



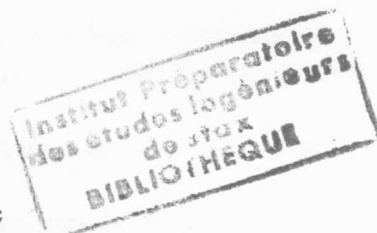
Concours Technologie

Epreuve de Sciences et Techniques de l'Ingénieur

DOSSIER ENONCE DE L'EPREUVE

Le sujet comporte :

- Un dossier énoncé de l'épreuve ;
- Un dessin d'ensemble format A3 ;
- Un dossier document réponse.



Session Juin 2006

REPUBLIQUE TUNISIENNE

Ministère de l'Enseignement
Supérieur
Concours nationaux d'entrée aux cycles de
formation d'ingénieurs
Session 2006



الجمهورية التونسية
وزارة التعليم العالي
المناظرات الوطنية للدخول
إلى مراحل تكوين المهندسين
لدورة 2006

Concours Technologie

Epreuve de Sciences et Techniques de l'Ingénieur

Date : Mardi 9 Juin 2006

Heure : 8 H

Durée : 5 H

Nombre de pages : 13

Barème : Partie A : 10 points, Partie B : 5 points, Partie C : 5 points

- *Aucun document n'est autorisé.*
- *L'utilisation de calculatrice de poche non programmable est autorisée.*
- *Les différentes parties de l'épreuve sont :*
 - *la parties A (Technologies de Conception et de Production)*
 - *la partie B (Mécanique)*
 - *la parti C (Automatique).*
- *Les différentes parties sont indépendantes et doivent être traitées sur le dossier document réponse.*
- *Un seul dossier document réponse est fourni au candidat, le renouvellement de ce dossier au cours d'épreuve est interdit. Il doit être rendu même sans réponses.*

MACHINE A FORER

MISE EN SITUATION ET DESCRIPTION

En production mécanique on distingue différentes opérations d'usinage telle que le perçage des trous profonds qui nécessite l'emploi d'une machine à forer. Cette machine, constituant le support d'étude de cette épreuve, est définie par la *Figure 1*.

Elle se compose principalement des éléments suivants :

- un pupitre de commande (A),
- une unité de forage (B),
- un chariot (C),
- une boîte des avances (D),
- un boîtier support de canon de perçage (E),
- une unité de serrage (F),
- un bâti (G).

Le **pupitre de commande (A)** permet à l'opérateur de donner les ordres de fonctionnement de la machine (marche, arrêt, etc.).

L'**unité de forage (B)** permet d'entraîner en rotation l'outil de forage pour exécuter l'opération de perçage de la pièce qui est fixée sur la table de la machine par l'intermédiaire de l'**unité de serrage (F)**.

La **boîte des avances (D)** permet d'assurer, à travers un système vis écrou, le déplacement du **chariot (C)** supportant l'unité de forage (B) afin de réaliser un cycle de forage (*Figure 2*).

Le **boîtier support de canon de perçage (E)** assure le guidage en rotation et en translation de l'outil de forage au cours de l'opération de forage.

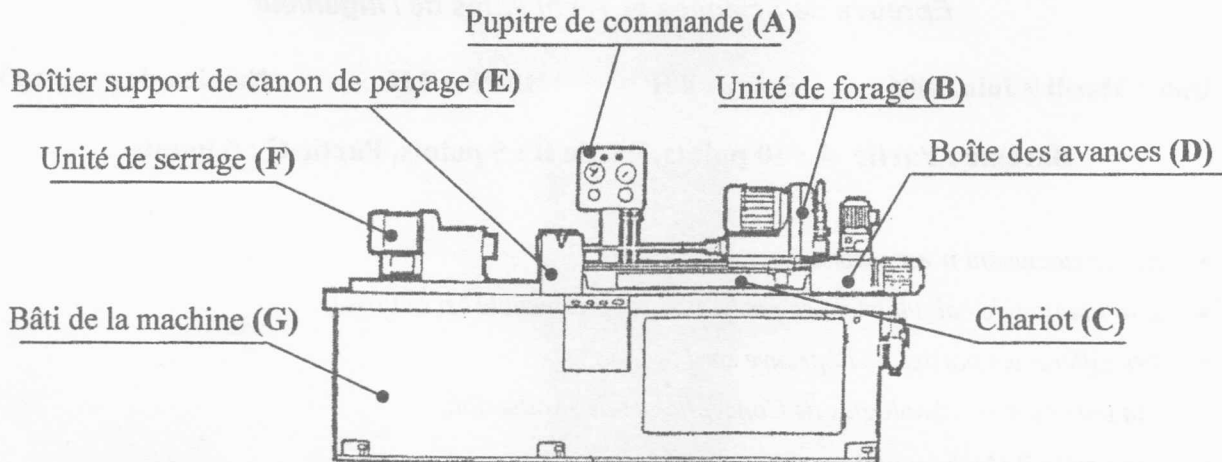
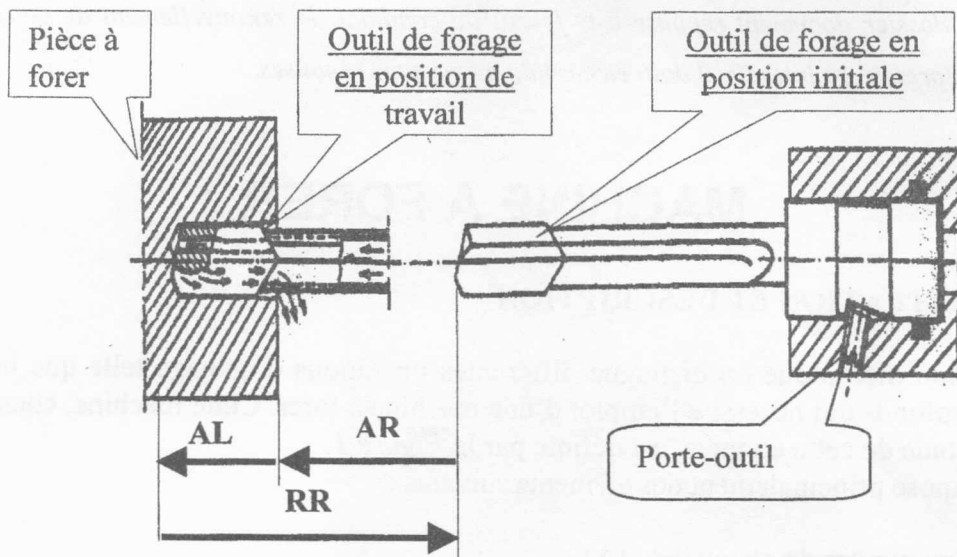


Figure 1: Machine à forer



AL: Avance lente, AR: Avance rapide, RR: Retour rapide.

