

1. Présentation

On s'intéresse dans cette étude au système de freinage assurant le ralentissement des cartons arrivant au bout du chemin de rouleaux transporteurs (figure 1). Cette opération est réalisée par un frein à courants de Foucault réalisé au moyen d'un disque en rotation dans l'entrefer d'un électro-aimant constitué d'une bobine parcourue par un courant. Le couple de freinage exercé par le frein est proportionnel au courant d'excitation de l'électro-aimant. Pour garantir l'efficacité du freinage, le couple exercé par le frein doit être constant. Cependant, des variations du couple sont observées au cours du fonctionnement du frein, et ce à cause de fluctuations de température de la bobine de l'électro-aimant, et de ce fait du courant d'excitation.

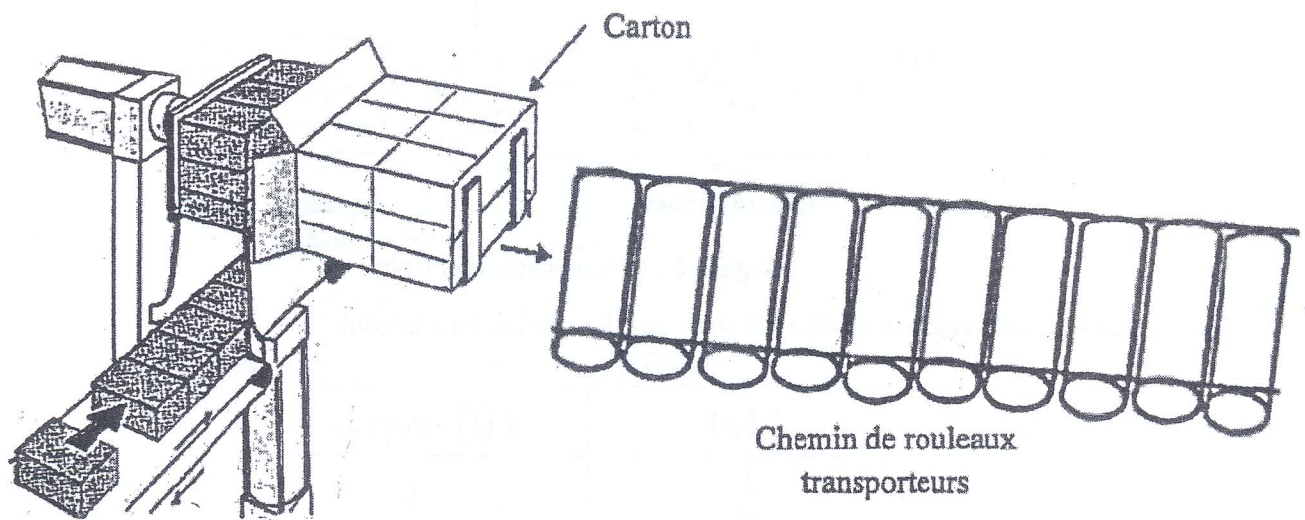


Figure 1 : Poste d'emballage et de transfert.

2. Modélisation

On envisage donc de réaliser la régulation du couple de freinage afin d'éliminer ces fluctuations. La bobine d'excitation de l'électro-aimant peut être assimilée à une inductance L en série avec une résistance R . Le courant d'excitation $i(t)$ est obtenu en appliquant une tension $u(t)$ aux bornes de la bobine.

La relation entre la tension $u(t)$ et le courant $i(t)$ est la suivante :

$$L \frac{di(t)}{dt} + Ri(t) = u(t)$$

où $R = 8 \Omega$ et $L = 50 \text{ mH}$.

Le couple de freinage T_f étant proportionnel au courant d'excitation $i(t)$, on a la relation suivante :

$$T_f = K_1 i(t)$$

où $K_1 = 50 \text{ N.m/s}$ est la constante de couple.

On dispose d'un capteur de couple délivrant une tension $v(t)$ liée au couple T_f par la relation :

$$v(t) + \tau \frac{dv(t)}{dt} = K_2 T_f(t)$$

où $\tau = 1 \text{ ms}$ et la constante de temps du capteur et K_2 est son gain.

D'autre part, le couple de freinage peut être soumis à une perturbation $d(t)$ due aux variations de température de la bobine.

Ainsi, le schéma-blocs du frein est donné par la figure 2 :

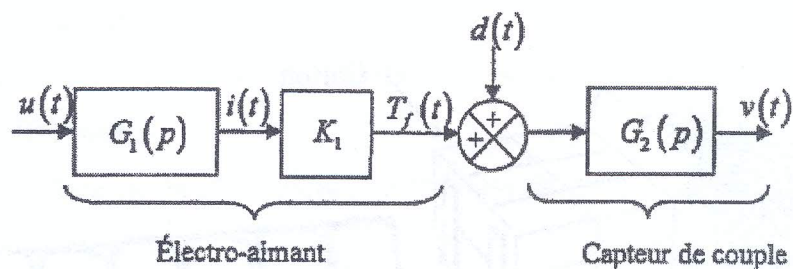


Figure 2 : Schéma-blocs du frein.

Les transformées de Laplace utiles sont données dans le tableau suivant :

$F(p)$	$f(t)$ pour $t > 0$
$\frac{1}{p}$	1
$\frac{1}{p+a}$	e^{-at}
$\frac{1}{p^2 + 2\xi\omega_n p + \omega_n^2}$	$\frac{1}{\omega_p} e^{-\xi\omega_n t} \sin(\omega_p t)$ $\omega_p = \omega_n \sqrt{1 - \xi^2}$

3. Etude du processus en boucle ouverte

La perturbation $d(t)$ est supposée nulle dans cette partie.

- 3.1. Afin d'étalonner le capteur de couple, on effectue un essai indiciel en appliquant un échelon de couple unitaire à l'entrée du capteur, celui-ci étant déconnecté du système. On obtient alors la réponse indicielle de la figure 3. En déduire la valeur du gain du capteur (en N.m/s).

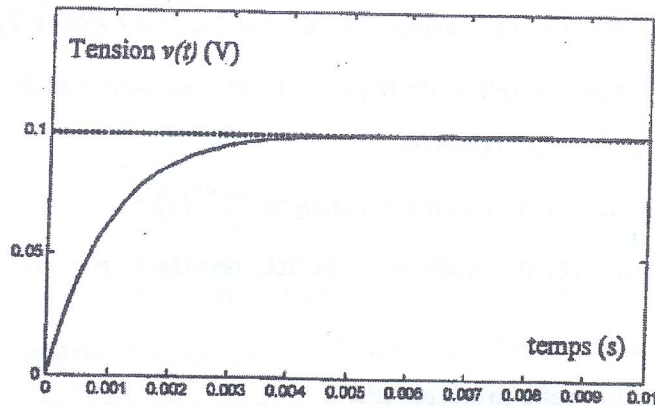


Figure 3 : Réponse indicielle du capteur de couple.

3.2. Déterminer les fonctions de transfert $G_1(p)$ et $G_2(p)$. En déduire la transmittance globale $G(p)$ entre $U(p)$ et $V(p)$, où $U(p)$ et $V(p)$ sont respectivement les transformées de Laplace de $u(t)$ et $v(t)$.

3.3. Calculer et tracer $v(t)$ pour une entrée $u(t)$ telle que $u(t) = \begin{cases} 0 & \text{pour } t < 0 \\ 1 & \text{pour } t \geq 0 \end{cases}$.

3.4. Déterminer et tracer les lieux asymptotiques de Bode de $G(p)$.

4. Etude du processus en boucle fermée avec correction

On considère à présent l'asservissement de couple représenté sur la figure 4 lequel $T_f^{ref}(t)$ est une tension, image du couple de consigne et $C(p)$ un régulateur.

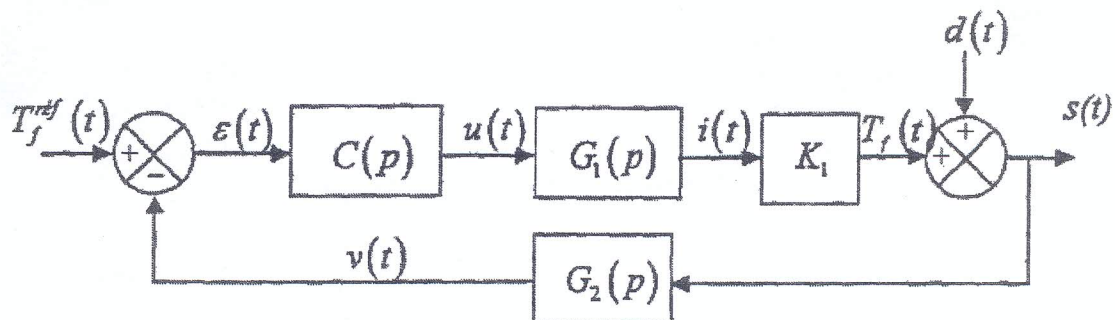


Figure 4 : Asservissement de couple.

4.1. Correction Proportionnelle (P)

Dans cette question, on considère un régulateur proportionnel tel que $C(p) = K$, où K une constante positive.

4.1.1. Calculer la fonction de transfert en boucle fermée $F(p) = \frac{T_f(p)}{T_f^{ref}(p)}$ en supposant la perturbation $d(t)$ nulle.

4.1.2. Déterminer l'expression de l'erreur $\varepsilon(p)$ en fonction de l'entrée $T_f^{ref}(p)$ ainsi que de K , K_1 , $G_1(p)$ et $G_2(p)$. En déduire la valeur de K permettant d'obtenir une erreur statique de position de 10% pour une entrée échelon unitaire.

