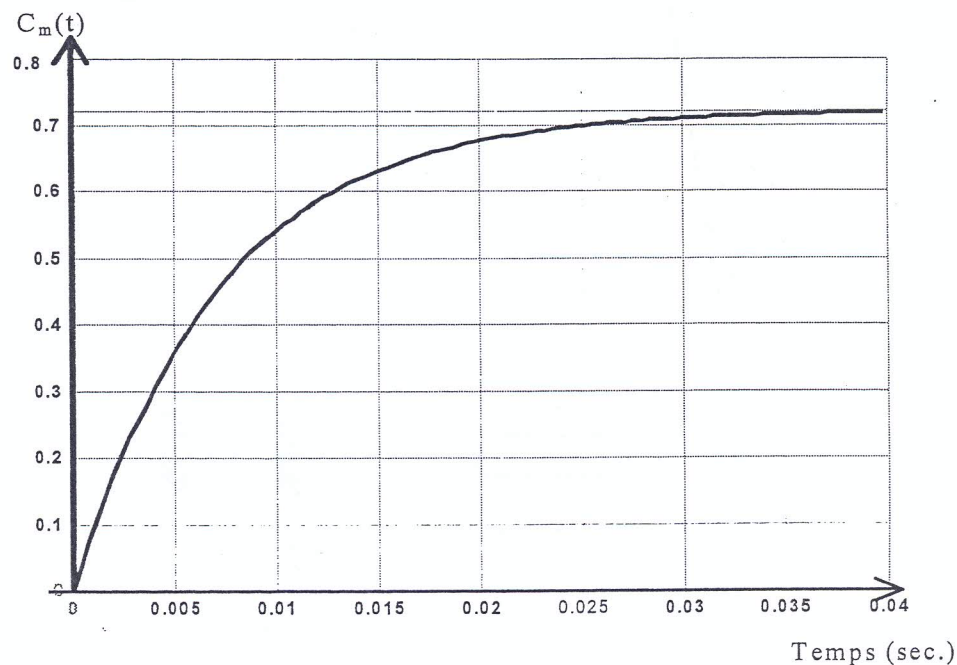


Schéma fonctionnel du moteur

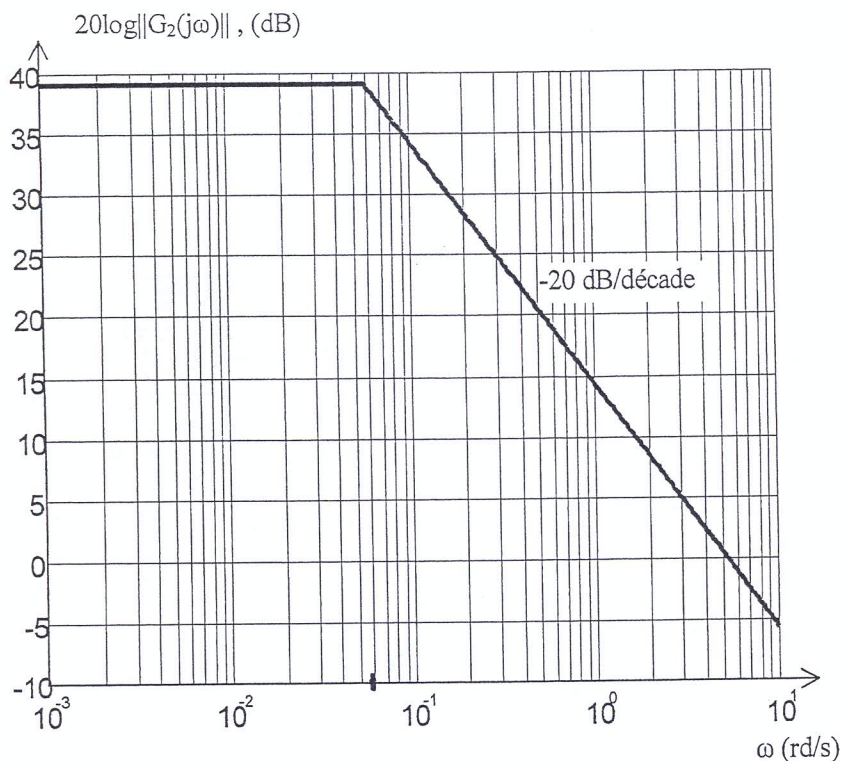
DETERMINATION DES PARAMETRES DU MOTEUR

I.1 Déterminer $G_1(p)$ sachant que la réponse $C_m(t)$ à la grandeur U_e en échelon unitaire est représentée par la figure ci-dessous :

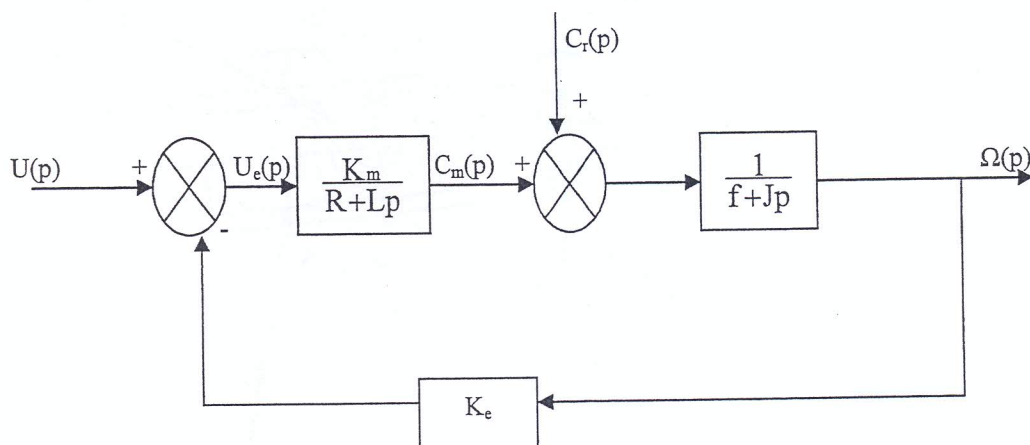


Réponse indicielle de $G_1(p)$

I.2 Déterminer $G_2(p)$ à partir de son diagramme asymptotique de Bode (courbe d'amplitude) donné par la figure suivante :



I.3 Le moteur est maintenant décrit par le schéma fonctionnel suivant :

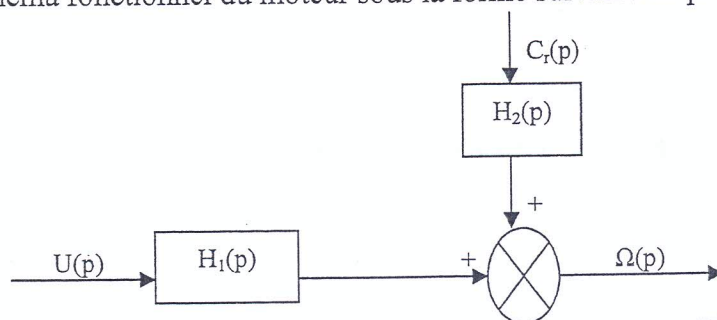


Avec

U	: Tension d'alimentation du moteur;	L	: Inductance aux bornes de l'induit;
Ω	: Vitesse de rotation de l'arbre du moteur;	J	: Inertie totale sur l'arbre du moteur;
C _m	: Couple moteur;	K _m	: Constante du couple;
C _r	: Couple résistant;	K _e	: Constante de force contre électromotrice;
R	: Résistance aux bornes de l'induit;	f	: Coefficient de frottement visqueux.

3.a/ En déduire des questions I.1 et I.2, pour R= 1,15 Ohm, les paramètres du moteur K_m, L, f et J.

3.b/ Mettre le schéma fonctionnel du moteur sous la forme suivante en précisant H₁(p) et H₂(p).