Figure 2 : Cycle de forage

PARTIE A: TECHNOLOGIES DE CONCEPTION ET DE PRODUCTION

Les questions de cette partie se trouvent sur le dossier document réponse (pages 1-16)

Dans cette partie on s'intéresse à l'étude de la **boîte des avances (D)** de la *Figure 1*, définie par le dessin d'ensemble (Document 1).

Cette boîte est constituée des organes suivants :

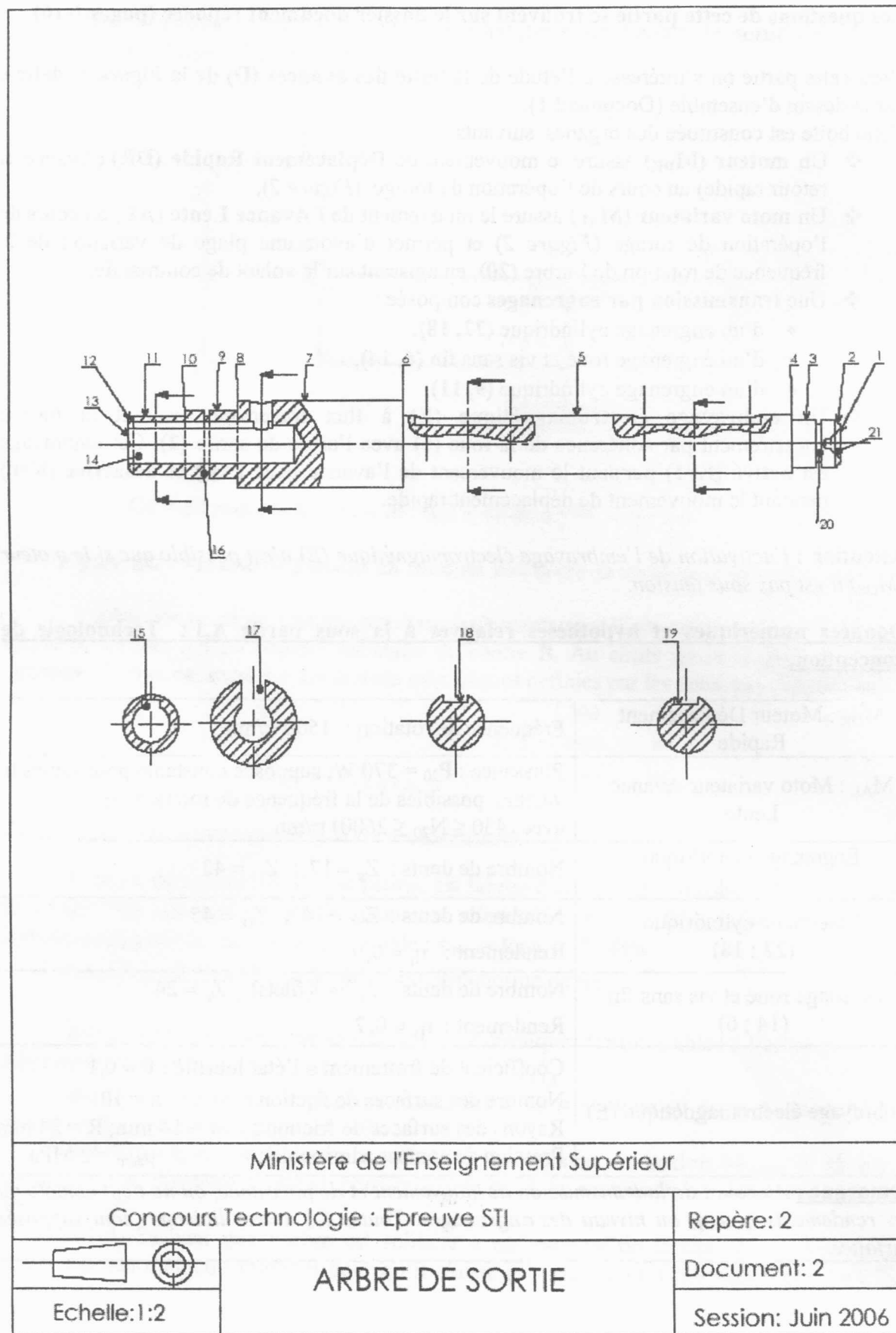
- ❖ Un **moteur (M_{DR})** assure le mouvement de **Déplacement Rapide (DR)** (Avance et retour rapide) au cours de l'opération de forage (*Figure 2*),
- ❖ Un **moto variateur (M_{AL})** assure le mouvement de l'**Avance Lente (AL)** au cours de l'opération de forage (*Figure 2*) et permet d'avoir une plage de variation de la fréquence de rotation de l'arbre (20), en agissant sur le volant de commande,
- ❖ Une **transmission par engrenages** composée :
 - d'un engrenage cylindrique (22, 18),
 - d'un engrenage roue et vis sans fin (6, 14),
 - d'un engrenage cylindrique (9, 11).
- ❖ Un **embrayage électromagnétique (E)** à flux traversant assurant la liaison encastrement par adhérence de la roue (6) avec l'arbre de sortie (2). Cet embrayage est **activé ($E=1$)** pendant le mouvement de l'avance lente (AL) et **désactivé ($E=0$)** pendant le mouvement de déplacement rapide.