4.1.3. On considère à présent le cas où la consigne $T_f^{ref}(t)$ est nulle. On prend $K = 20$, déterminer et tracer la réponse $s(t)$ du système en boucle fermée à une perturbation $d(t)$ de type impulsion unitaire.

4.2. Correction Proportionnelle Intégrale (PI)

On introduit à présent un correcteur proportionnel intégral $C(p) = K_p \left(1 + \frac{1}{T_i p}\right)$, où K_p et T_i sont les paramètres du régulateur.

4.2.1. Calculer, dans ce cas, la fonction de transfert du système en boucle fermée en considérant la perturbation $d(t)$ nulle.

4.2.2. En utilisant le critère de Routh, donner, en fonction de K_p et T_i , les conditions de stabilité du système en boucle fermée.

4.2.3. Dans le cas de l'utilisation de ce type de régulateur, que devient l'erreur statique pour une entrée échelon unitaire ?

EXAMEN DE MECANIQUE DES SOLIDES INDEFORMABLES (M.S.I.)

Section : MP2, PC2 & PT2

Date : 02 /06/2021

Aucun document n'est autorisé

N.B. Cette partie doit être rédigée sur un cahier séparé à rendre obligatoirement même sans réponses

Dans un système automatisé de production, les produits à emballer subissent des opérations de transfert d'un poste à un autre. Ses opérations sont assurées par des convoyeurs.

Dans cette partie on se propose d'étudier le mécanisme d'un galet ralentisseur placée dans un convoyeur destiné au ralentissement du mouvement d'une palette P chargée par l'un des produits emballés. Le mouvement du mécanisme est ramené dans le plan $(O_0, \vec{y}_0, \vec{z}_0)$ de normale $(O, \vec{x}_0)$. Le schéma cinématique du mécanisme est représenté par la Figure.1.

Le système est principalement constitué des solides suivants :

- (S_0) solide fixe par rapport à la terre.
- (S_1) solide en liaison glissière d'axe $(O_0, \vec{z}_0)$ avec (S_0) .
- (S_2) cylindre homogène creux d'axe $(O, \vec{x}_0)$, de longueur L_2 , de rayon intérieur r_2 et de rayon extérieur R_2 , en liaison pivot d'axe $(O, \vec{x}_0)$ avec le solide (S_1) .
- (S_3) solide en liaison pivot d'axe $(O, \vec{x}_0)$ avec le solide (S_1) .
- (S_4) solide en liaison pivot d'axe $(A, \vec{x}_0)$ avec le solide (S_3) .
- (S_5) solide, représentant la palette P, en mouvement de translation rectiligne par rapport à (S_0) suivant la direction $\vec{y}_0$. Le contact entre (S_5) et (S_2) est supposé ponctuel sans glissement de normale $(C, \vec{z}_0)$.

Le mécanisme comporte deux ressorts :

- Ressort 9 attaché par ces deux extrémités B et G aux solides (S_3) et (S_4) .
- Ressort 23 monté entre les deux solides (S_0) et (S_1) .

Repères et paramètres de position (Figure 1 et Figure 2)

On considère les repères orthonormés directs suivants :

- $R_0(O_0, \vec{x}_0, \vec{y}_0, \vec{z}_0)$ repère galiléen associé au solide (S_0) .
- $R_1(O, \vec{x}_0, \vec{y}_0, \vec{z}_0)$ repère associé au solide (S_1) tel que $\overrightarrow{O_0O} = \lambda(t)\vec{z}_0$.
- $R_2(O, \vec{x}_0, \vec{y}_2, \vec{z}_2)$ repère associé au solide (S_2) tel que $\varphi(t) = (\vec{y}_0, \vec{y}_2) = (\vec{z}_0, \vec{z}_2)$.
- $R_3(O, \vec{x}_0, \vec{y}_3, \vec{z}_3)$ repère associé au solide (S_3) tel que $\theta(t) = (\vec{y}_0, \vec{y}_3) = (\vec{z}_0, \vec{z}_4)$ et $\frac{\dot{\theta}}{\dot{\varphi}} = k$ (k : constante positive donnée).
- $R_4(O', \vec{x}_0, \vec{y}_4, \vec{z}_4)$ repère associé au solide (S_4) tel que $\Psi = (\vec{y}_3, \vec{y}_4) = (\vec{z}_3, \vec{z}_4)$ (Ψ : angle supposé constant).
- La translation de (S_5) par rapport à (S_0) est paramétrée par $y(t)$ suivant $\vec{y}_0$.

Pour paramétrer le contact, supposé ponctuel en I entre les solides (S_2) et (S_4) , on introduit la base orthonormée directe $(\vec{x}_0, \vec{t}, \vec{n})$ où $\vec{n}$ est le vecteur normal en I au plan tangent commun entre (S_2) et (S_4) et tel que $\alpha = (\vec{y}_4, \vec{t}) = (\vec{z}_4, \vec{n}) = 0$.

On donne : $\overrightarrow{OC} = R_2 \vec{z}_0$; $\overrightarrow{OI} = r_2 \vec{n}$; $\overrightarrow{OA} = r \vec{y}_3$; $\overrightarrow{AO'} = -a \vec{y}_4$; $\overrightarrow{AI} = -a \vec{y}_4 + b \vec{z}_4$
 $\overrightarrow{AG} = -c \vec{y}_4$; où a, b, c, r, r_2 et R_2 sont des constantes positives données.

I. ETUDE CINEMATIQUE

I.1. Déterminer les torseurs cinématiques associées aux mouvements suivants :

- a) mouvement de (S_2) par rapport à (S_1) au point O : $\{\mathcal{V}(S_2/S_1)\}_O$.
- b) mouvement de (S_3) par rapport à (S_1) au point O : $\{\mathcal{V}(S_3/S_1)\}_O$.
- c) mouvement de (S_4) par rapport à (S_1) au point A : $\{\mathcal{V}(S_4/S_1)\}_A$.

I.2. En déduire les vecteurs des vitesses suivantes :

- a) $\vec{V}(C \in S_2/S_1)$ exprimé dans la base $(\vec{x}_0, \vec{y}_0, \vec{z}_0)$.
- b) $\vec{V}(I \in S_2/S_1)$ exprimé dans la base $(\vec{x}_0, \vec{t}, \vec{n})$.
- c) $\vec{V}(G \in S_4/S_1)$ exprimé dans la base $(\vec{x}_0, \vec{y}_4, \vec{z}_4)$.
- d) $\vec{V}(O \in S_4/S_1)$ exprimé dans la base $(\vec{x}_0, \vec{y}_0, \vec{z}_0)$.
- e) $\vec{V}(I \in S_4/S_1)$ exprimé dans la base $(\vec{x}_0, \vec{t}, \vec{n})$, (utiliser le point O)

- I.3. a) Montrer que : $\vec{V}(I \in S_4/S_2) = -r_2 \dot{\phi} (1 + k) \vec{t}$.
 b) Ecrire la condition de roulement sans glissement au point C .

II. ETUDE ENERGETIQUE

Durant le ralentissement du mouvement du solide (S_5) , le point O du repère $R_1(O, \vec{x}_0, \vec{y}_0, \vec{z}_0)$ est supposé maintenu fixe dans le repère $R_0(O_0, \vec{x}_0, \vec{y}_0, \vec{z}_0)$. Ceci conduit à considérer que le repère $R_1(O, \vec{x}_0, \vec{y}_0, \vec{z}_0)$ est galiléen.

Nous supposons dans cette partie les hypothèses suivantes :

- A l'exception des solides (S_2) , (S_4) et (S_5) , les masses des autres solides et des deux ressorts sont supposées négligeables.
- La masse m_4 du solide (S_4) est concentrée au point G .
- Le solide (S_2) est de masse m_2 . Son moment d'inertie par rapport à l'axe $(O, \vec{x}_0)$ est noté par I_2 .
- L'action mécanique du champ de la pesanteur est négligeable.

Nous admettons l'écriture des torseurs des actions mécaniques suivantes :

- L'action mécanique exercée par la palette (S_5) sur (S_2) est définie au point C par le torseur glisseur $\{\tau(S_5 \rightarrow S_2)\}_C = \begin{Bmatrix} -N_c \vec{z}_0 + T_c \vec{y}_0 \\ \vec{0} \end{Bmatrix}_C$ avec $N_c > 0$ et $T_c > 0$.
- L'action mécanique exercée par (S_4) sur (S_2) est définie au point I par le torseur glisseur $\{\tau(S_4 \rightarrow S_2)\}_I = \begin{Bmatrix} N_I \vec{n} + T_I \vec{t} \\ \vec{0} \end{Bmatrix}_I$ avec $N_I > 0$. Le signe de T_I est à déterminer.

- Le coefficient d'adhérence au point de contact C entre le solide (S_5) et le solide (S_2) est noté par f_c .
- Le coefficient de frottement au point de contact I entre le solide (S_4) et le solide (S_2) est noté par f_I .
- Toutes les autres liaisons sont considérées parfaites.

On considère le système Σ composé par les solides $\{S_2, S_3, S_4, \text{ressort 9}\}$.

