

---

# CONCOURS NATIONAL COMMUN

## D'ADMISSION AUX GRANDES ECOLES D'INGENIEURS MAROCAINES

---

**Session : 2003**

**Epreuve de Sciences Industrielles**  
**Durée : 4 heures**

**Composition du sujet :**

**Le sujet comporte :**

- Enoncé du sujet : 8 pages .
- Documents : 6 Documents.
- Documents réponses : 2 Documents réponses.

**Recommandations :**

Il est recommandé au candidat de lire la totalité du sujet.

L'épreuve est constituée de plusieurs parties indépendantes .

Il est demandé de rappeler , sur la copie , le numéro de la question avant de développer la réponse.

La rédaction des réponses sera la plus concise possible : on évitera de trop longs développements des calculs en laissant subsister les articulations du raisonnement.

Si un candidat est amené à repérer ce qui peut lui sembler être une erreur d'énoncé, il le signalera sur sa copie et devra poursuivre sa composition .

*Aucun document supplémentaire n'est autorisé.  
Les calculatrices sont autorisées.*

***En fin de l'épreuve, le candidat doit rendre :***

- La copie d'examen soigneusement paginée.
- Les documents réponses .

## UNITE DE PRODUCTION DE PISTONS

### A. PRESENTATION

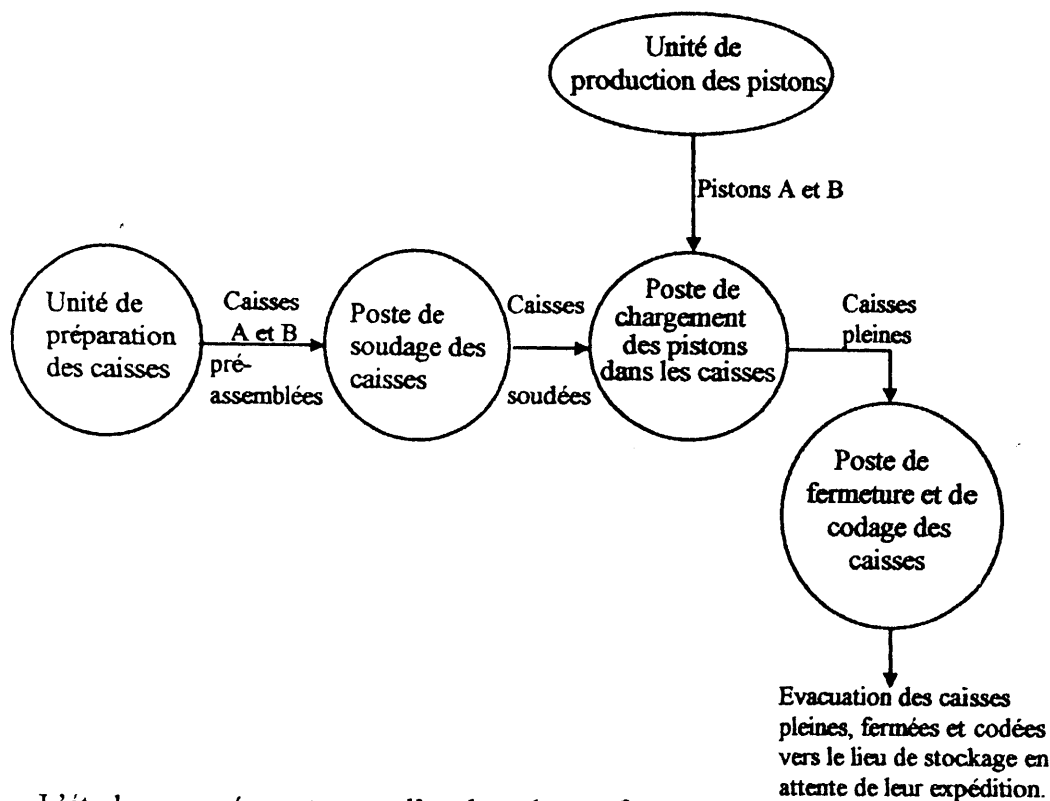
Dans une usine de production de pistons de motocyclettes, le produit est chargé dans des caisses métalliques avant son expédition vers le marché local ou étranger. Les pistons sont de deux formes :

- Pistons A: pour moteur à cylindrée  $V = 49 \text{ cm}^3$ .
- Pistons B: pour moteur à cylindrée  $V = 50 \text{ cm}^3$ .

Les caisses, assemblées et soudées sur place, sont aussi de deux tailles :

- Caisses A : destinées aux pistons A, d'encombrement extérieur :  $100 \times 50 \times 40 \text{ cm}$  (Longueur x largeur x Hauteur).
- Caisses B : destinées aux pistons B, d'encombrement  $120 \times 60 \times 50 \text{ cm}$ .

La production est organisée selon le schéma suivant :



L'étude proposée portera sur l'analyse des performances du :

- ✓ **Poste de soudage (parties B et E).**
- ✓ **Système d'évacuation des caisses pleines (partie C).**
- ✓ **Poste de codage des caisses (partie D).**

**B/ POSTE DE SOUDAGE**

Avant d'être acheminés vers le poste de soudage, les 5 éléments de la caisse (*fig1 du document 1*) sont découpés dans des tôles et ensuite pré-assemblées, à l'unité de préparation, par des points de soudure sur leurs faces extérieures.

Le poste de soudage est équipé de : (*fig2 du document 1*)

- **Portique**: comportant un chariot à déplacement transversal ( $T_x$ ), et un chariot à déplacement longitudinal ( $T_y$ ) solidaire d'une tête de soudage orientable (Robot 2 axes).

Tous les mouvements sont assurés par des actionneurs.

$R(0, \vec{x}, \vec{y}, \vec{z})$  est un repère orthonormé direct, lié au portique.

$\vec{z}$ : vertical ascendant.

- **Table élévatrice**: soutenant la caisse, et assurant le déplacement vertical ( $T_z$ ).

La plate-forme, sur laquelle repose la caisse, est aimantée à volonté, ce qui permet le blocage de cette dernière au cours de l'opération de soudage.

La commande du déplacement est assurée par un moto-réducteur associé à un système vis-écrou.

Les soudures sont déposées sur les faces intérieures des caisses.

**Table élévatrice :**

Elle est du type « *paire de ciseaux* », commandée par un moto-réducteur, associé à un système vis-écrou. Son schéma cinématique est représenté sur la *figure 3 du document 2*.