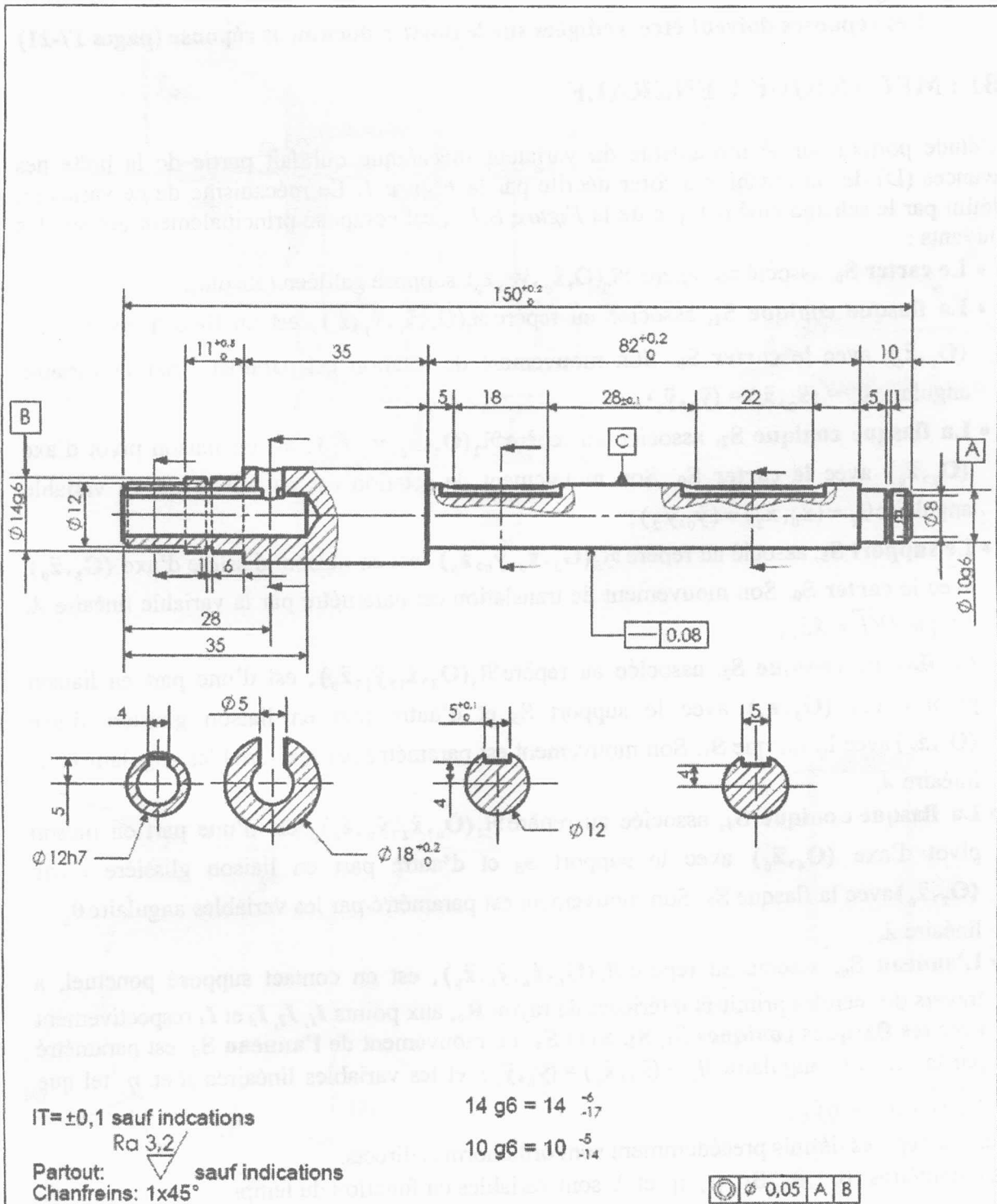
Attention : l'activation de l'embrayage électromagnétique (E) n'est possible que si le moteur (M_{DR}) n'est pas sous tension.

Données numériques et hypothèses relatives à la sous partie A.1 : Technologie de conception.

M_{DR} : Moteur Déplacement Rapide	Fréquence de rotation : 1500 tr/mn.
M_{AL} : Moto variateur Avance Lente	Puissance : $P_{20} = 370$ W, supposée constante pour toutes les valeurs possibles de la fréquence de rotation N_{20} , avec $(430 \leq N_{20} \leq 2600)$ tr/mn
Engrenage cylindrique (9 ; 11)	Nombre de dents : $Z_9 = 17$; $Z_{11} = 42$
Engrenage cylindrique (22 ; 18)	Nombre de dents : $Z_{22} = 14$; $Z_{18} = 45$ Rendement : $\eta_1 = 0,9$
Engrenage roue et vis sans fin (14 ; 6)	Nombre de dents : $Z_{14} = 3(\text{filets})$; $Z_6 = 24$ Rendement : $\eta_2 = 0,7$
Embrayage électromagnétique (E)	Coefficient de frottement à l'état lubrifié : $f = 0,1$ Nombre des surfaces de friction : $n = 10$ Rayons des surfaces de friction : $r = 14$ mm ; $R = 24$ mm Pression de contact admissible : $p_{adm} = 2$ MPa
Remarque : Au cours de la transmission de mouvement et de puissance, on ne tient compte que des rendements η_1 et η_2 au niveau des engrenages. Toutes les autres liaisons sont supposées parfaites.	