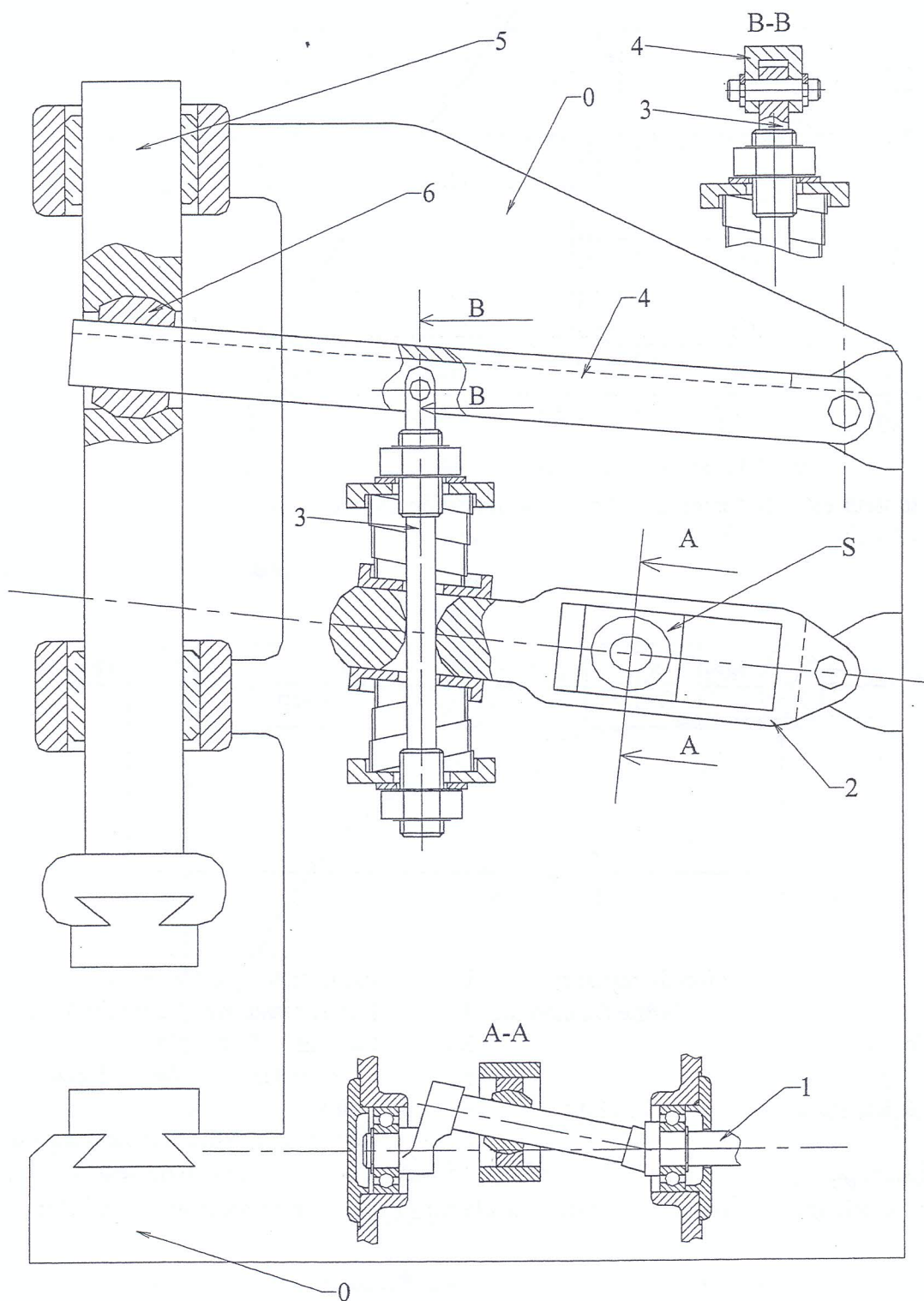


Figure 1 : dessin d'ensemble