Elle se compose de :

- **Bâti 0** : auquel est lié le repère  $(B, \vec{x}, \vec{y}, \vec{z})$ .
- **Arbre 1** : arbre de sortie du moto-réducteur.  
En liaison pivot d'axe  $(F, \vec{y})$  avec le bâti 0, et hélicoïdale d'axe  $(F, \vec{y})$  avec l'écrou 4. (hélice à droite de pas  $p$ ).
- **Écrou 4** : en liaison glissière de direction  $\vec{y}$  avec le bâti.
- **Bras 2** : en liaison pivot d'axe  $(A, \vec{x})$  avec l'écrou 4, pivot d'axe  $(C, \vec{x})$  avec 3 et ponctuelle en E avec la plate forme 5.
- **Bras 3** : en liaison pivot d'axe  $(B, \vec{x})$  avec le bâti et ponctuelle en D avec la plate-forme 5.
- **Plate-forme 5** : en liaison glissière de direction  $\vec{z}$  avec le bâti 0.

L'arbre de sortie 1 du moto-réducteur tourne à une vitesse  $\omega_1$  autour de  $(F, \vec{y})$ . Cette rotation se transforme en une translation verticale de la plate-forme de vitesse  $V_z$ , grâce à la liaison hélicoïdale 1-4 et aux autres liaisons entre les éléments de la table.

**Question 1**

(les tracés sont à effectuer sur le document réponse DRI et à commenter brièvement sur la copie.)

**1-1** On pose :  $\vec{V}_{(F \in 4/0)} = V_y \vec{y}$

Déterminer  $V_y$  en fonction de  $\omega_1$ .

Evaluer  $V_y$  pour  $\omega_1 = -16 \text{ rd.s}^{-1}$  et  $p = 6 \text{ mm}$ .

Représenter  $\vec{V}_{(A \in 4/0)}$  sur la figure du DRI.

**1-2** Quelle est la trajectoire du point  $C \in 3$  dans son mouvement par rapport à 0.  
Déduire la direction de  $\vec{V}_{(C \in 3/0)}$ .

**1-3** Déterminer graphiquement  $\vec{V}_{(C \in 3/0)}$  et  $\vec{V}_{(D \in 3/0)}$ .

**1-4** Traduire la relation entre  $\vec{V}_{(D \in 3/0)}$ ,  $\vec{V}_{(D \in 3/5)}$  et  $\vec{V}_{(D \in 5/0)}$ , en précisant le mouvement concerné pour chaque vecteur vitesse.

**1-5** Déterminer  $V_z$ .

**Question 2**

Cette solution, certes, simple à réaliser et moins coûteuse, n'a pas apporté entière satisfaction en raison du glissement provoqué en D et E entre les bras et la plateforme. Les pertes d'énergie sont alors importantes et Les organes s'usent rapidement ; ce qui altère la précision des déplacements.

*Proposer le schéma cinématique ou d'architecture d'une autre solution permettant de combler ces défauts.*

**Question 3**

L'architecture du moto-réducteur est représentée sur la **figure 4 du document 2**. Les contacts entre les roues dentées sont supposés ponctuels avec Roulement sans glissement entre les roues.

On pose :  $\vec{Q}_{(M/O)} = \omega_m \cdot \vec{y}$

Formuler la loi «entrée/sortie» du réducteur :  $\omega_m = f(\omega_1)$ , et fonction des  $Z_i$ .

Evaluer alors  $\omega_m$ .

**Question 4**

Hypothèses : Toutes les liaisons sont parfaites.

**4-1** Tracer le graphe de structure du réducteur formé de A, (B+C), (D+E), F et O.

**4-2** Evaluer sa mobilité cinématique  $m_c$ .

**4-3** Evaluer son degrés d'hyperstaticité  $h$ . Conclure.

## C/ SYSTEME D'EVACUATION DES CAISSES PLEINES :

Les caisses métalliques sont chargées de pistons, et ensuite évacuées après leur fermeture, par un couvercle, au poste de fermeture.

Le système d'évacuation est constitué : (**figure 6 du document 3**)

- **D'un tapis** (4) : d'épaisseur  $e_4$  et de largeur  $h_1$ , muni de taquets servant de cales aux caisses transportées.
- **D'un tambour moteur** (1) : de forme cylindrique, de hauteur  $h_1$  et de diamètre  $D_1$ . En liaison pivot parfaite d'axe  $(O_1, \vec{y})$  avec le bâti 0 (non représenté). Ce tambour est entraîné en rotation par un moteur.
- **D'un tambour** (2), identique au précédent. En liaison pivot parfaite d'axe  $(O_2, \vec{y})$  avec le bâti 0.

Le repère galiléen  $R(O_1, \vec{x}, \vec{y}, \vec{z})$  est lié au bâti 0.  $\vec{z}$  : vertical ascendant.

La caisse transportée (3) de masse  $m_3$ , est de centre de gravité G, de coordonnées :

$(x, 0, e_4 + (D_1 + h)/2)$ , dans le repère  $(O_1, \vec{x}, \vec{y}, \vec{z})$ .

Le plan  $(O_1, \vec{x}, \vec{z})$  est plan médian de l'ensemble.

Le tapis est soutenu dans son brin supérieur par un ensemble de « n » galets, en liaisons pivot parfaites d'axe  $(C_i, \vec{y})$  avec le bâti.

Les galets sont régulièrement espacés sur la longueur « d » entre  $A_1$  et  $A_2$ .

$A_i$  : point de tangence entre le galet (i) et le tapis.

$C_i$  : centre du galet (i).

$A_1$  et  $B_1$  : points de tangence entre le tambour (1) et le tapis.

$A_2$  et  $B_2$  : points de tangence entre le tambour (2) et le tapis.

### C.1/ Couple transmissible par adhérence entre le tambour moteur et le tapis :

L'action mécanique exercée par le tambour moteur (1) sur le tapis (4) est modélisée, en chaque point M de leur surface de contact (*figure 7 du document 3*), par la densité surfacique de contact :  $\vec{f}_M (1 \rightarrow 4) = f_n \cdot \vec{n} + f_t \cdot \vec{t}$

$\vec{n}$  : vecteur normal.

$\vec{t}$  : vecteur tangent.

$(\vec{t}, \vec{n})$  est base orthonormée directe.  $\vec{OM} = y \cdot \vec{y} + D_1/2 \cdot \vec{n}$

La pression de contact  $f_n$  est, dans un souci de simplification du modèle, supposée uniforme et égale à  $f_0$ .

$\mu$  : coefficient de frottement entre le tambour et le tapis.

#### Question 5

Le couple transmissible par adhérence entre le tambour moteur (1) et le tapis est :

$C_{tr} = \vec{y} \cdot \vec{M}_{01 (1 \rightarrow 4)}$ , calculé à la limite du glissement.