Dessins de définition relatives à la sous partie A.2 : Technologie de Production

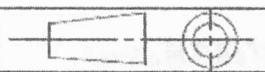




Ministère de l'Enseignement Supérieur

Concours Technologie : Epreuve STI

Repère : 2



Echelle:1:2

ARBRE DE SORTIE

Document: 3

Session : Juin 2006

PARTIE B : MECANIQUE

Les réponses doivent être rédigées sur le dossier document réponse (pages 17-21)

B1 : MECANIQUE GENERALE

L'étude portera sur le mécanisme du variateur mécanique qui fait partie de la boîte des avances (D) de la machine à forer décrite par la *Figure 1*. Le mécanisme de ce variateur, défini par le schéma cinématique de la *Figure B.1.1*, est composé principalement des solides suivants :

- Le **carter** S_0 , associé au repère $\mathcal{R}_0(\mathbf{O}, \bar{\mathbf{x}}_0, \bar{\mathbf{y}}_0, \bar{\mathbf{z}}_0)$ supposé galiléen (absolu),
- La **flasque conique** S_1 , associée au repère $\mathcal{R}_1(\mathbf{O}_1, \bar{\mathbf{x}}_1, \bar{\mathbf{y}}_1, \bar{\mathbf{z}}_0)$, est en liaison pivot d'axe $(\mathbf{O}_1, \bar{\mathbf{z}}_0)$ avec le **carter** S_0 . Son mouvement de rotation est paramétré par la variable angulaire $\theta_1 = (\bar{\mathbf{x}}_0, \bar{\mathbf{x}}_1) = (\bar{\mathbf{y}}_0, \bar{\mathbf{y}}_1)$,
- La **flasque conique** S_2 , associée au repère $\mathcal{R}_2(\mathbf{O}_2, \bar{\mathbf{x}}_2, \bar{\mathbf{y}}_2, \bar{\mathbf{z}}_0)$, est en liaison pivot d'axe $(\mathbf{O}_2, \bar{\mathbf{z}}_0)$ avec le **carter** S_0 . Son mouvement de rotation est paramétré par la variable angulaire $\theta_2 = (\bar{\mathbf{x}}_0, \bar{\mathbf{x}}_2) = (\bar{\mathbf{y}}_0, \bar{\mathbf{y}}_2)$,
- Le **support** S_5 , associé au repère $\mathcal{R}_5(\mathbf{G}_5, \bar{\mathbf{x}}_0, \bar{\mathbf{y}}_0, \bar{\mathbf{z}}_0)$, est en liaison glissière d'axe $(\mathbf{G}_5, \bar{\mathbf{z}}_0)$ avec le **carter** S_0 . Son mouvement de translation est paramétré par la variable linéaire λ , tel que $\overline{OG_5} = \lambda \bar{\mathbf{z}}_0$,
- La **flasque conique** S_3 , associée au repère $\mathcal{R}_3(\mathbf{O}_3, \bar{\mathbf{x}}_1, \bar{\mathbf{y}}_1, \bar{\mathbf{z}}_0)$, est d'une part en liaison pivot d'axe $(\mathbf{O}_3, \bar{\mathbf{z}}_0)$ avec le **support** S_5 et d'autre part en liaison glissière d'axe $(\mathbf{O}_1, \bar{\mathbf{z}}_0)$ avec la flasque S_1 . Son mouvement est paramétré par les variables angulaire θ_1 et linéaire λ ,
- La **flasque conique** S_4 , associée au repère $\mathcal{R}_4(\mathbf{O}_4, \bar{\mathbf{x}}_2, \bar{\mathbf{y}}_2, \bar{\mathbf{z}}_0)$, est d'une part en liaison pivot d'axe $(\mathbf{O}_4, \bar{\mathbf{z}}_0)$ avec le **support** S_5 et d'autre part en liaison glissière d'axe $(\mathbf{O}_2, \bar{\mathbf{z}}_0)$ avec la flasque S_2 . Son mouvement est paramétré par les variables angulaire θ_2 et linéaire λ ,
- L'**anneau** S_6 , associé au repère $\mathcal{R}_6(\mathbf{G}_6, \bar{\mathbf{x}}_6, \bar{\mathbf{y}}_6, \bar{\mathbf{z}}_0)$, est en contact supposé ponctuel, à travers des cercles primitifs intérieurs de rayon R_6 , aux points I_1, I_2, I_3 et I_4 respectivement avec les **flasques coniques** S_1, S_2, S_3 et S_4 . Le mouvement de l'**anneau** S_6 est paramétré par la variable angulaire $\theta_6 = (\bar{\mathbf{x}}_0, \bar{\mathbf{x}}_6) = (\bar{\mathbf{y}}_0, \bar{\mathbf{y}}_6)$ et les variables linéaires μ et η tel que $\overline{G_6G_5} = \mu \bar{\mathbf{z}}_0 + \eta \bar{\mathbf{y}}_0$.

Tous les repères définis précédemment sont orthonormés directs.

Les paramètres $\theta_1, \theta_2, \theta_6, \mu, \eta$ et λ sont variables en fonction du temps.

On définit les vecteurs positions suivants :

$$\begin{aligned} \overline{OO_1} &= (\lambda_0 - b) \bar{\mathbf{z}}_0 + a \bar{\mathbf{y}}_0, \quad \overline{OO_2} = (\lambda_0 + b) \bar{\mathbf{z}}_0 - a \bar{\mathbf{y}}_0, \quad \overline{OG_5} = \lambda \bar{\mathbf{z}}_0, \quad \overline{G_6G_5} = \mu \bar{\mathbf{z}}_0 + \eta \bar{\mathbf{y}}_0 \\ \overline{G_5O_3} &= b \bar{\mathbf{z}}_0 + a \bar{\mathbf{y}}_0, \quad \overline{G_5O_4} = -b \bar{\mathbf{z}}_0 - a \bar{\mathbf{y}}_0, \\ \overline{O_1I_1} &= (h - r_1 \tan \alpha) \bar{\mathbf{z}}_0 + r_1 \bar{\mathbf{y}}_0, \quad \overline{O_3I_3} = -(h - r_1 \tan \alpha) \bar{\mathbf{z}}_0 + r_1 \bar{\mathbf{y}}_0, \quad \overline{O_2I_2} = -(h - r_2 \tan \alpha) \bar{\mathbf{z}}_0 - r_2 \bar{\mathbf{y}}_0 \\ \overline{O_4I_4} &= (h - r_2 \tan \alpha) \bar{\mathbf{z}}_0 - r_2 \bar{\mathbf{y}}_0, \quad \overline{I_4I_1} = \overline{I_2I_3} = 2R_6 \bar{\mathbf{y}}_0, \quad \overline{I_1I_3} = \overline{I_4I_2} = \ell \bar{\mathbf{z}}_0. \end{aligned}$$

Avec : $a, b, h, \alpha, \lambda_0, R_6$ et ℓ sont des constantes positives et non nulles.