- II.1. En appliquant la loi de Coulomb pour le frottement de glissement au point de contact I entre (S_4) et (S_2), écrire la relation entre les composantes N_I et T_I du torseur d'action mécanique de (S_4) sur (S_2).
- II. 2. Déterminer la puissance développée par les actions mécaniques extérieures appliquées sur le système Σ au cours de son mouvement par rapport au repère $R_1(O, \vec{x}_0, \vec{y}_0, \vec{z}_0)$.
- II.3. Déterminer la puissance développée par les actions mutuelles entre les solides du système Σ .
- II.4. Déterminer l'énergie cinétique du système Σ dans son mouvement par rapport au repère $R_1(O, \vec{x}_0, \vec{y}_0, \vec{z}_0)$.
- II.5. Ecrire l'équation scalaire traduisant le théorème de l'énergie cinétique appliqué au système Σ au cours de son mouvement par rapport au repère $R_1(O, \vec{x}_0, \vec{y}_0, \vec{z}_0)$.

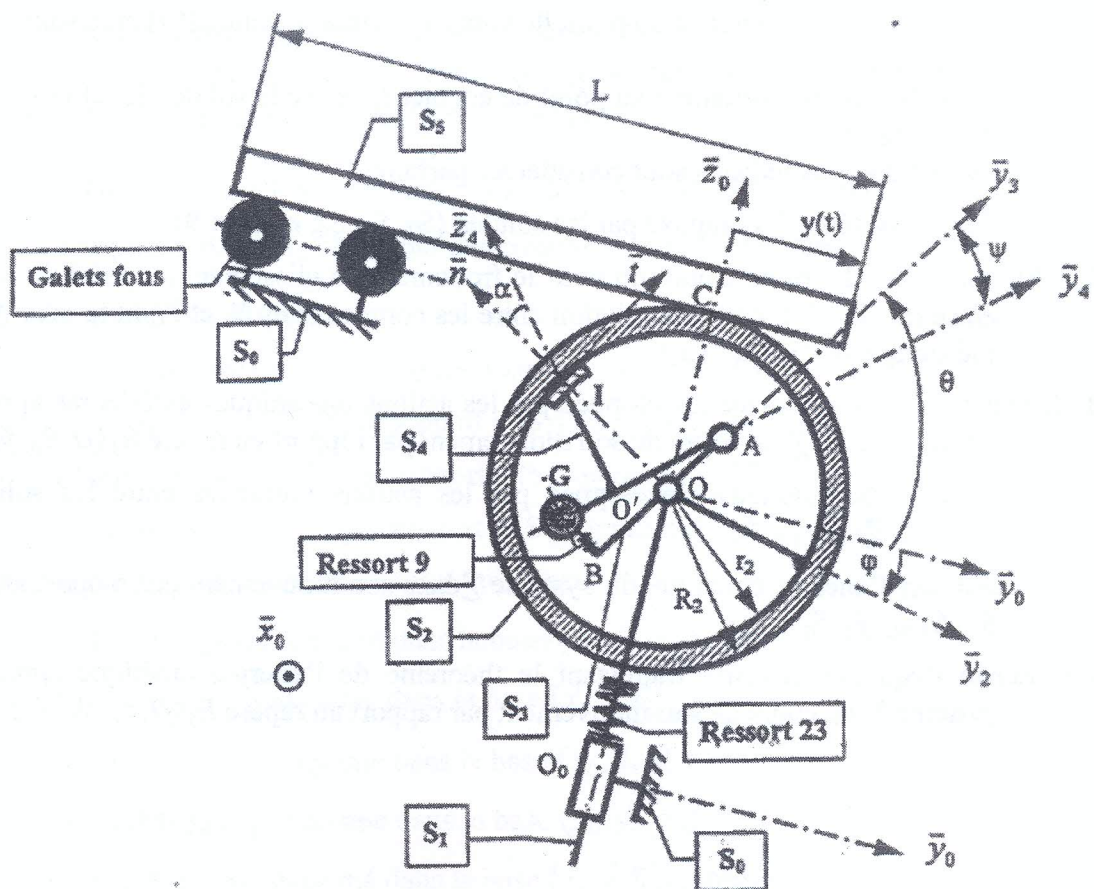


Figure 1. Schéma cinématique relatif à la position de ralentissement

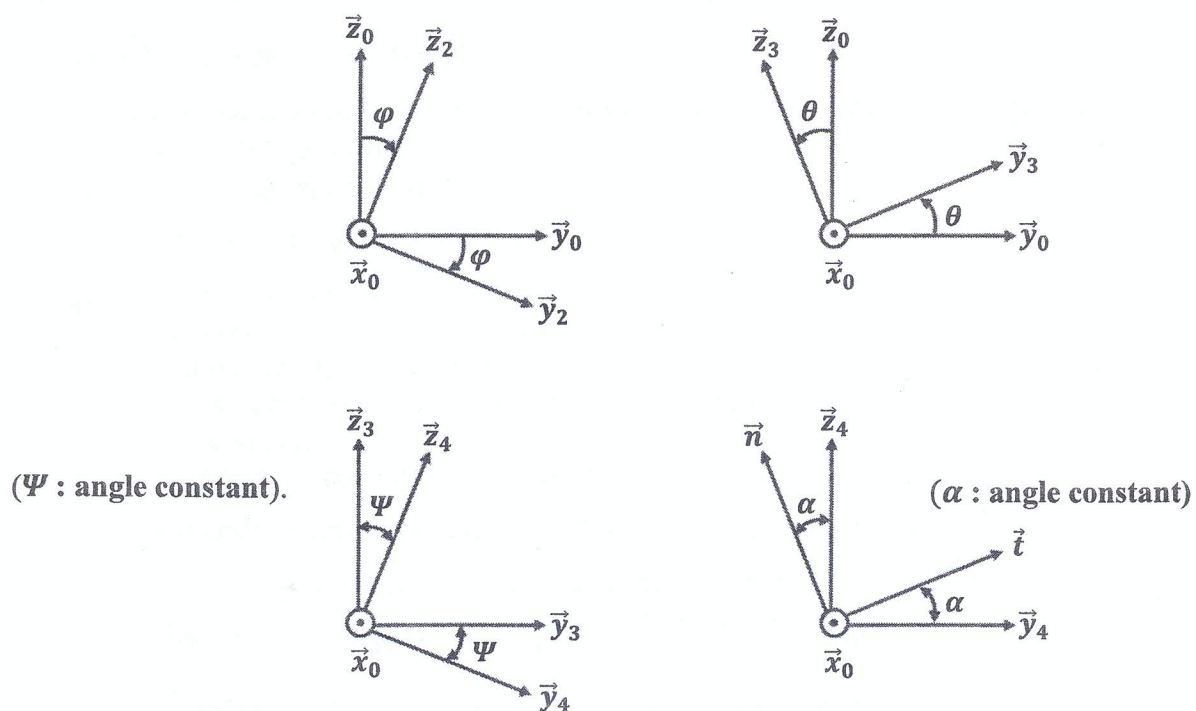


Figure 2. Positions relatives des bases des repères

Examen Final du Deuxième Semestre (Juin 2021)

Epreuve de Conception et Fabrication Mécanique (CFM)

Préparation Technologique (PT2)

Machine de forage mécanique de précision

Date : 04-05-2021

Heure : 8H30
Documents non autorisés

Durée : 4 Heures

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.

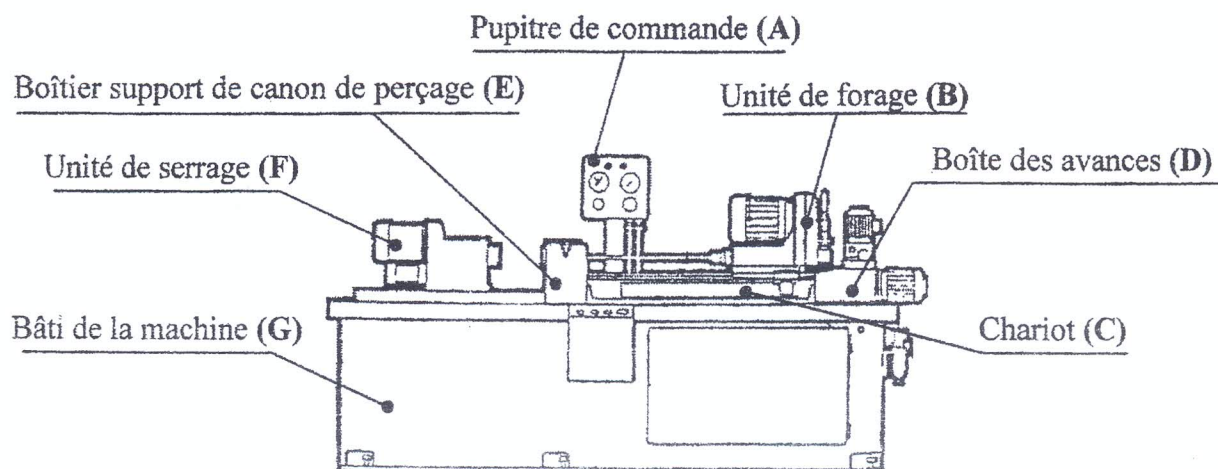


Figure 1: Machine à forer

Partie A.1 Conception Mécanique

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 parties A.1 : Conception Mécanique

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.	