5-1 Quelle relation y'a-t-il entre  $f_0$ ,  $f_t$  et  $\mu$  ?

5-2 Exprimer  $C_{tr}$  en fonction de  $f_0$ ,  $\mu$  et des autres données.

5-3 Au montage, on confère au tapis, supposé inextensible, une tension initiale  $T_0$ , appelée : « tension de pose ».

En appliquant le principe fondamental de la statique à la partie du tapis représentée sur la *figure 8 du document 3*, exprimer le théorème de la résultante statique en projection sur l'axe  $\vec{x}$ .

En déduire  $f_0$  en fonction de  $T_0$ .

5-4 Le constructeur a opté pour l'utilisation d'un tambour moteur dont la surface extérieure est striée et légèrement creuse. (voir *figure 9 du document 4*).

Expliquer les raisons de ce choix.

### C-2/ Modélisation cinétique des tambours :

Le tambour moteur est sous la forme d'un tube de diamètre  $D_1$  et d'épaisseur  $e_1$ , fermé d'un coté (voir *figure 10 du document 4*).

Il est homogène, et constitué d'un matériau de masse volumique  $\rho$ .

On désire déterminer la position du centre de gravité  $G_1$  et le moment d'inertie du tambour moteur par rapport à l'axe  $(0_1, \vec{y})$ ; pour cela, on le décompose en deux parties:

(voir *figure 11 du document 4*)

- Partie 1 ( $P_1$ ) : cylindre creux de diamètre extérieur  $D_1$ , d'épaisseur  $e_1$ , de hauteur  $(h_1 - e_1)$  et de masse  $m_{p1}$ .
- Partie 2 ( $P_2$ ) : cylindre plein, de diamètre  $D_1$ , de hauteur  $e_1$  et de masse  $m_{p2}$ .

#### Question 6

Exprimer, en fonction des données, les coordonnées du point  $G_1$  dans le repère  $(C_1, \vec{x}, \vec{y}, \vec{z})$  en fonction de  $m_{p1}$ ,  $m_{p2}$ ,  $e_1$  et  $h_1$ .

#### Question 7

Calculer, en explicitant clairement votre démarche, le moment d'inertie  $I_1$  de (1) par rapport à l'axe  $(0_1, \vec{y})$ , en laissant apparaître  $m_{p1}$  et  $m_{p2}$ .

### C-3/ Etude dynamique du système d'évacuation : (figure 6 document 3)

Hypothèses :

- ✓ Pas de glissement relatif entre le tapis, les tambours et les galets.
- ✓ Le tapis est inextensible et de masse nulle.
- ✓ Toutes les liaisons pivot sont parfaites.
- ✓ Une seule caisse est présente sur le tapis.

Les « n » galets sont identiques, et sous la forme d'un cylindre de diamètre  $D = D_1/6$ , de centre de gravité  $C_i$ , en liaison pivot parfaite d'axe  $(C_i, \vec{y})$  avec le bâti. Son moment d'inertie par rapport à son axe est noté  $I$ .

L'action mécanique exercée par chaque galet (i) sur le tapis est modélisée par le torseur :

$$\{i \rightarrow 4\} = \underset{A_i}{\left\{ \begin{array}{c} N_i \vec{z} \\ 0 \end{array} \right\}}$$

Le moteur d'entraînement exerce sur le tambour moteur (1) une action mécanique telle que :

$$\vec{y} \cdot \vec{M}_{01}(\text{moteur} \rightarrow 1) = C_m$$

Le tambour moteur (1) est de moment d'inertie  $I_1$  par rapport à son axe de rotation, et de vitesse :  $\vec{\Omega}_{(1/0)} = \omega_1 \vec{y}$  ( $\omega_1$  : variable).

La vitesse du centre de gravité G de la caisse est :  $\vec{V}_{(G/0)} = \dot{x} \vec{x}$

### Question 8

**8-1** Exprimer, en formulant les hypothèses adéquates, la relation entre  $\dot{x}$  et  $\omega_1$ .

**8-2** Appliquer le théorème de l'énergie cinétique au système  $\Sigma_2 = \{1, 2, 3, 4, n \text{ galets}\}$ , dans son mouvement par rapport au bâti, et déduire  $C_m$  en fonction de  $\omega_1$ . (équation notée (a)).

### Question 9

Le choix du tapis, nécessite la détermination de sa tension maximale. Au cours du fonctionnement, trois tensions différentes peuvent être définies :

- Tension dans le brin  $B_1B_2$  (brin mou) :  $T_1$ .
- Tension dans le brin  $A_2D_4$  :  $T_2$ .
- Tension dans le brin  $D_4A_1$  :  $T_3$ .

**9-1** Comparer les tensions  $T_1$ ,  $T_2$  et  $T_3$ .

**9-2** Isoler le système  $\Sigma_3 = \{2, \text{partie } A_2B_2 \text{ du tapis}\}$  :

- Ecrire le théorème du moment dynamique au point  $O_2$  en projection sur  $\vec{y}$ .
- Sachant que :  $T_1 + T_2 = 2.T_0$  ( $T_0$  : tension de pose), déduire  $T_2$ . (équation notée (b)).

**9-3** Isoler le système  $\Sigma_4 = \{3, \text{partie } A_2A_1 \text{ du tapis}\}$  :

- écrire le théorème de la résultante dynamique en projection sur  $\vec{x}$ . (équation notée (c)).

### Question 10

Des équations précédentes, exprimer  $T_3$  en fonction de :  $T_0$ ,  $C_m$ ,  $I_1$ ,  $D_1$ ,  $I$ ,  $n$  et  $m_3$ .

## D/ CODAGE DES CAISSES PLEINES

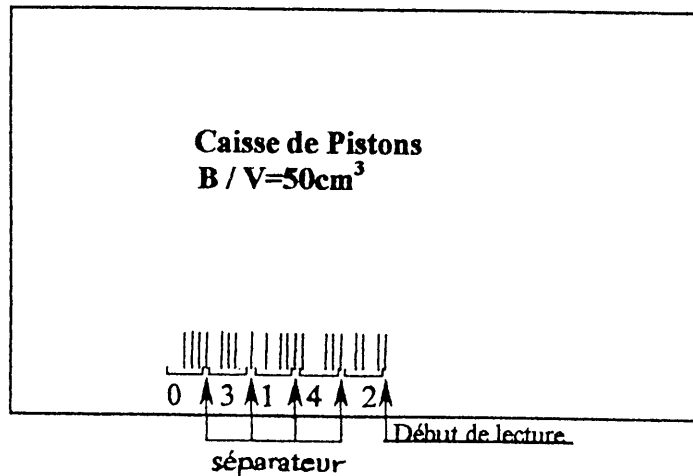
Au poste de fermeture et de codage, une étiquette, portant un code à barres **figure a**, est collée sur chaque caisse ; ce qui permet d'identifier ultérieurement sa destination.