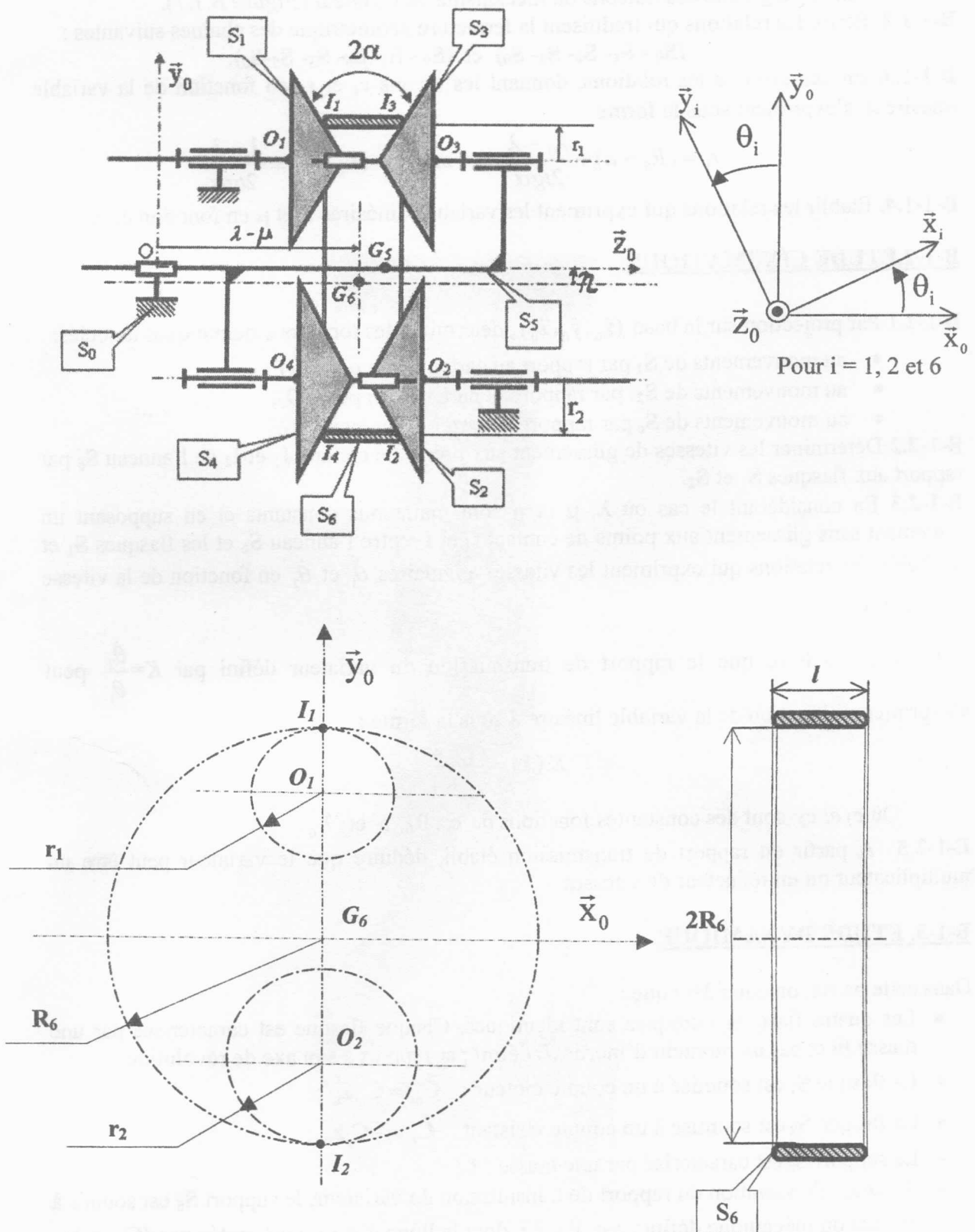


Figure B.1.1: Schéma cinématique de mécanisme du variateur mécanique

B-1-1. ETUDE GEOMETRIQUE

B-1-1.1. Etablir le graphe des liaisons du mécanisme de variateur (*Figure B.1.1*).

B-1-1.2. Ecrire les relations qui traduisent la fermeture géométrique des chaînes suivantes :

$$(S_0 - S_1 - S_6 - S_2 - S_0) \text{ et } (S_0 - S_1 - S_6 - S_3 - S_5 - S_0).$$

B-1-1.3. En déduire que les relations, donnant les rayons r_1 et r_2 en fonction de la variable linéaire λ , s'expriment sous la forme :

$$r_1 = (R_6 - a) + \frac{\lambda_0 - \lambda}{2 \tan \alpha} \quad \text{et} \quad r_2 = (R_6 - a) + \frac{\lambda - \lambda_0}{2 \tan \alpha}$$

B-1-1.4. Etablir les relations qui expriment les variables linéaires η et μ en fonction de λ .