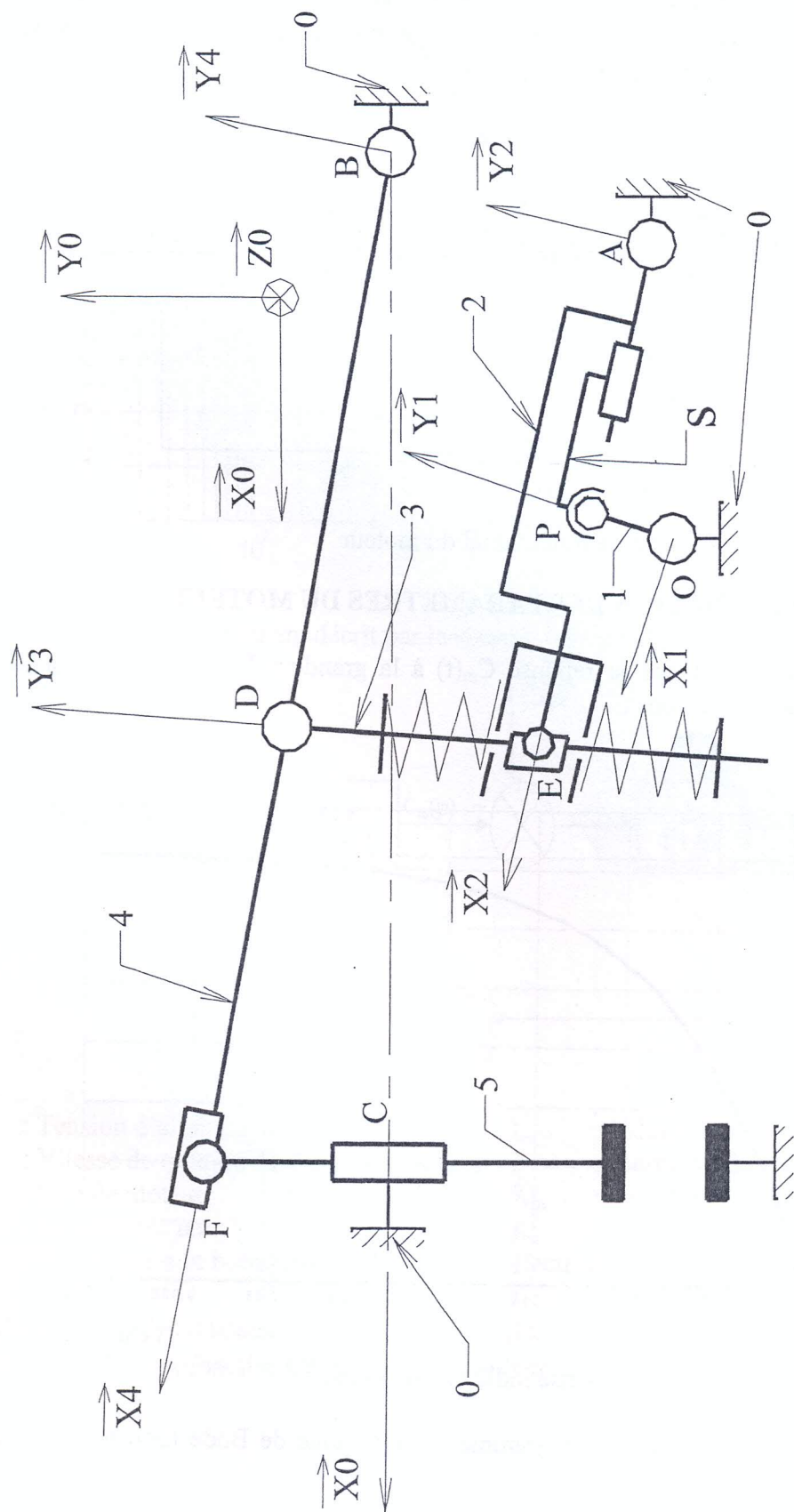


Figure 2 : schéma cinématique