Pour imprimer le code sur l'étiquette un opérateur saisi, sur un clavier numérique un nombre composé de chiffres  $D_1$ , correspondant à la destination de la caisse présente au poste. (Voir figure 12 du document 5). Chaque chiffre décimal est converti en binaire naturel et ensuite en code « 3 parmi 5 » ( $p_4, p_3, p_2, p_1, p_0$ ) déterminé selon le tableau **figure b** :

figure b :

Chiffre	$p_4$	$p_3$	$p_2$	$p_1$	$p_0$
0	0	0	1	1	1
1	0	1	0	1	1
2	0	1	1	0	1
3	0	1	1	1	0
4	1	0	0	1	1
5	1	0	1	0	1
6	1	0	1	1	0
7	1	1	0	0	1
8	1	1	0	1	0
9	1	1	1	0	0

figure a :



Les bits à « 1 » donnent lieu à l'inscription d'une barre verticale tandis que les bits à « 0 » sont représentés par un espace. Cette inscription est effectuée de droite à gauche, ce qui donne une étiquette:

**Question 11**

**11-1** Pourquoi appelle-t-on ce codage « 3 parmi 5 » ?

**11-2** Construire le tableau de Karnaugh de la « fonction validité »  $V$  qui prend la valeur 1 si  $(p_4, p_3, p_2, p_1, p_0)$  est l'image d'un chiffre décimal et la valeur 0 dans le cas contraire.

**11-3** Justifier l'intérêt de cette technique de codage vis-à-vis de la détection des erreurs.

**Question 12**

On veut construire un transcodeur qui traduit une séquence  $(p_4, p_3, p_2, p_1, p_0)$  de code « 3 parmi 5 » en code binaire naturel associé au chiffre décimal qu'elle représente.

Soit  $(b_n, b_{n-1}, \dots, b_1, b_0)$  cette écriture en binaire naturel.

**12-1** Combien faut-il de chiffres binaires pour écrire les nombres entre 0 et 9 ?

**12-2** Proposer l'expression de  $b_2 = f(p_4, p_3, p_2, p_1, p_0)$ .

**Question 13**

On suppose maintenant que les séquences  $(p_4, p_3, p_2, p_1, p_0)$  qui n'appartiennent pas au code « 3 parmi 5 » n'apparaissent jamais à l'entrée du transcodeur. Proposer une expression « simplifiée » de  $b_2$  dans ce cas.

## E/ ASSERVISSEMENT DE LA TÊTE DE SOUDAGE

La tête de soudage est un robot 2 axes, constitué de : (voir *figure 13 du document 5*)

- Socle ( $S_0$ ) : solidaire du chariot à déplacement longitudinal du portique.
- Bras ( $S_1$ ) : animé, par rapport à ( $S_0$ ), d'une rotation de paramètre  $\theta_2$  et d'axe vertical  $z$  ( $-90^\circ \leq \theta_2 \leq +90^\circ$ ).
- Poignet ( $S_2$ ) : en rotation, par rapport à ( $S_1$ ), de paramètre  $\theta_1$  autour d'un axe horizontal ( $-135^\circ \leq \theta_1 \leq +135^\circ$ ).
- Pince ( $S_3$ ) : serrant un outil de soudage (non représenté), grâce à un vérin électrique logé dans le poignet.

Le mouvement du poignet (de paramètre  $\theta_1$ ) est commandé par un moteur pas à pas ( $M_1$ ) travaillant en boucle ouverte. La rotation du bras (de paramètre  $\theta_2$ ) est commandée par un moteur à courant continu ( $M_2$ ), asservi en vitesse et en position.

Chaque mouvement possède deux capteurs de fin de course électriques.

### E-1/ Etude préliminaire :

#### Question 14

*Donner le principe de fonctionnement de la génératrice tachymétrique et du capteur potentiométrique.*

**L'étude suivante vise l'analyse des performances de l'asservissement du moteur à courant continu ( $M_2$ ), et la validation de l'intérêt du retour tachymétrique.**

Le schéma bloc de l'asservissement est celui de la *figure 14 du document 5*, avec :

$u(t)$  : tension de consigne.

$u_e(t)$  : tension d'excitation du moteur ( $M_2$ ).

$\omega_2(t)$  : vitesse du rotor du moteur ( $M_2$ ).

$u_{r2}(t)$  : tension de sortie de la génératrice tachymétrique, supposée proportionnelle à la vitesse  $\omega_2$ .  
(coefficient de proportionnalité :  $K_T$ ).

$\omega_2(t)$  : vitesse de sortie du réducteur. (Rapport de réduction :  $N = 5 \cdot 10^{-2} = \omega_2 / \omega_2'$ ).

$u_{r1}(t)$  : tension de sortie du capteur potentiométrique, supposée proportionnelle à la position  $\theta_2$ .  
(coefficient de proportionnalité :  $K_p = 1$ ).

$\varepsilon(t)$  : signal d'erreur.

La fonction de transfert du moteur ( $M_2$ ) peut être ramenée sous la forme :

$$M(p) = \Omega_2'(p) / U_e(p) = K_1 / (1 + Tp)$$

Avec :  $T = 0,05$  s : constante de temps mécanique.  
 $K_1 = 4$  : gain statique.

### E-2/ Asservissement sans retour tachymétrique :

Le schéma bloc est celui de la *figure 15 du document 6*.

#### Question 15

*Retracer le schéma bloc, en précisant les fonctions de transfert.*

#### Question 16

- 16-1** Exprimer la fonction de transfert en boucle ouverte du système :  $H_{bo}(p)$ , et préciser ses caractéristiques : ordre, classe...
- 16-2** Pour  $K = 1$ , représenter, sur le document réponse **DR2**, les diagrammes asymptotiques de Bode, et l'allure des courbes de Bode.
- 16-3** Pour  $K = 1$ , donner la valeur approchée de la pulsation  $\omega_a$  pour laquelle le module de  $H_{bo}(j\omega_a)$  est l'unité puis calculer la marge de phase de l'asservissement :  $MP$ .
- 16-4** L'asservissement, est-il stable ? justifier.
- 16-5** Dédurre, en explicitant votre démarche, la valeur maximale du gain  $K$  :  $K_{max}$ , pour laquelle  $MP = 45^\circ$ .