B-1-2. ETUDE CINEMATIQUE

B-1-2.1 Par projection sur la base $(\vec{x}_0, \vec{y}_0, \vec{z}_0)$, déterminer les torseurs cinématiques associés :

- au mouvements de S_1 par rapport au carter S_0 au point O_1 ,
- au mouvements de S_2 par rapport au carter S_0 au point O_2 ,
- au mouvements de S_6 par rapport au carter S_0 au point G_6 ,

B-1-2.2 Déterminer les vitesses de glissement aux points de contact I_1 et I_2 de l'anneau S_6 par rapport aux flasques S_1 et S_2 .

B-1-2.3 En considérant le cas où λ , μ et η sont maintenus constants et en supposant un roulement sans glissement aux points de contact I_1 et I_2 entre l'anneau S_6 et les flasques S_1 et S_2 , établir les relations qui expriment les vitesses angulaires $\dot{\theta}_1$ et $\dot{\theta}_2$ en fonction de la vitesse angulaire $\dot{\theta}_6$.

B-1-2.4 En déduire que le rapport de transmission du variateur défini par $K = \frac{\dot{\theta}_2}{\dot{\theta}_1}$ peut s'exprimer en fonction de la variable linéaire λ sous la forme :

$$K(\lambda) = \frac{c_1 - \lambda}{c_2 + \lambda}$$

Où c_1 et c_2 sont des constantes fonctions de α , R_6 , a et λ_0 .

B-1-2.5 A partir du rapport de transmission établi, déduire que le variateur peut être un multiplicateur ou un réducteur de vitesses.

B-1-3. ETUDE DYNAMIQUE

Dans cette partie, on considère que :

- Les quatre flasques coniques sont identiques. Chaque flasque est caractérisée par une masse m et par un moment d'inertie J_z défini par rapport à son axe de révolution ;
- La flasque S_1 est soumise à un couple moteur : $\vec{C}_m = C_m \vec{z}_0$;
- La flasque S_2 est soumise à un couple résistant : $\vec{C}_r = -C_r \vec{z}_0$;
- Le support S_5 est caractérisé par une masse M ;
- Au cours de variation du rapport de transmission du variateur, le support S_5 est soumis à une action mécanique définie par $\vec{F} = F \vec{z}_0$ dont la ligne d'action est portée par (G_5, \vec{z}_0) ;
- L'inertie de l'anneau est supposée négligeable devant les autres inerties ;
- L'action de champ de pesanteur est négligée ;
- Toutes les liaisons mécaniques sont supposées parfaites sauf les contacts aux points I_1 , I_2 , I_3 et I_4 qui sont caractérisés par un coefficient de frottement f .

B-1-3.1. Caractéristiques d'inertie :

On considère le solide (S), modélisant l'une de quatre flasques, auquel on associe au repère orthonormé direct $(O, \vec{x}, \vec{y}, \vec{z})$ (Figure B.1.2). Il est supposé homogène, de masse m , formé par un cône (rayon R ; hauteur h) et d'un cylindre (rayon $r = \frac{1}{2}R$; hauteur $H = 3h$).

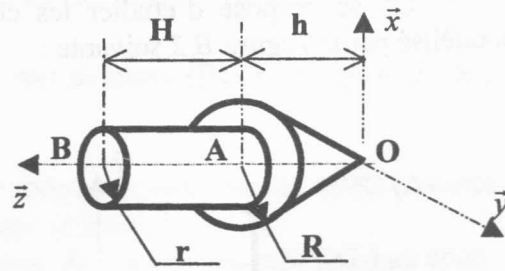


Figure B.1.2 : Solide (S)

B-1-3.1.1. Déterminer la position du centre de masse G du solide (S) : \overline{OG} .

B-1-3.1.2. Déterminer le moment d'inertie J_z du solide (S) par rapport à l'axe de révolution (O, \vec{z}) .

B-1-3.2. Etude énergétique :

On se propose d'étudier le comportement dynamique du système formé par $\Sigma = \{S_1, S_2, S_3, S_4, S_5, S_6\}$ pour λ, μ et η constantes et pour un roulement sans glissement entre l'anneau S_6 et les flasques aux points de contacts.

B-1-3.2.1. Faire l'inventaire des actions mécaniques extérieures appliquées au système Σ .

B-1-3.2.2. Déterminer la puissance développée par les actions mécaniques appliquées au système Σ dans son mouvement par rapport à S_0 .

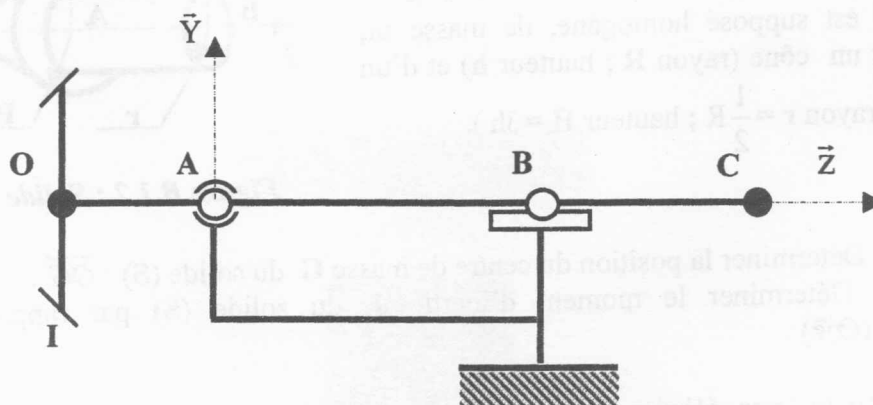
B-1-3.2.3. Déterminer, dans la base $(\vec{x}_0, \vec{y}_0, \vec{z}_0)$, le torseur cinétique au point O_1 du solide S_1 dans son mouvement par rapport à S_0 .

B-1-3.2.4. Déterminer l'énergie cinétique de Σ au cours de son mouvement par rapport à S_0 .

B-1-3.2.5. Sachant que $K = \frac{\dot{\theta}_2}{\dot{\theta}_1}$, appliquer le théorème de l'énergie cinétique au système Σ au cours de son mouvement par rapport à S_0 . En déduire son équation de mouvement.