A.1.1 ANALYSE TECHNOLOGIQUE

A.1.1.1 Compléter le tableau suivant :

<i>Pièces en liaison</i>	<i>Nom de la liaison</i>	<i>Rôle de la liaison</i>
(2)/(1)		
(11)/(2)		
(6)/(2)		
(19)/(1),17		

A.1.1.2. Donner le rôle des pièces suivantes :

<i>Pièces</i>	<i>Rôle</i>
(4) et (12)	
(7)	
(23)	
(3)	

A.1.1.3 Cotation fonctionnelle

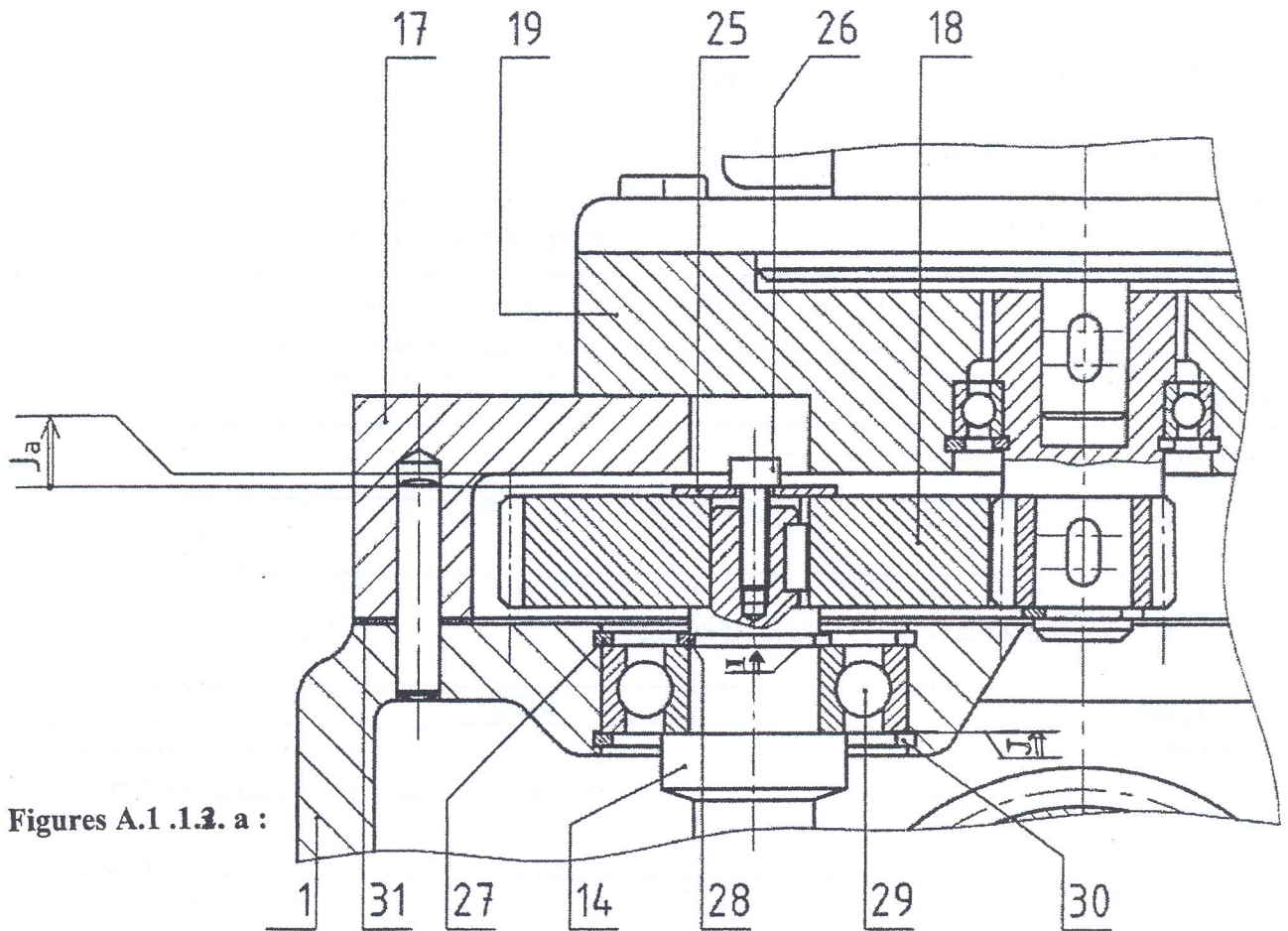
A.1.1.3.1 Donner les ajustements nécessaires et leurs utilités pour les assemblages suivants :

<i>Assemblage des pièces</i>	<i>Ajustement et utilité</i>
(11) et (2)	
(16) et (1)	
(16) et (17)	
(19) et (17)	

A.1.1.3.2. On considère une partie du dessin d'ensemble de la boîte des avances (D) représentée par les *Figure A.1.1.3. a et b)*

Nom : Prénom :

Identifiant : Groupe :



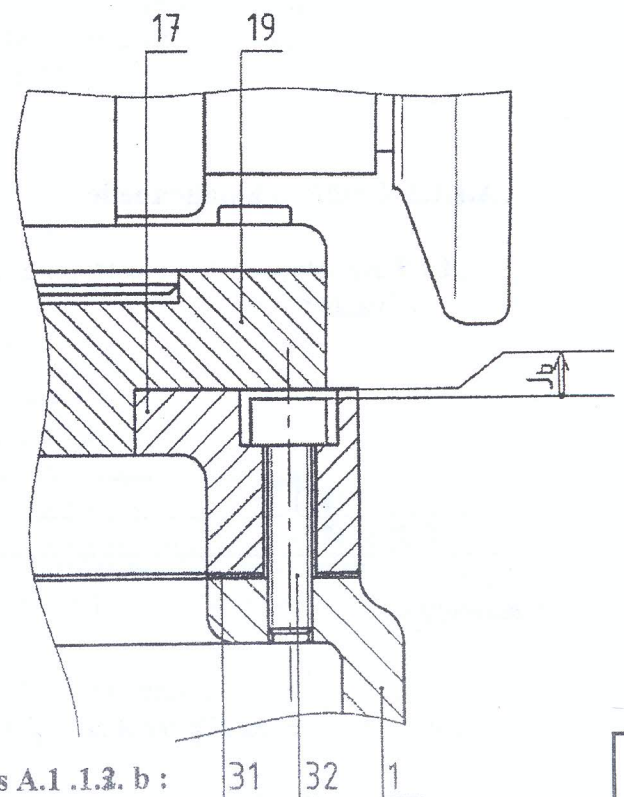
Figures A.1.1.3. a :

Justifier l'existence de la cote condition J_a entre les pièces (25, 17) et de la cote condition J_b entre les pièces (32, 19).

J_a :

J_b :

Tracer sur les Figures A.1.1.3. a et b, les chaînes de cotes relatives aux cotes conditions J_a et J_b .



Figures A.1.1.3. b :

Ecrire les relations permettant d'exprimer les cotes conditions minimales $J_{a \min}$ et $J_{b \min}$.

$J_{a \min} =$

.....

.....

.....

.....

$J_{b \min} =$

.....

.....

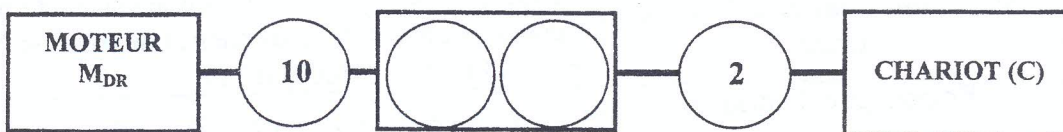
.....

.....

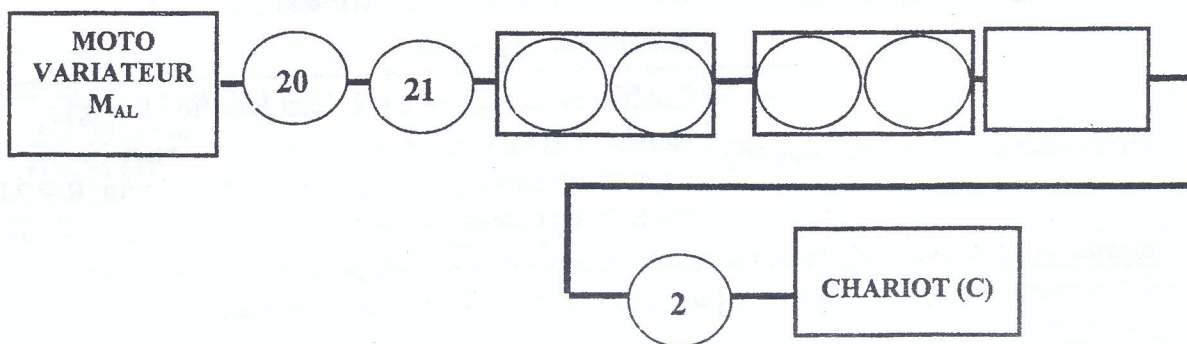
A.1.2 ETUDE DE LA TRANSMISSION DE MOUVEMENT ET DE PUISSANCE

A.1.2.1 En se basant sur le Document 1 compléter le diagramme fonctionnel associé à la chaîne de transmission de puissance pour chaque mouvement du chariot (C) suivant :

- **DR** : déplacement rapide du chariot (C) (Embrayage électromagnétique désactivé $E=0$)



- **AL**: avance lente du chariot (C) (Embrayage électromagnétique activé $E=1$)