**Question 17**

- 17-1** Exprimer la fonction de transfert en boucle fermée du système :  $H_M(p)$ , en fonction de :  $K_I$ ,  $K$ ,  $N$  et  $T$ .
- 17-2** Donner l'expression littérale de la pulsation propre  $\omega_n$ , du coefficient d'amortissement  $\xi$  et du gain statique. Faire l'application numérique pour  $K = 100$ .
- 17-3** Donner, en le démontrant, la valeur de l'écart statique  $\varepsilon_s$ , pour une entrée échelon unitaire. Ce résultat, était-il prévisible ?
- 17-4** Tracer, sur votre copie, l'allure de la réponse de l'asservissement à une entrée échelon unitaire. (Préciser toutes les quantités et valeurs remarquables).
- 17-5** En utilisant la courbe du document 6, déterminer le temps de réponse à 5% de l'asservissement.

**Question 18**

Les performances recherchées pour cet asservissement sont : la précision, la rapidité, une stabilité suffisante et non dépassement de la consigne.

- 18-1** Justifier que pour la commande de ce robot, toute forme de dépassement de la consigne est inacceptable.
- 18-2** Tenant compte des résultats précédents, les performances obtenues sont-elles suffisantes ?
- 18-3** Déterminer la valeur  $K_0$  du gain  $K$  qui soit telle que : la réponse à un échelon ne présente pas de dépassement ( $\xi = 1$ ). Déterminer, alors, la nouvelle valeur  $\omega_{no}$  de  $\omega_n$ . Conclure quant aux nouvelles performances du système.
- 18-4** Quelle est l'effet de la variation du gain  $K$  sur la rapidité et l'amortissement de l'asservissement ?

**E-3/ Asservissement avec retour tachymétrique**

La génératrice délivre une tension  $u_{r2}(t)$  proportionnelle à la vitesse  $\omega_2(t)$  ; ( $u_{r2} = K_T \cdot \omega_2$ ).

**Question 19**

Tracer le schéma bloc de l'asservissement avec retour tachymétrique, en précisant les fonctions de transfert.

**Question 20**

- 20-1** Déterminer la fonction de transfert en boucle fermée de l'asservissement :  $H_{TM}(p) = \theta_2(p) / U(p)$ .
- 20-2** Exprimer la pulsation propre  $\omega_{TM}$  et le coefficient d'amortissement  $\xi_T$  du système, en fonction de  $K_T$ ,  $K$ ,  $K_I$ ,  $N$  et  $T$ .
- 20-3** L'augmentation du gain  $K$ , donc l'amélioration de la rapidité, aura-t-elle, systématiquement, un effet néfaste sur l'amortissement ? expliquer.
- 20-4** Calculer la valeur de  $K$  et  $K_T$  afin que :  $\omega_{TM} = 17 \text{ rds}^{-1}$  et  $\xi_T = 1$ . Déduire alors  $T_{5\%}$  de l'asservissement.

**Question 21**

Le choix du constructeur est-il validé ? (votre réponse doit être sous forme de récapitulatif).