B.2 STATIQUE ET RESISTANCE DES MATERIAUX

On se propose d'étudier les charges appliquées sur l'arbre de sortie du variateur modélisé par la Figure B.2 suivante :



$$OI = 50 \text{ mm} ; OA = 30 \text{ mm} ; AB = 60 \text{ mm} ; BC = 50 \text{ mm}$$

Figure B.2 : Modèle de guidage en rotation de l'arbre de sortie (S_2) du variateur.

L'arbre est guidé en rotation par deux roulements modélisés par une liaison rotule de centre A et une liaison linéaire annulaire de centre B. Au cours de sa rotation à vitesse constante, l'arbre est soumis à des actions mécaniques définies par les deux torseurs suivants :

$$\{\tau_1\} = \begin{Bmatrix} 0 & 0 \\ 0 & 0 \\ 0 & -10 \end{Bmatrix}_{(C, \bar{X}, \bar{Y}, \bar{Z})} \quad \{\tau_2\} = \begin{Bmatrix} 200 & 0 \\ 1000 & 0 \\ 1500 & 0 \end{Bmatrix}_{(I, \bar{X}, \bar{Y}, \bar{Z})}$$

Où les forces sont exprimées en N et les moments sont exprimés en mN

L'arbre, de forme cylindrique pleine, est fabriqué en acier de construction pour lequel on adopte une contrainte normale maximale admissible $\sigma_{\max} = R_{pe} = 80 \text{ MPa}$ et une contrainte tangentielle maximale admissible : $\tau_{\max} = R_{pg} = 40 \text{ MPa}$.

Le repère $(O, \bar{X}, \bar{Y}, \bar{Z})$ lié à l'arbre est orthonormé direct.

B-2-1. Exprimer, les torseurs des actions mécaniques transmissibles à l'arbre de sortie (S_2) à travers les liaisons aux points A et B : $\{\tau_3\}_A$ et $\{\tau_4\}_B$.

B-2-2. En appliquant le principe fondamental de la statique au point A, calculer les inconnues des liaisons aux points A et B.

B-2-3. Sachant que l'arbre est sollicité à un moment de flexion $M_{f_{\max}} = 45 \text{ mN}$, déterminer son diamètre minimal pour qu'il résiste à la contrainte normale créée par la flexion.

B-2-4. Sachant que l'arbre est sollicité à un moment de torsion $M_{t_{\max}} = 10 \text{ mN}$, déterminer son diamètre minimal pour qu'il résiste à la contrainte tangentielle créée par la torsion.

Partie C : AUTOMATIQUE

Les réponses doivent être rédigées sur le dossier document réponse (pages 22-24)

N.B. : Les parties C-1 et C-2 sont indépendantes. Les réponses doivent être rédigées sur les documents réponses.

Description du système :

On s'intéresse à l'étude du cycle d'usinage assuré par la machine de forage (Figures 1 et 2). La première partie est consacrée à l'automatisation du cycle de forage de la pièce. Dans la deuxième partie, on étudie l'asservissement de position du moteur à courant continu servant au déplacement de l'outil de forage.

Partie C-1 : Automatisation du cycle de perçage.

L'unité de déplacement est munie de deux moteurs M1 et M2. Le moteur M1 permet d'effectuer une avance et un recul rapides de l'outil de forage. Le moteur M2, toujours en fonctionnement, permet de réaliser une avance lente, permettant de percer la pièce à la profondeur réglée. La vitesse lente ou rapide est obtenue au moyen d'un embrayage à commande électromagnétique qui ne fait pas l'objet d'étude. L'outil de forage est entraîné en rotation, en sens unique, par le moteur M3 (Figure C-1).

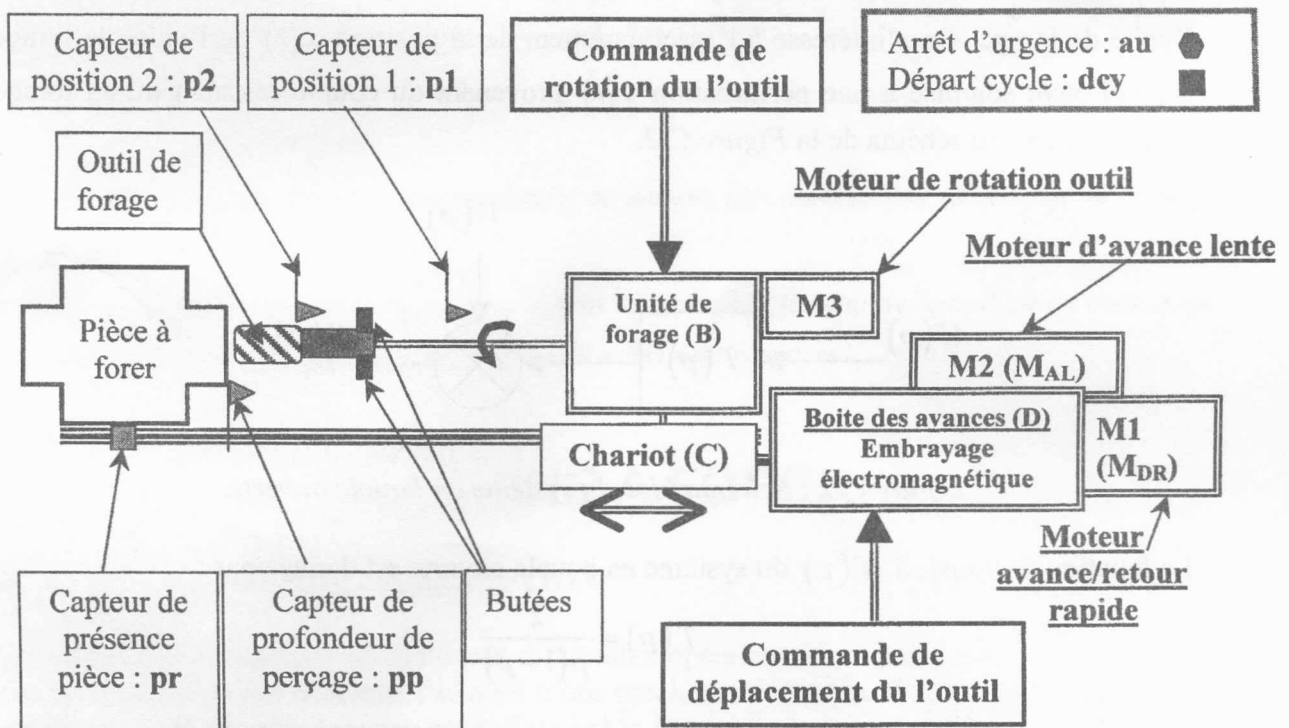


Figure C-1 : Représentation de la machine à forer.