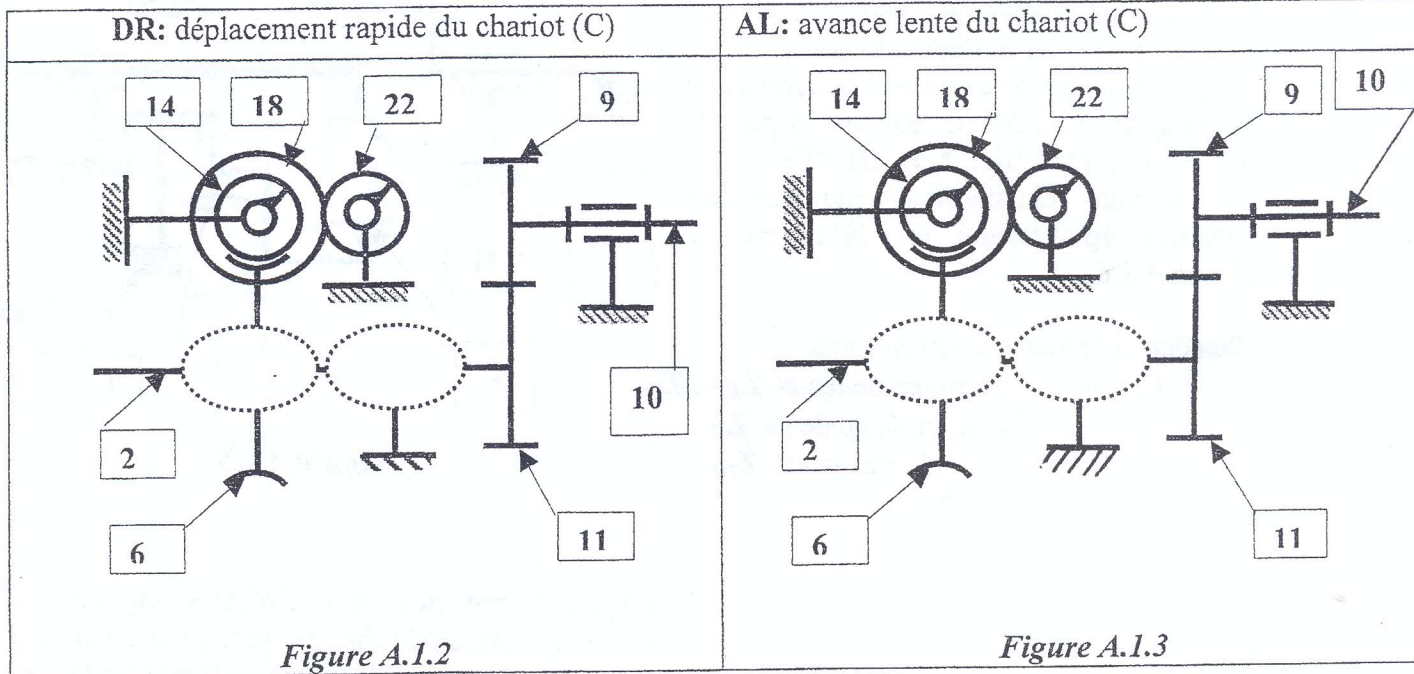


Nom : Prénom.....

Identifiant.....Groupe.....



A.1.2.2. Pour chaque état de fonctionnement de la boîte des avances(D) correspondant aux mouvements définis dans la question **A.1.2.1**, compléter à partir du Document 1, le schéma cinématique minimal du mécanisme d'entraînement (*Figure A.1.2, Figure A.1.3*) en plaçant les symboles des liaisons normalisés aux endroits correspondants :



A.1.2.3. Etude des fréquences de rotation de l'arbre de sortie (2) :

A.1.2.3.1 Pour les deux mouvements **DR** et **AL** du chariot (C), exprimer les rapports de transmission de mouvement $i_{10/2} = \frac{N_{10}}{N_2}$ et $i_{20/2} = \frac{N_{20}}{N_2}$ en fonction des nombres de dents Z_6 , Z_9 , Z_{11} , Z_{14} , Z_{18} et Z_{22} et calculer leurs valeurs. (N_j désigne la fréquence de rotation de l'élément j)

.....

.....

.....

.....

.....

$i_{10/2} = \dots\dots\dots$

$i_{20/2} = \dots\dots\dots$

A.1.2.3.2 Pour le mouvement déplacement rapide DR du chariot (C) (Embrayage électromagnétique désactivé $E=0$), calculer la vitesse de rotation de l'arbre de sortie (2).

.....

.....

$N_2 = \dots\dots\dots \text{tr / mn}$

A.1.2.3.3 Pour le mouvement avance lente AL du chariot (C) (Embrayage électromagnétique activé $E=1$), déterminer la plage de variation de la vitesse de l'arbre de sortie (2) :

.....
.....

(..... $\leq N_2 \leq$ )tr / mn

A.1.2.4. Etude des couples transmissibles par l'arbre de sortie (2) pour l'avance lente AL du chariot (C) (Embrayage électromagnétique activé $E=1$)

A.1.2.4.1 Exprimer la puissance P_2 transmissible par l'arbre de sortie (2) en fonction de la puissance P_{20} fournie par l'arbre de sortie (20) de M_{AL} et calculer sa valeur.

.....
.....
.....

$P_2 =$ W

A.1.2.4.2. Déterminer la plage de variation du couple transmissible C_2 par l'arbre de sortie (2).

.....
.....
.....

(..... $\leq C_2 \leq$ )mN

A.1.2.5. Etude de l'embrayage électromagnétique (E) :

Le mécanisme de l'embrayage électromagnétique (E) (*Figure A.1.4*) qui est utilisé dans la boîte des avances (D) (Document 1) se compose principalement des éléments suivants :

- Une cloche (c) encastrée avec la roue dentée creuse (6),
- Un moyeu (m) encastrée avec l'arbre de sortie (2),
- Une bobine et son support (b) bloqués par rapport au carter (1),
- Des disques de friction placés entre la cloche (c) et le moyeu (m).

L'embrayage électromagnétique (E) est activé ($E=1$) par l'excitation de la bobine.

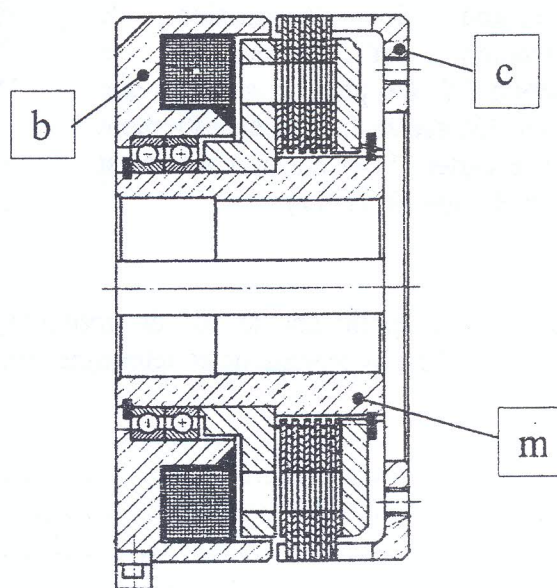


Figure A.1.4

A.1.2.5.1. En supposant que la répartition de la pression de contact est uniforme et constante au niveau de chaque surface de friction des disques, donner (sans démonstration) l'expression du couple d'adhérence C_{adh} qui caractérise cet embrayage électromagnétique (E).

$C_{adh} =$

Nom : Prénom :

Identifiant : Groupe :

A.1.2.5.2. En supposant que l'arbre de sortie (2) est soumis à un couple résistant maximal $C_{\max} = 7,7 \text{ mN}$, calculer l'effort presseur F_a développé par la bobine pour assurer un couple d'embrayage $C_{\text{adh}} = 1,3 C_{\max}$.

.....

 $F_a = \dots\dots\dots \text{N}$

A.1.2.5.3. Calculer la pression de contact p au niveau des surfaces de friction. Comparer sa valeur avec celle de la pression admissible p_{adm} et conclure.

.....

 $p = \dots\dots\dots \text{MPa}$

Conclusion :

A.1.2.5.4. Dans le cas où l'arbre de sortie (2) est soumis à un couple résistant maximal $C_{\max} = 7,7 \text{ mN}$ et pour une fréquence $N_{20} = 1000 \text{ tr/mn}$, vérifier que la puissance P_{20} fournie par le moto variateur M_{AL} couvre la puissance P_2 consommée au niveau de cet arbre.

A.1.3. ANALYSE DE MECANISME :

Durant le déplacement rapide DR du chariot (C) (Embrayage électromagnétique désactivé $E=0$) le schéma cinématique minimal du mécanisme de transmission de mouvement est donné par la Figure A.1.5. De plus on suppose que la roue (6) est en liaison encastrement avec le carter (1) et que le contact est ponctuel entre (9) et (11).

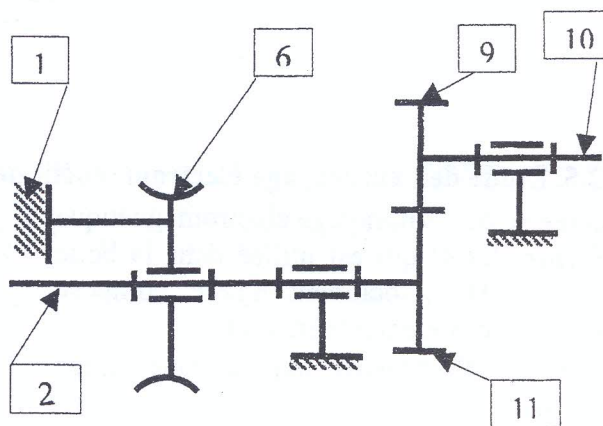


Figure A.1.5

A.1.3.1. En appliquant la loi de mobilité, montrer que le mécanisme défini par la Figure A.1.5 est hyperstatique et déterminer son degré d'hyper statisme h .