## Document 1

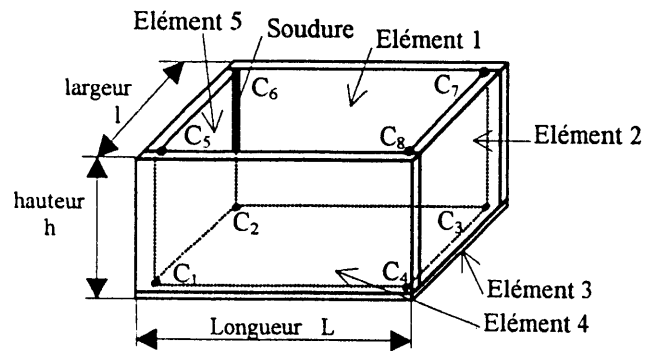


Figure 1

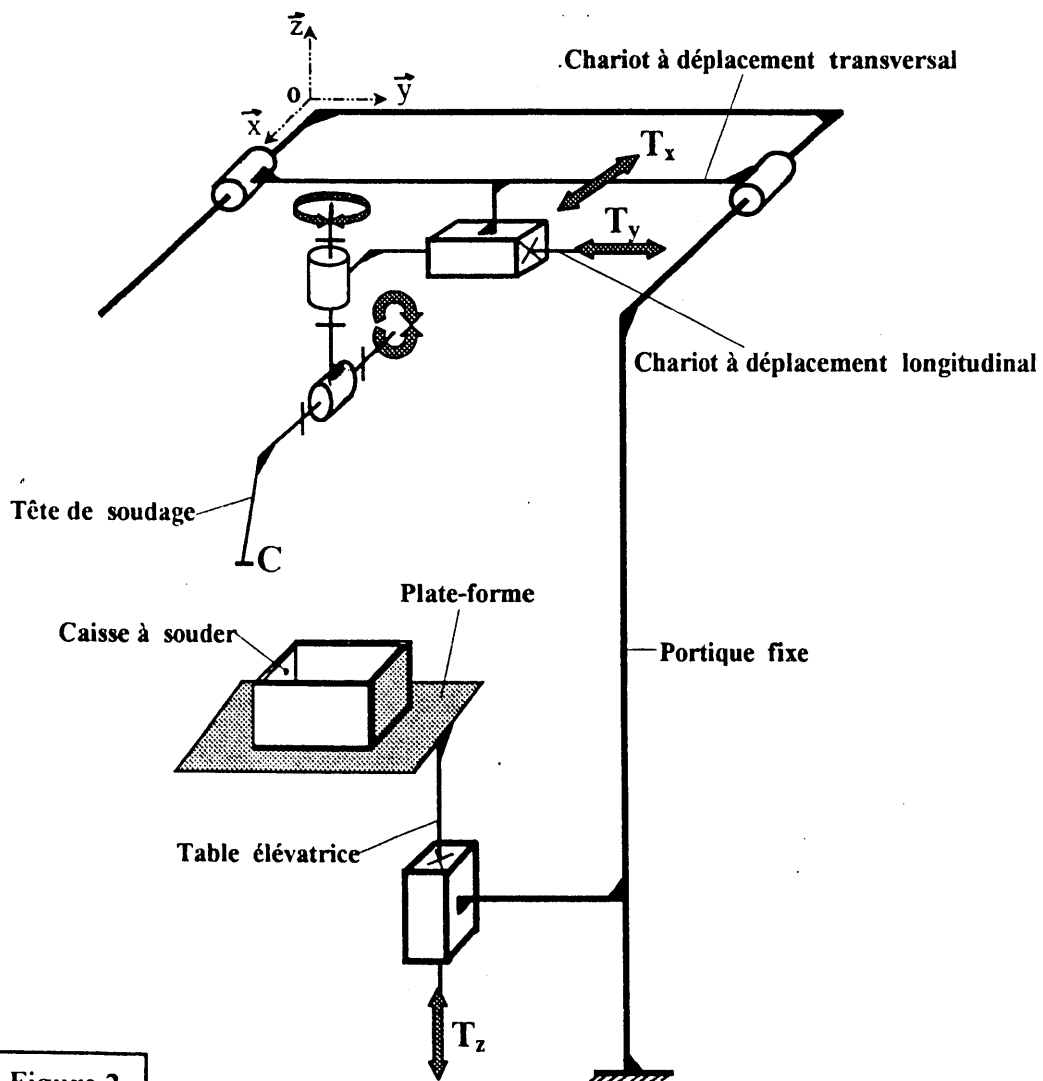


Figure 2

## Document 2

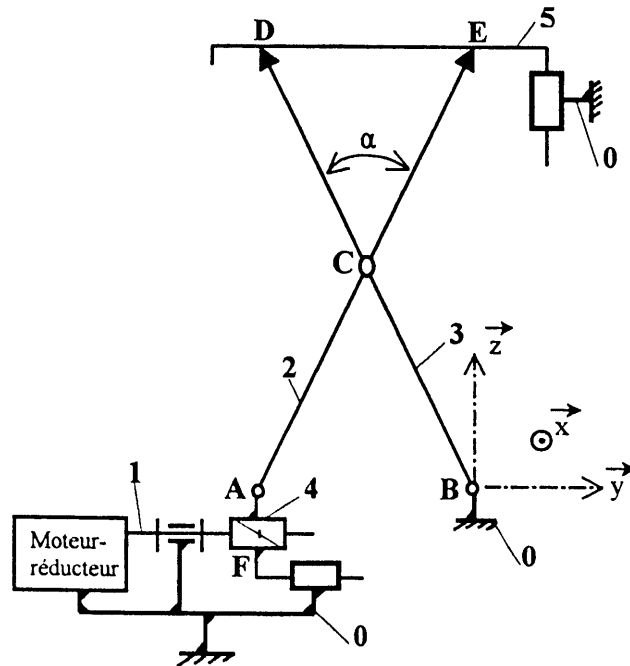
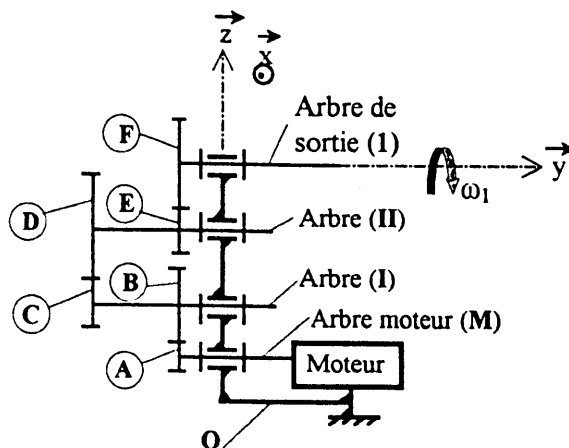


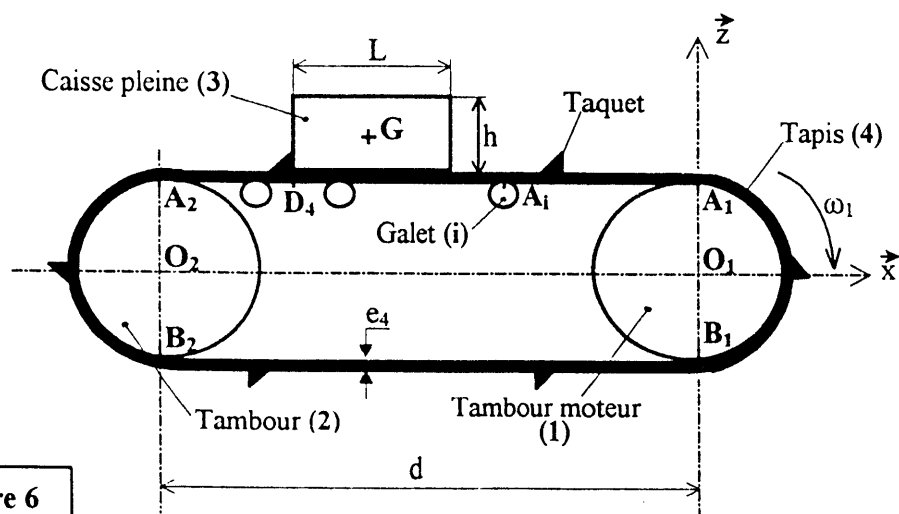
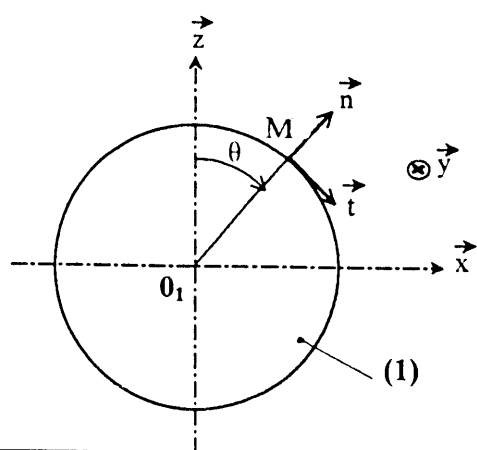
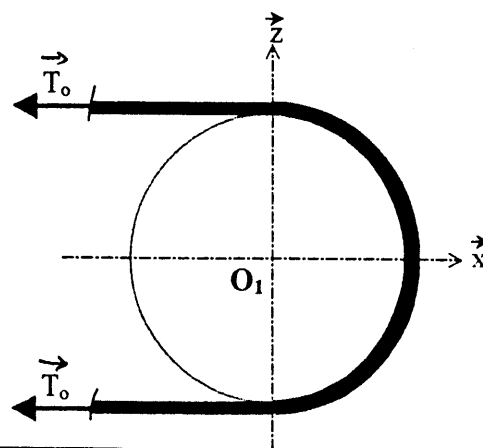
Figure 3



Roue	Nombre de dents
A	$Z_A = 20$
B	$Z_B = 45$
C	$Z_C = 25$
D	$Z_D = 52$
E	$Z_E = 22$
F	$Z_F = 48$

Figure 4

Remarque : pour les roues dentées, on a relation :  $D_i = m \cdot Z_i$ ,  
 $D_i$  : diamètre de la roue  $i$ .  
 $m$  : est appelé module et il est le même pour l'ensemble des roues.