La machine de forage est munie des capteurs suivants :

- pr : vaut 1 lorsqu'une pièce à forer est présente ;
- pp : vaut 1 lorsque la profondeur de forage réglée est atteinte ;
- p1 : vaut 1 lorsque l'outil de forage est dans la position 1 indiquée sur la Figure C-1 ;
- p2 : vaut 1 lorsque l'outil de forage est dans la position 2 indiquée sur la Figure C-1 ;
- dcy : ordre de départ du cycle de forage ;
- au : bouton d'arrêt d'urgence.

Le cycle de perçage souhaité est le suivant :

La présence d'une pièce et l'appui sur le bouton départ cycle **dcy** provoque le départ du cycle de perçage, à condition que l'outil de forage soit en position **1**. Si l'outil n'est pas en position **1**, le moteur **M1** doit alors le ramener dans cette position.

L'outil doit ensuite avancer rapidement jusqu'à la position **2**, puis passer en vitesse lente. Cette vitesse est conservée tout au long de l'opération de forage. Le moteur de rotation outil **M3** est alors actionné. L'outil continue ensuite à avancer jusqu'à ce que la butée dont il est muni actionne le capteur de profondeur de forage **pp**.

Une fois le forage effectué, l'outil de forage recule rapidement jusqu'à la position **2** où le moteur **M3** est arrêté, puis revient à la position **1** qui permet le redémarrage d'un nouveau cycle.

L'appui sur le bouton d'arrêt d'urgence provoque l'arrêt immédiat des trois moteurs. Le redémarrage d'un cycle se fait manuellement.

C-1. Donner le GRAFCET de niveau 2 décrivant le fonctionnement du cycle de forage d'une pièce.

Partie C-2 : Etude de l'asservissement de position de l'unité de forage.

Le système à étudier est constitué d'un moteur à courant continu, commandé par une tension $u(t)$ entraînant, au moyen d'un dispositif approprié, la charge en translation constituée par l'unité de forage. On s'intéresse à l'asservissement de la position $x(t)$ de l'unité de forage, celle-ci étant soumise à une perturbation $v(t)$ provenant du couple résistant dû au forage, conformément au schéma de la Figure C-2.

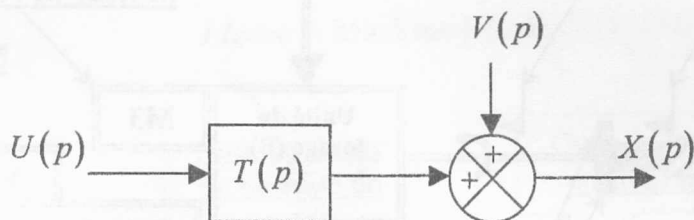


Figure C-2 : Schéma bloc du système en boucle ouverte.

La fonction de transfert $T(p)$ du système en boucle ouverte est donnée par :

$$T(p) = \frac{2}{p(1+p)}$$

Les transformées de Laplace utiles sont données dans le tableau C-1,

Tableau C-1

$F(p)$	$f(t)$ pour $t > 0$
$\frac{1}{p}$	1
$\frac{1}{p^2}$	t
$\frac{1}{(p+a)}$	e^{-at}

C-2-1. Calculer et tracer la réponse impulsionnelle $x(t)$ du système dans le cas où la perturbation $v(t)$ est nulle. Que vaut $x(t)$ si $u(t) = 0$ et $v(t) \neq 0$?

C-2-2. Tracer les lieux asymptotiques de Bode de $T(p)$.

C-2-3. Le système caractérisé par la fonction de transfert $T(p)$ est inséré dans la boucle d'asservissement donnée par le schéma bloc de la Figure C-2, où $R(p)$ est un régulateur à choisir et $X_{ref}(p)$ est la consigne à suivre.

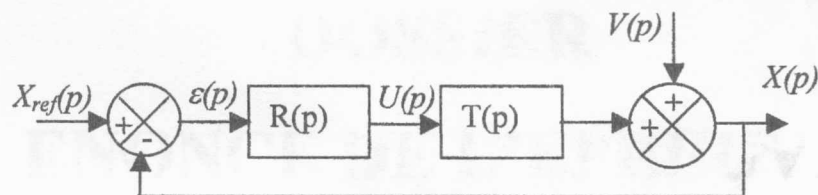


Figure C-2.

C-2-3-1. Le régulateur $R(p)$ étant choisi tel que $R(p) = I$,

- Calculer et tracer la réponse indicielle $x(t)$ dans le cas où la perturbation $v(t)$ est nulle.
- Quel est, dans ce cas, le temps nécessaire pour que la sortie $x(t)$ atteigne son régime permanent à $\pm 5\%$?
- Que vaut la sortie $x(t)$ pour une perturbation $v(t)$ en échelon de position et une consigne $x_{ref}(t) = 0$?

C-2-3-2. Le régulateur $R(p)$ étant choisi tel que $R(p) = k$, déterminer la valeur du gain k permettant d'obtenir une marge de phase de 45° .

C-2-3-3. Proposer un régulateur $R(p)$ permettant d'améliorer la rapidité du système asservi.