.....

 $h = \dots\dots\dots$

A.1.3.2. Proposer les modifications à apporter au niveau des liaisons mécaniques pour que le mécanisme de la Figure A.1.5 soit isostatique.

A.1.4. ETUDE DE CONCEPTION

On se propose de modifier la chaîne de transmission de la boîte des avances (D) (voir dessin d'ensemble Document 1) afin de réduire les contraintes de fabrication et de donner une flexibilité pour le choix des différentes vitesses à l'arbre de sortie (2).

La solution retenue consiste à remplacer l'embrayage électromagnétique (E) par un réducteur épicycloïdal (I, II, III, IV). Le schéma cinématique minimal du réducteur épicycloïdal est défini par la Figure A.1.6.

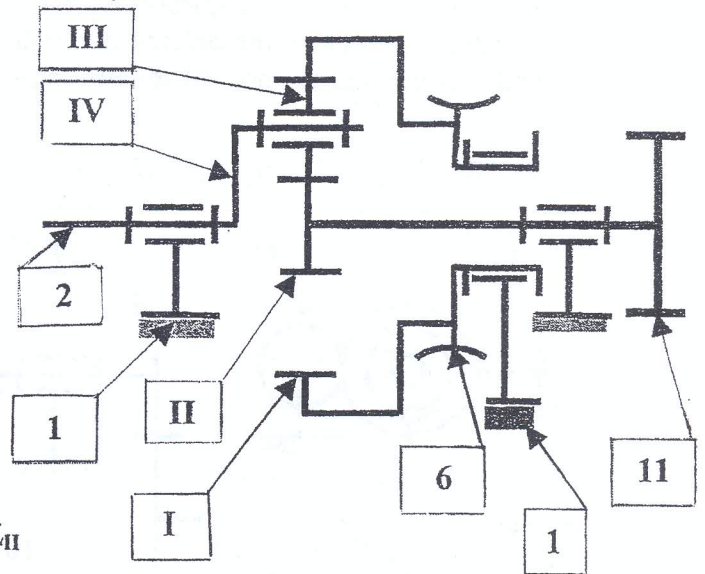


Figure A.1.6

Eléments du réducteur épicycloïdal :

- Couronne I : nombre de dents $Z_I = 3Z_{II}$
- Planétaire II : nombre de dents Z_{II}
- Satellite III : nombre de dents Z_{III}
- Porte satellites IV

A.1.4.1. Ecrire la relation de WILLIS pour le réducteur épicycloïdal et établir la relation permettant d'exprimer la fréquence de rotation N_2 de l'arbre de sortie (2) en fonction des fréquences de rotation N_6 et N_{11} et des nombres de dents des éléments du réducteur épicycloïdal.

.....

.....

.....

.....

A.1.4.2. Compléter le tableau suivant en indiquant l'état de mouvement de chaque élément du réducteur épicycloïdal par A s'il est à l'arrêt ou par R s'il est en rotation :

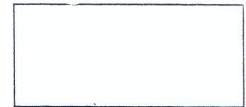
Eléments du réducteur épicycloïdal	I	II	III	IV
DR: Avance Rapide				
AL: Avance Lente				

A.1.4.3. Pour entraîner en rotation l'arbre de sortie (2), peut-on actionner la roue dentée creuse (6) et la roue dentée (11) en même temps ? Cocher la case correspondante à votre réponse et justifier.

	OUI ☐	NON ☐
Justification		
		
		

Nom : Prénom :

Identifiant : Groupe :

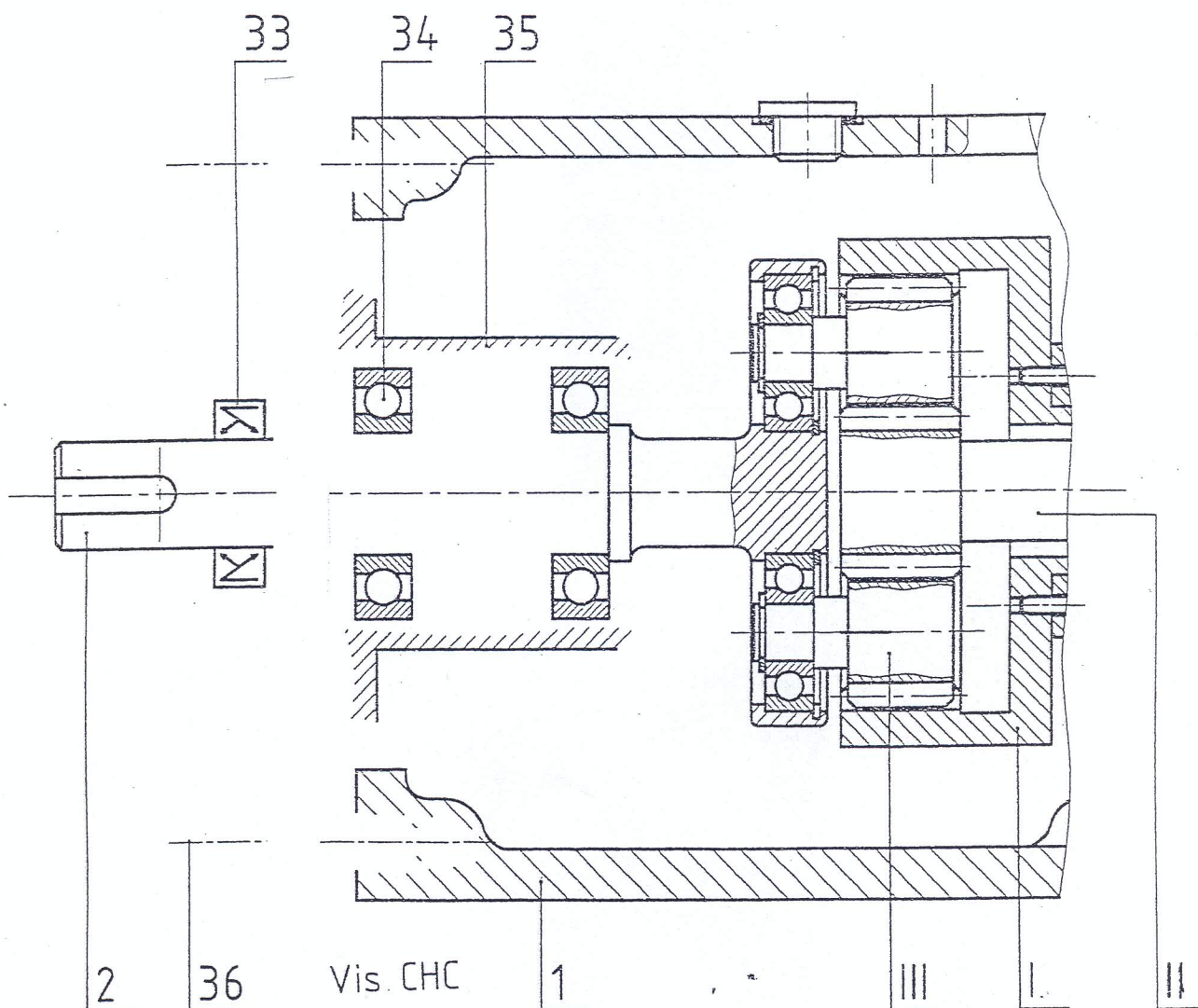


A.1.4.4. Compléter, à l'échelle 1:1, le dessin de conception (ci-dessous) du réducteur épicycloïdal au niveau du guidage en rotation de l'arbre de sortie (2) par :

A.1.4.4.1. La conception de la forme du boîtier (35) et sa liaison encastrement démontable avec le carter (1) ;

A.1.4.4.2. Le montage de deux roulements à billes rigides identiques (34) dans le boîtier (35), pour assurer le guidage en rotation de l'arbre de sortie (2) ;

A.1.4.4.3. L'indication des ajustements pour les cotes fonctionnelles et les jeux fonctionnels assurant le bon fonctionnement du mécanisme.



Nom : Prénom :

Identifiant : Groupe :

Partie A.1 Fabrication Mécanique**A.2.1. CHOIX DU MATERIAU**

A.2.1.1. Dans quel groupe d'aciers peut-on classer le matériau X30Cr13 de l'arbre de sortie (2) ? (Document 2). Cocher la bonne réponse.

Acier d'usage général ☐ Acier faiblement allié ☐ Acier fortement allié ☐

A.2.1.2. Donner la composition chimique de l'acier X30Cr13.

.....

.....

A.2.2. ETUDE TECHNOLOGIQUE

A.2.2.1. Compléter le tableau suivant en précisant pour chaque surface usinée de l'arbre de sortie (2) (**document 2**) sa nature, l'opération correspondante, l'outil nécessaire et le procédé de fabrication convenable.

Repère	Détail d'usinage (Surface)	Opération	Outil	Procédé de fabrication
1	Surface plane	Dressage	Outil à dresser.	Tournage
2				
3				
15				
16				
17				
21				

A.2.2.2. La figure A.2.1 représente un outil en carbure à plaquette amovible, pour l'usinage d'un épaulement droit sur une pièce cylindrique. Donner la désignation de chacun des éléments de la partie active de cet outil.