**Document 3****Figure 6****Figure 7****Figure 8**

# Document 4

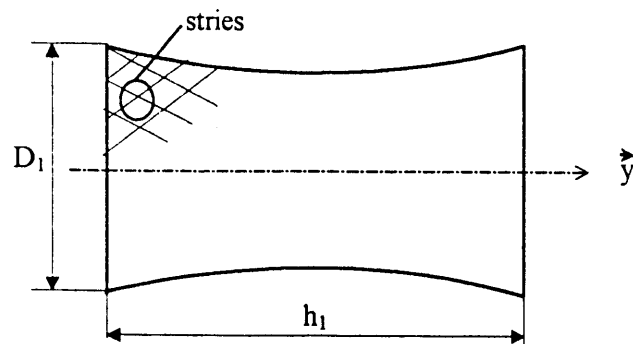
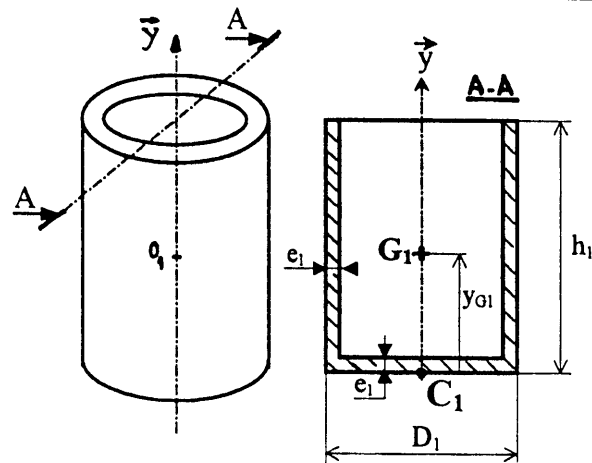


Figure 9



$C_1$  : centre de la base inférieure du tambour

Figure 10

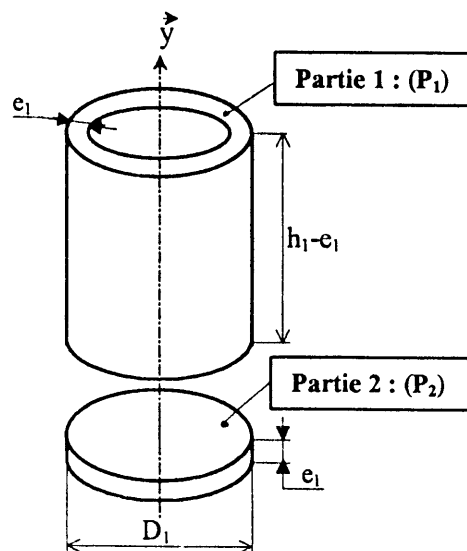


Figure 11

# Document 5

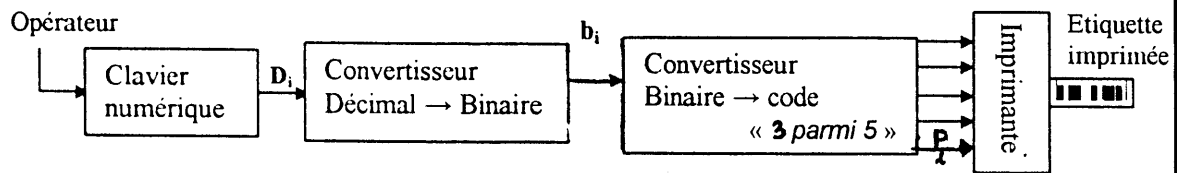


Figure 12

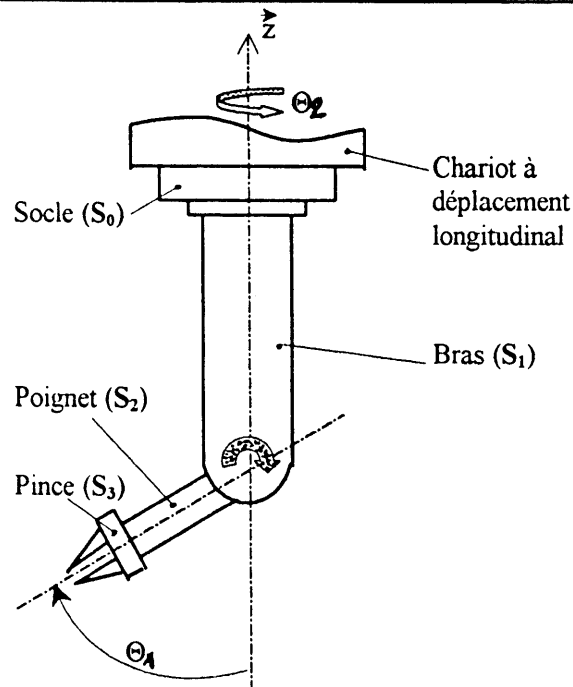


Figure 13

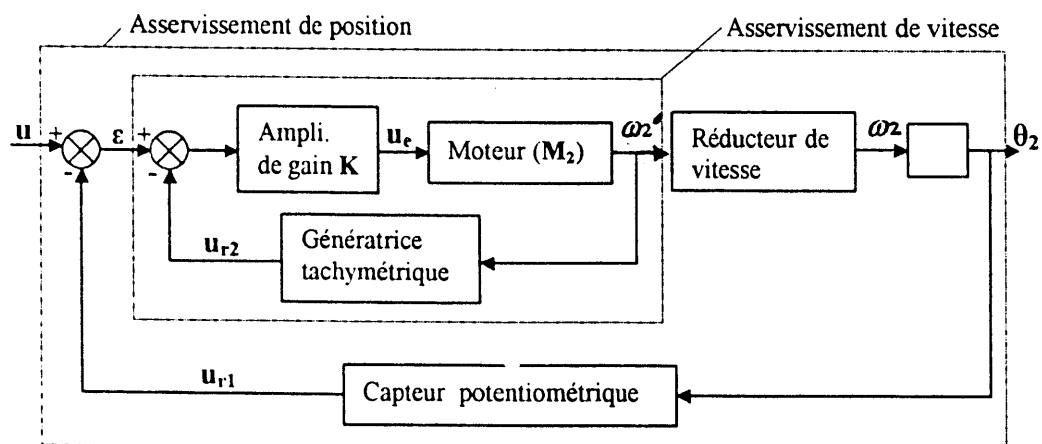


Figure 14

## Document 6

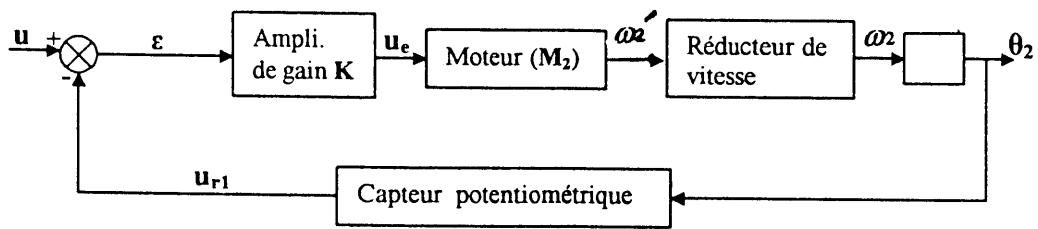
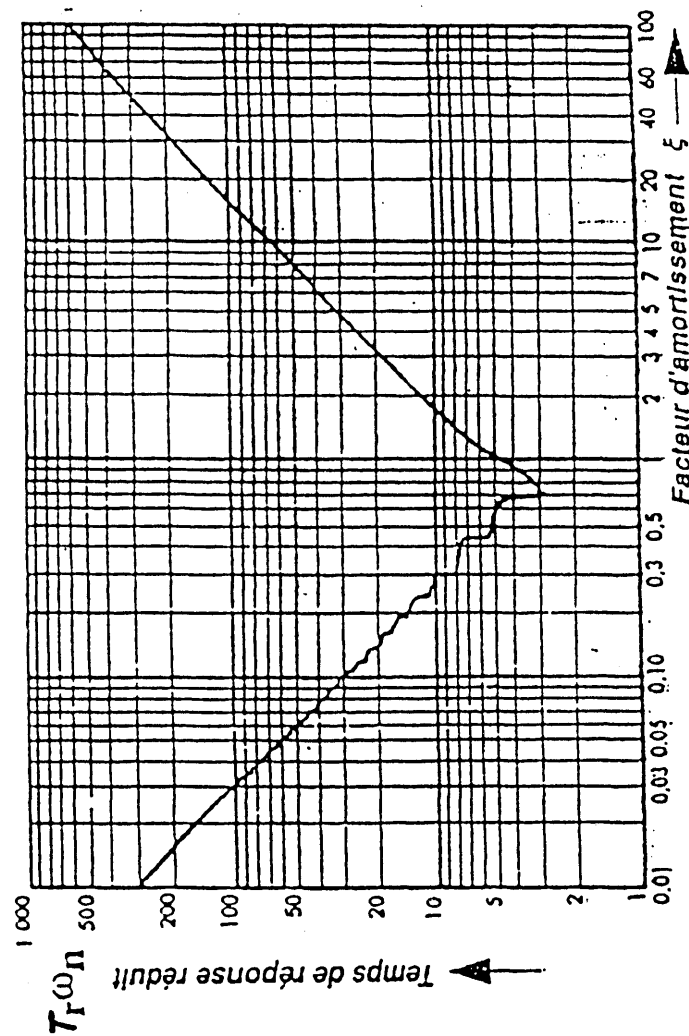


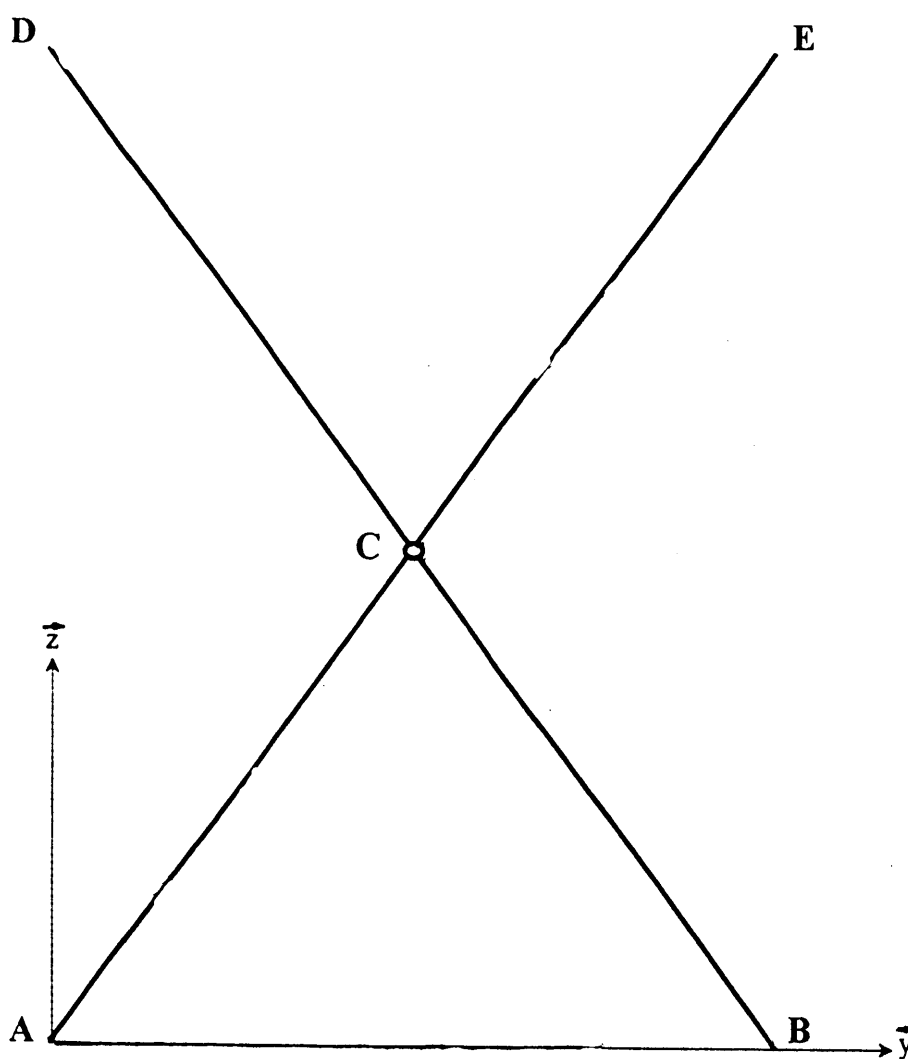
Figure 15



Abaque donnant le temps de réponse à 5% en fonction de  $\omega_n$  et  $\xi$  pour un système second ordre

**DOCUMENT-REPONSE DR1**

*Nota : ne pas inscrire votre nom ou tout signe pouvant identifier votre copie*



Echelle : 5mm  $\rightarrow$  1 mm.s<sup>-1</sup>