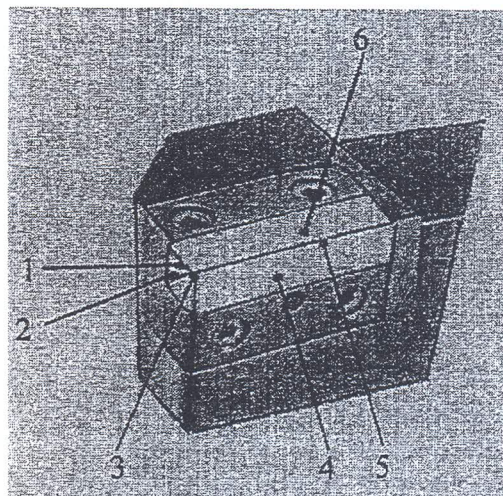


Figure A.2.1

Elément	Désignation
1	
2	
3	
4	
5	
6	

A .2.2.3. Définir et commenter les spécifications suivantes :

Spécifications	Définition et commentaire
$\varnothing 14 \text{ g } 6$	$\varnothing 14$: g : 6 :

Spécifications	Définition et commentaire
$\sqrt{\text{Ra } 0,8}$	$\sqrt{\quad}$: Ra : 0,8 :

Spécifications	Définition et commentaire
$\text{—} \quad 0,08$	

Spécifications	Définition et commentaire
B $\odot$ $\varnothing 0,05$ A	

Nom :Prénom.....

Identifiant.....Groupe.....

A.2.2.4. Déterminer les valeurs de l'écart supérieur et de l'écart inférieur de la cote 12 h7.

Ecart en microns à 20°C	g6	h5	h6	j5	j6	k5	k6	m5	m6	n6	p6	H7	H8	J7	K7	M7	N7	P7
Jusqu'à 3	- 2	0	0	+ 2	+ 4	+ 4	+ 6	+ 6	+ 8	+ 10	+ 12	+ 10	+ 14	+ 4	0	- 2	- 4	- 6
	- 8	- 4	- 6	- 2	- 2	0	0	+ 2	+ 2	+ 4	+ 6	0	0	- 6	- 10	- 12	- 14	- 16
au-delà de 3	- 4	0	0	+ 3	+ 6	+ 6	+ 9	+ 9	+ 12	+ 16	+ 20	+ 12	+ 18	+ 6	+ 3	0	- 4	- 8
jusqu'à 6	- 12	- 5	- 8	- 2	- 2	+ 1	+ 1	+ 4	+ 4	+ 8	+ 12	0	0	- 8	- 9	- 12	- 18	- 20
au-delà de 6	- 5	0	0	+ 4	+ 7	+ 7	+ 10	+ 12	+ 15	+ 19	+ 24	+ 15	+ 22	+ 8	+ 5	0	- 4	- 9
jusqu'à 10	- 14	- 8	- 9	- 2	- 2	+ 1	+ 1	+ 6	+ 6	+ 10	+ 15	0	0	- 7	- 10	- 15	- 19	- 24
au-delà de 10	- 6	0	0	+ 5	+ 8	+ 9	+ 12	+ 15	+ 18	+ 23	+ 29	+ 18	+ 27	+ 10	+ 6	0	- 5	- 11
jusqu'à 18	- 17	- 8	- 11	- 3	- 3	+ 1	+ 1	+ 7	+ 7	+ 12	+ 18	0	0	- 8	- 12	- 18	- 23	- 29

A.2.3. ETUDE DE FABRICATION

Dans cette partie on s'intéresse à l'étude de fabrication de l'arbre de sortie (2) et plus particulièrement à l'usinage des **surfaces 5 et 6 uniquement**.

Le brut de l'arbre (2) est découpé d'une barre de dimensions : $\varnothing 18^{+0,2}_0$ et $l = 152$ mm.

La gamme d'usinage de l'arbre (2), dont le dessin de définition est présenté par le document 3, prévoit les phases suivantes :

Phases	Opérations	Procédés
10	usinage de 1F et 21F	Tournage
20	usinage de 5F, 6F, 4F, 2F et 20F	Tournage
30	usinage de 13F, 11F, 10F, 9F, 8F, 12F, 16F et 14 F	Tournage
40	usinage de 17F, 48F, et 19F	Fraisage
50	usinage de 15F	Mortaisage

(F : Finition)

La fixation de la pièce au cours de l'usinage [phase 20] est illustrée par la figure A2.2

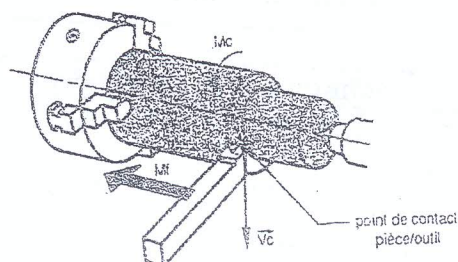
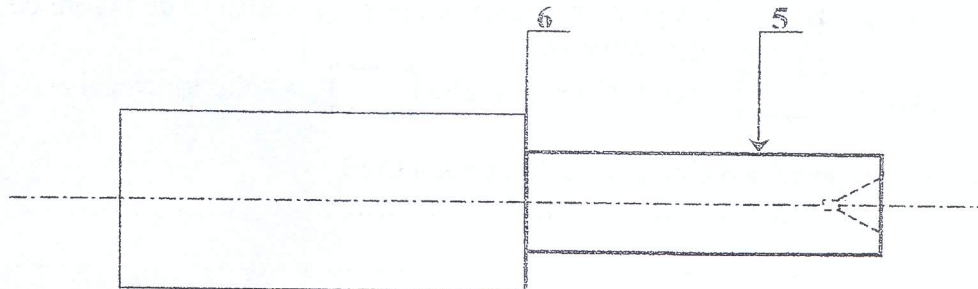


Figure A.2.2

A.2.3.1. Donner le repérage isostatique équivalent de la pièce (2) (par des normales de repérage et indiquer les cotes de fabrication notées Cf.



A.2.3.2. Donner la valeur de chaque cote de fabrication Cf. Faire le calcul en cas de besoin.

A.2.4. ETUDE DE LA COUPE.

Pour l'ébauche des surfaces 5 et 6 de l'arbre (2), sur un tour à commande numérique, on se propose d'exécuter **deux passes** jusqu'au $\varnothing 12,8$ sur une longueur finie de **92 mm**. L'outil d'ébauche a une durée de vie de **25mn** et la série prévue est de **500** pièces.

Les données de coupe sont : même profondeur de passe pour chacune des 2 passes

Vitesse de coupe	Avance	Pression spécifique de coupe
$V_c = 85 \text{ m/mn}$	$f = 0,1 \text{ mm/tr}$	$K_s = 480 \text{ daN/mm}^2$

Utiliser un diamètre moyen pour les 2 passes

A.2.4.1. Calculer le temps de coupe T_c pour une pièce.

.....

$T_c = \dots\dots\dots \text{mn}$

A.2.4.2. Calculer l'effort de coupe F_c lors de l'usinage.

.....

$F_c = \dots\dots\dots \text{daN}$

A.2.4.3. Calculer la puissance nécessaire à la coupe P_c .

.....

$P_c = \dots\dots\dots \text{Kw}$

A.2.4.4. Calculer la puissance développée par la machine P_m si le rendement est de $\eta = 0,9$

.....

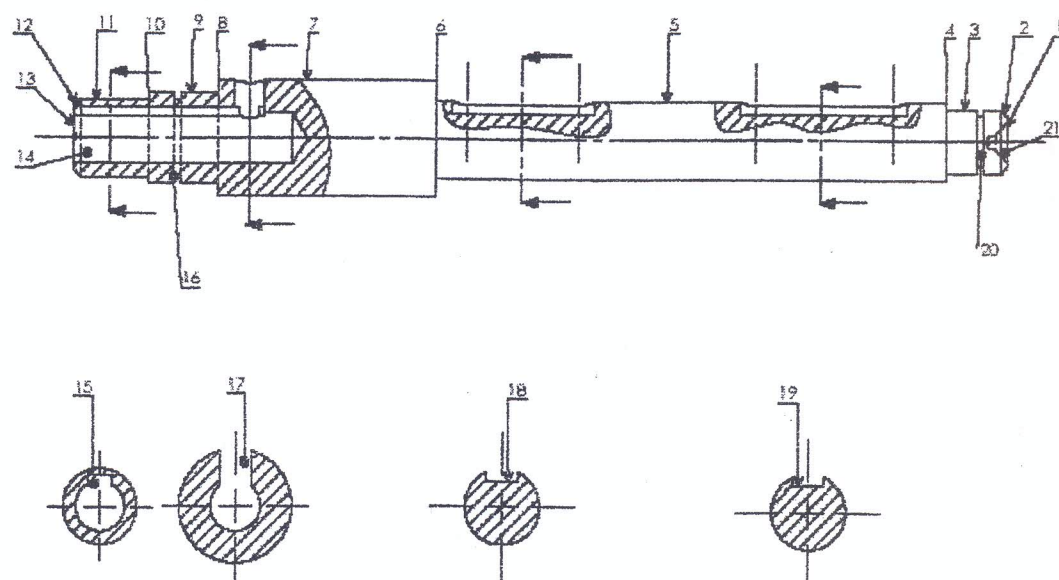
$P_m = \dots\dots\dots \text{Kw}$

A.2.4.5. combien d'arêtes n_a a-t-on besoin pour usiner toutes les pièces ?

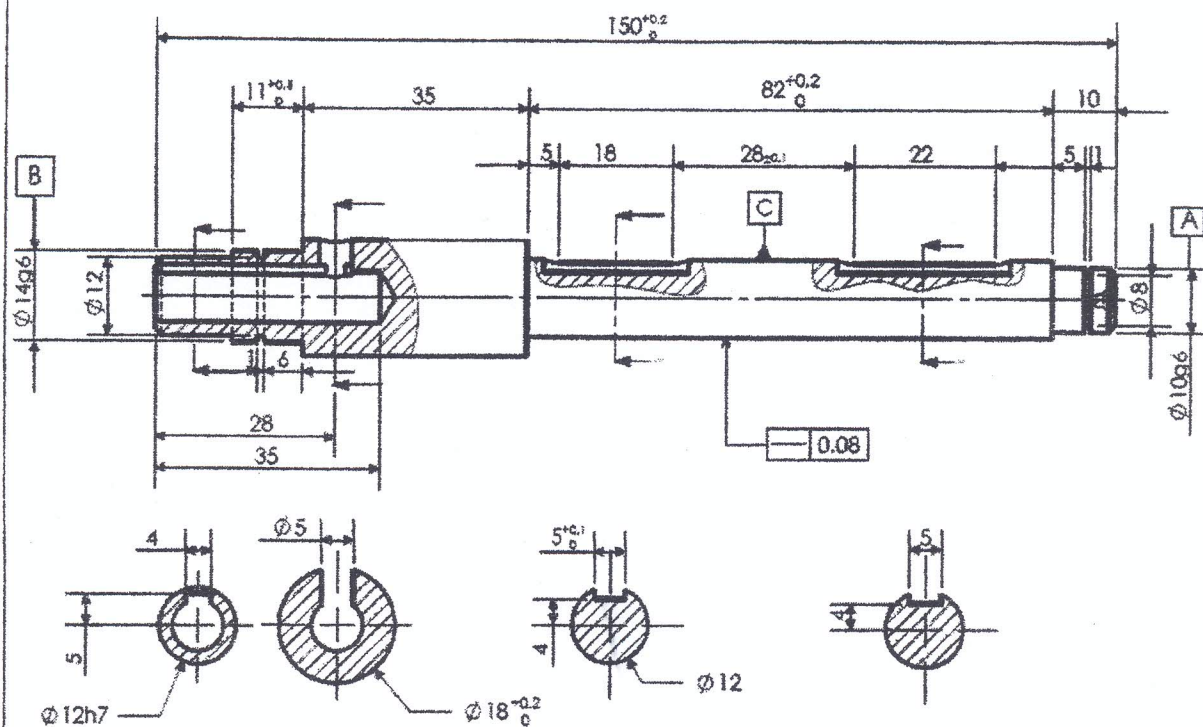
.....

$n_a = \dots\dots\dots$

Dessin de définition relatifs à la partie A.2 : Fabrication Mécanique



		Repère: 2	
	ARBRE DE SORTIE	Document: 2	
		Echelle: 1:2	



IT = $\pm 0,2$ sauf indications

Ra 3,2

Partout: sauf indications
Chanfreins: 1x45°

14 g6 = 14 $\begin{smallmatrix} -6 \\ -17 \end{smallmatrix}$

10 g6 = 10 $\begin{smallmatrix} -6 \\ -14 \end{smallmatrix}$

0,05 A B

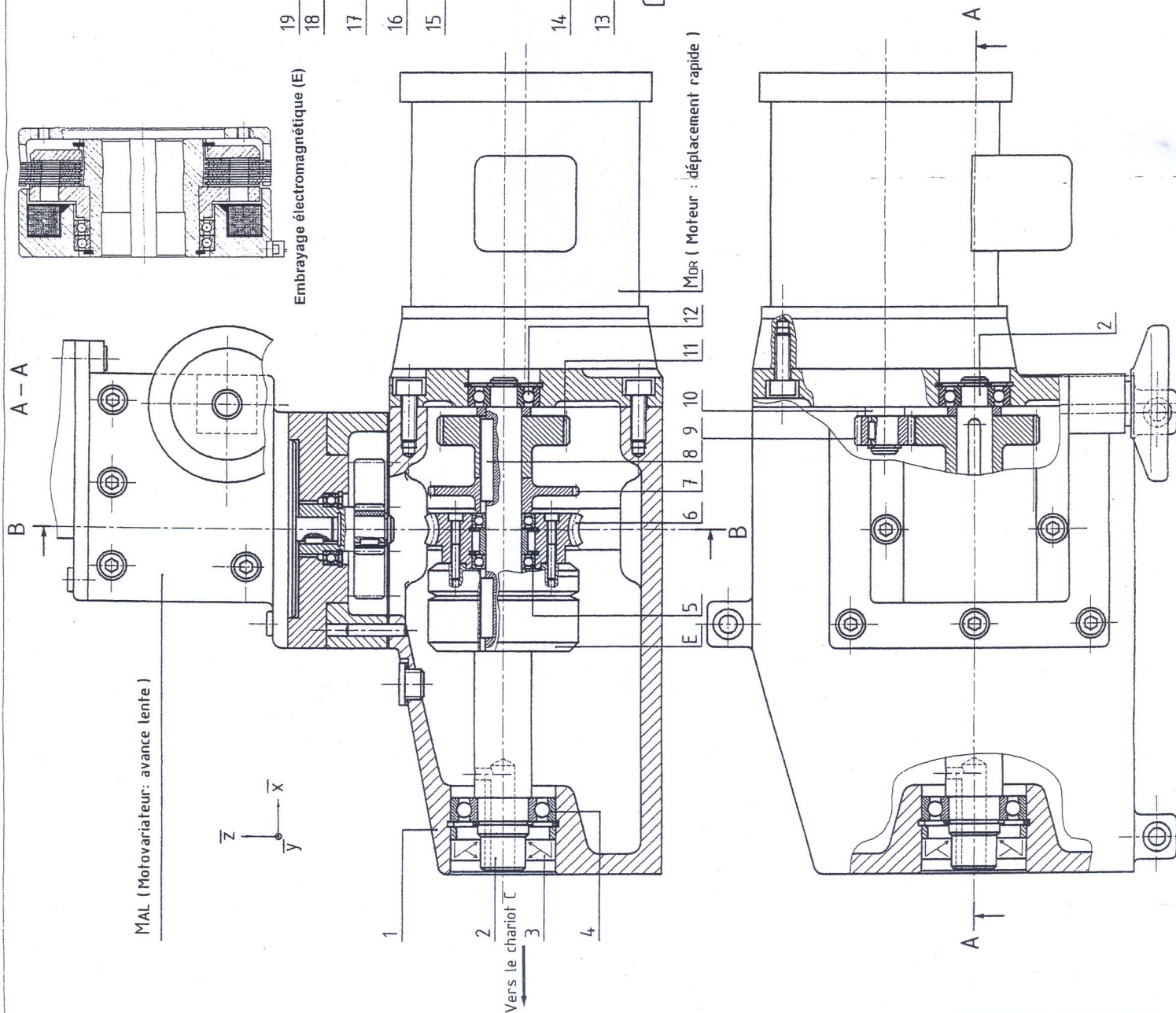


Echelle: 1:2

ARBRE DE SORTIE

Repère : 2

Document: 3



REP.	NB.	DESIGNATION	REP.	NB.	DESIGNATION
12	1	Roulement type BC	24	1	Bouchon de vidange
11	1	Roue dentée	23	1	Bouchon de niveau d'huile
10	1	Arbre de sortie M_{OR}	22	1	Pignon
9	1	Pignon	21	1	Accouplement rigide
8	1	Clavette parallèle	20	1	Arbre de sortie de M_{AL}
7	1	Turbine	19	1	Flasque
6	1	Roue dentée creuse	18	1	Roue dentée
5	2	Roulement 12 BC 01	17	1	Bride
4	1	Roulement 17 BC 03	16	2	Goupille de positionnement
3	1	Joint à lèvres type AS	15	1	Roulement type BC
2	1	Arbre de sortie	14	1	Vis sans fin
1	1	Carter	13	1	Roulement type BC

REP.	NB.	DESIGNATION	REP.	NB.	DESIGNATION
12	1	Roulement type BC	24	1	Bouchon de vidange
11	1	Roue dentée	23	1	Bouchon de niveau d'huile
10	1	Arbre de sortie M_{OR}	22	1	Pignon
9	1	Pignon	21	1	Accouplement rigide
8	1	Clavette parallèle	20	1	Arbre de sortie de M_{AL}
7	1	Turbine	19	1	Flasque
6	1	Roue dentée creuse	18	1	Roue dentée
5	2	Roulement 12 BC 01	17	1	Bride
4	1	Roulement 17 BC 03	16	2	Goupille de positionnement
3	1	Joint à lèvres type AS	15	1	Roulement type BC
2	1	Arbre de sortie	14	1	Vis sans fin
1	1	Carter	13	1	Roulement type BC

Echelle 7:10



A3

BOITE DES AVANCES

Document 1

2) Tracer le diagramme du moment fléchissant.

3) Calculer la largeur minimale a de la section de la poutre sachant que :

Longueur de la poutre :

$L=400\text{mm}$

Résistance pratique de l'acier :

$R_p=180\text{MPa}$

Charge :

$F=5000\text{N}$

Nom : Prénom : Groupe

4) Déterminer l'équation de la ligne déformée de la poutre en fonction de F , L , E et I_{Gz} .

(E : Module d'élasticité longitudinal, I_{Gz} : Moment quadratique de la section par rapport à l'axe (G, z))

Nom : Prénom : Groupe

5) Calculer la flèche maximale f_{Max} de la poutre au point C sachant que $E=200000 \text{ MPa}$: