

Examen Final du premier Semestre Janvier 2020

Epreuve de Conception et Fabrication Mécanique (CFM)

Préparation Technologique (PT2)

Machine agricole pour les travaux de fenaïson

Date : 9/01/2020

Heure : 8H30

Documents non autorisés

MISE EN SITUATION

La figure 1 représente une machine agricole, appelée faneuse, attelée (liée) à un tracteur et utilisée pour les travaux de fenaïson (séchage et ramassage de foin). Après la fauche (opération de coupe de l'herbe), l'ouvrier pratique 2 ou 3 passages avec la faneuse pour retourner et aérer le foin et le faire sécher. Quand le foin est sec, l'ouvrier peut alors le ramasser sous forme d'andain avant le passage d'une autre machine appelée botteuse (ramasseuse, presse) pour le conditionner sous forme de bottes cylindriques (rondes) ou de bottes parallélépipédiques (palettes).



Figure 1

Le tracteur assure le déplacement de la faneuse, à l'aide du système d'attelage, ainsi que l'entraînement de l'arbre d'entrée d'une boîte de conversion à travers la prise de force du tracteur (Figure 2). A la sortie de cette boîte de conversion, deux transmissions par pignons et chaînes entraînent deux toupies rotatives qui assurent en fonction du sens relatif de rotation :

- L'éparpillage et le retournement de l'herbe coupée pour assurer son séchage dans le cas où les deux toupies tournent dans le même sens,
- La mise de l'herbe en andain (sous forme de tas) afin de la ramasser par la botteleuse, dans le cas où les deux toupies tournent dans des sens contraires.

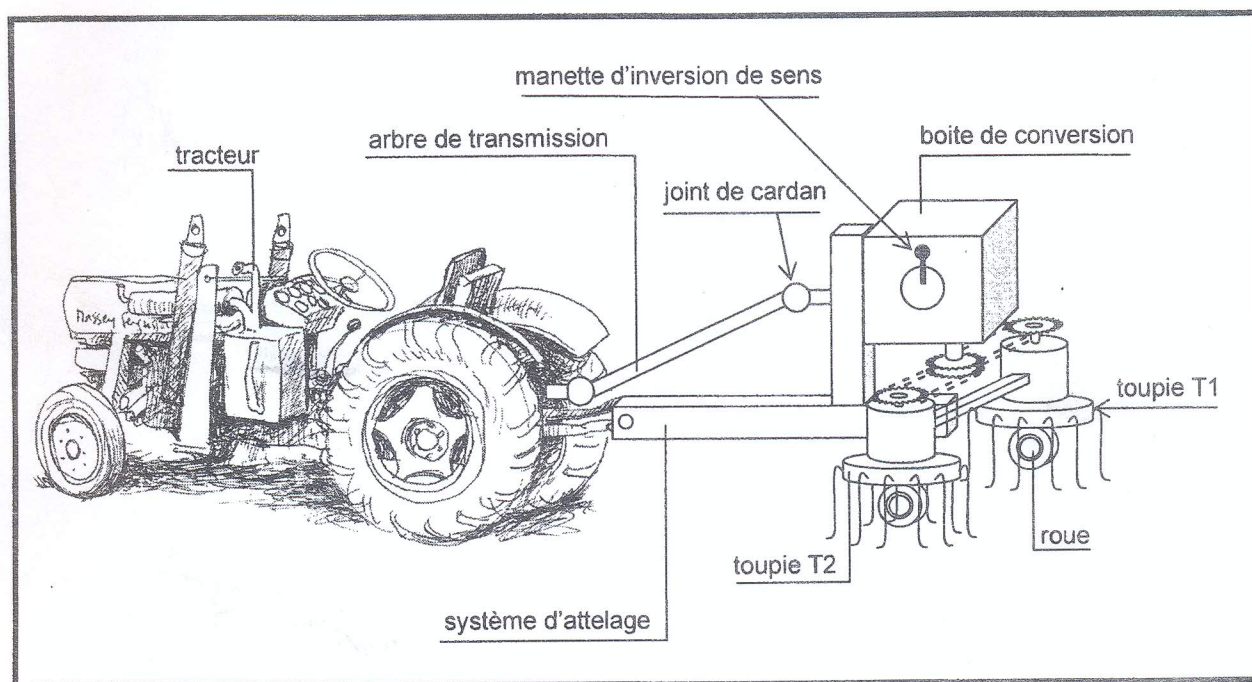


Figure 2

Nom :Prénom.....

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

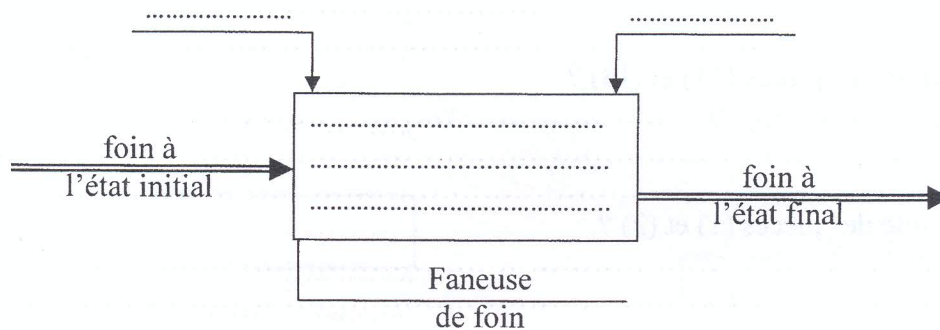
PARTIE A : CONCEPTION MECANIQUE

A-I) Analyse fonctionnelle

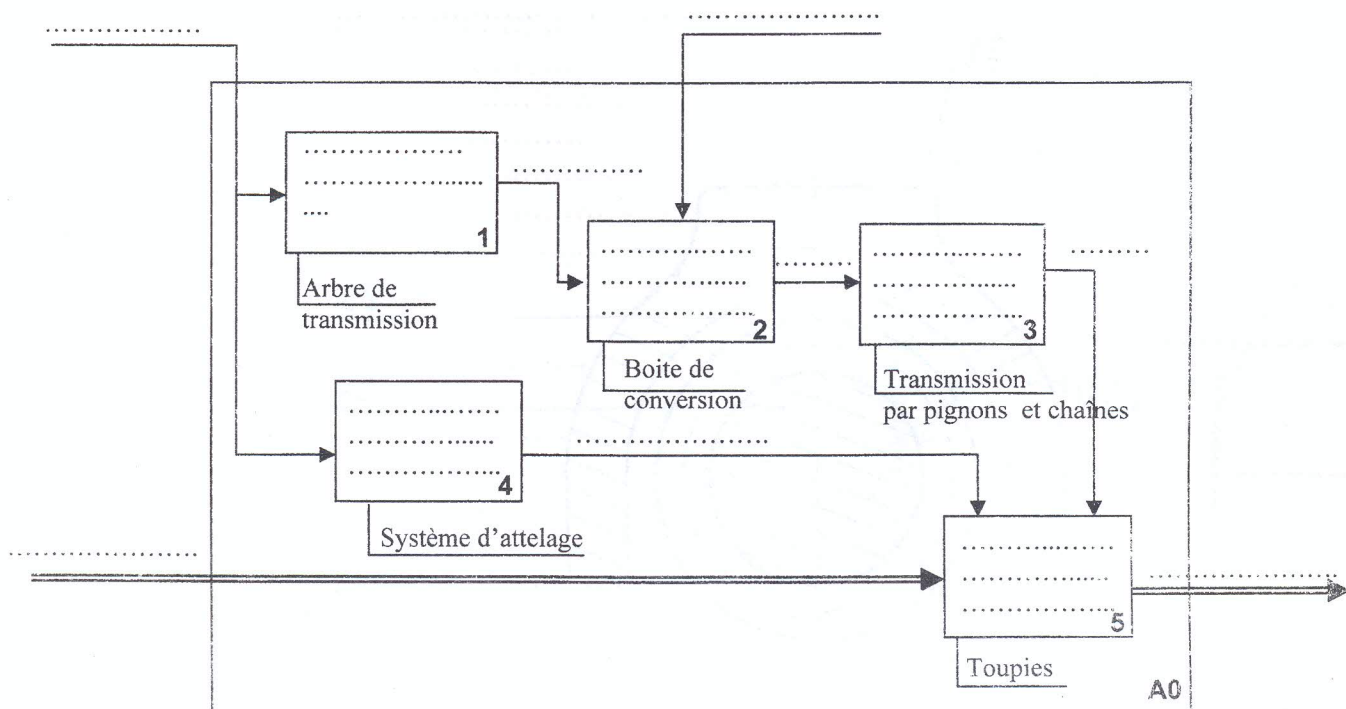
On s'intéresse dans cette partie à l'analyse du fonctionnement de la partie opérative d'une faneuse de foin constituée par :

- * un système d'attelage qui lie la faneuse au tracteur,
- * un arbre de transmission permettant la transmission de l'énergie mécanique de rotation depuis la prise de force du tracteur vers la boîte de conversion
- * une boîte de conversion permettant de transmettre l'énergie mécanique avec un changement du sens de rotation éventuellement,
- * une transmission par roues et chaînes,
- * deux toupies rotatives permettant de mouvoir le foin (éparpillages ou la mise en andain)

A-I-1) Compléter l'actigramme A-0.

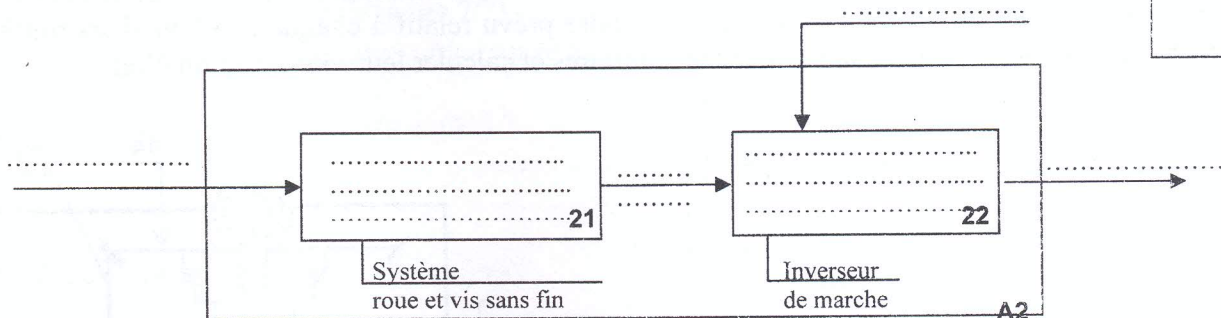


A-I-2) Compléter l'actigramme A0.



Ne rien écrire ici

A-I-3) Compléter l'actigramme A2 relatif à la boîte de conversion



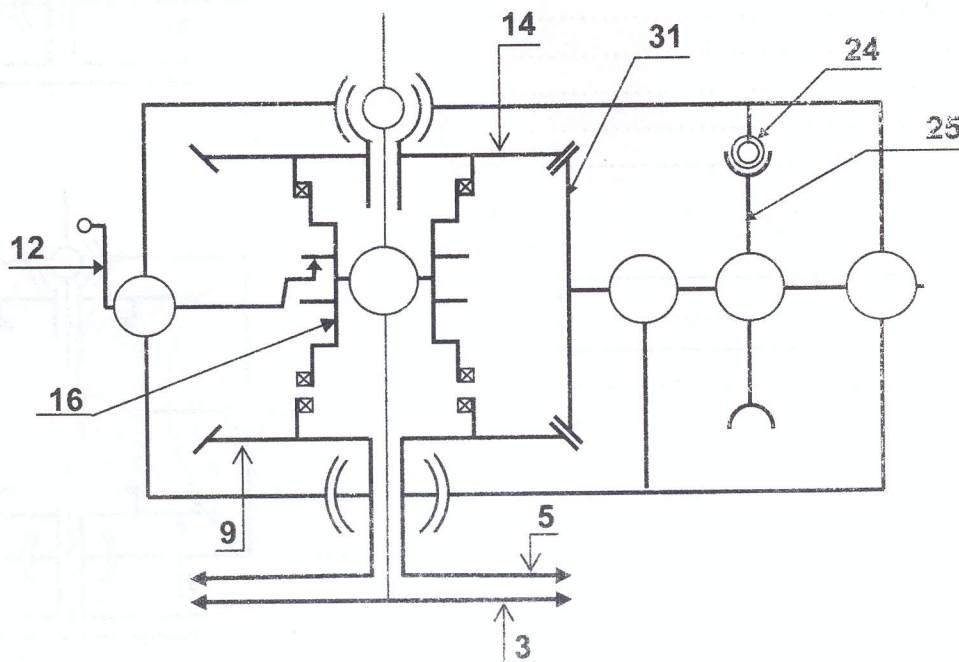
A-II) Etude cinématique

Le dessin d'ensemble page (7/7) représente à l'échelle 1:1 la boîte de conversion qui assure la transmission de puissance entre l'arbre d'entrée (la vis sans fin (24)) et la sortie (les deux roues à chaîne (3) et (5)) avec la possibilité d'inversion du sens relatif de rotation. La commande du sens de rotation est assurée par la manette de commande (12).

On donne :

- vitesse de rotation nominale de la prise de force : $N_n=540$ tr/min,
- transmission par roue et vis sans fin (25) et (24),
 - rendement de la transmission roue et vis sans fin (25) et (24) $\mu_1=0,6$,
 - nombre de dents de la roue (25) : $Z_{25}=33$ dents,
 - la vis (24) est à deux filets : $Z_{24}=2$ filets,
- transmission par les roues coniques (31), (9) et (14),
 - rendement de la transmission par roues coniques (31), (9) $\mu_2=0,9$,
 - rendement de la transmission par roues coniques (31), (14) $\mu_3=0,9$,
 - nombre de dents de la roue (31) : $Z_{31}=17$ dents
 - nombre de dents de la roue (9) : $Z_9=38$ dents,
 - nombre de dents de la roue (14) : $Z_{14}=38$ dents,

a) Compléter le schéma cinématique de la boîte de conversion par la représentation des symboles des liaisons dans les cercles prévus.



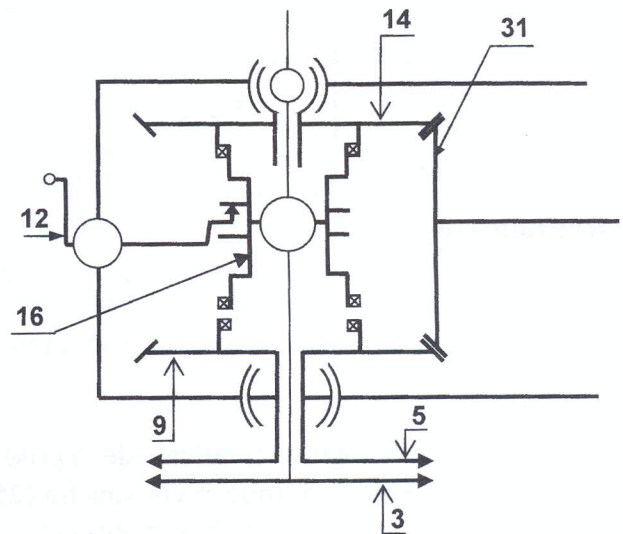
Examen de fin du 1^{er} Semestre de Conception Fabrication Mécanique (CFM)(Janvier 2020)

Nom : Prénom.....

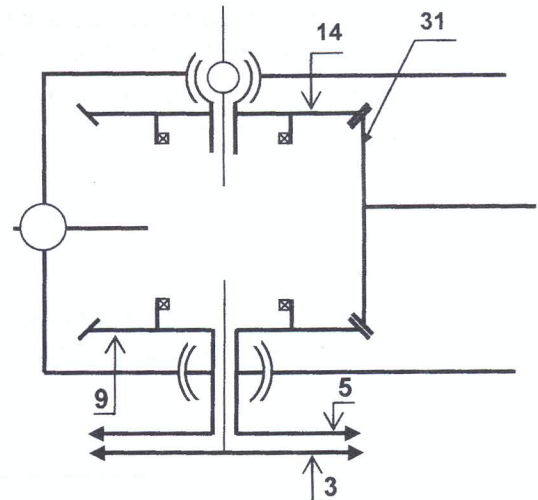
Identifiant.....Groupe.....

b) Compléter les schémas ci-dessous par la représentation du baladeur (16) et du levier (12) pour les trois positions possibles du levier. Préciser dans le cadre prévu relatif à chaque position si les roues (3) et (5) tournent dans le même sens ou dans des sens contraires et calculer leur vitesse de rotation.

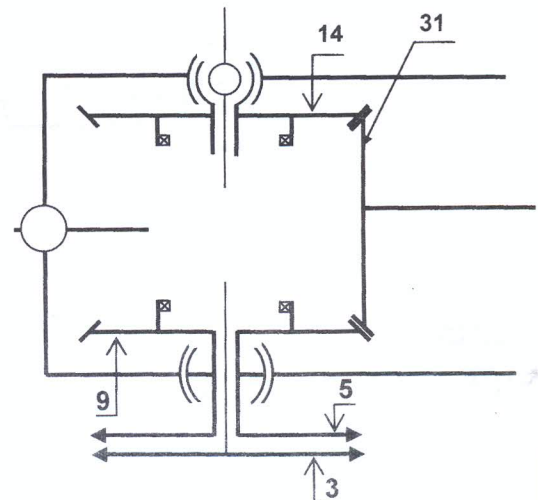
*Position 1



*Position 2



*Position 3



Ne rien écrire ici

A-III) Etude technologique (voir page 7/7)

NB en cas de besoin mesurer les cotes utiles sur le dessin d'ensemble

a) Quelle est l'utilité des pièces (8) et (15) ?

.....
.....

b) Quelle est l'utilité des pièces (20) et (26) ?

.....
.....

c) Quelle est l'utilité des pièces (34) ?

.....
.....

d) Quelle est l'utilité des pièces (11) et (13) ?

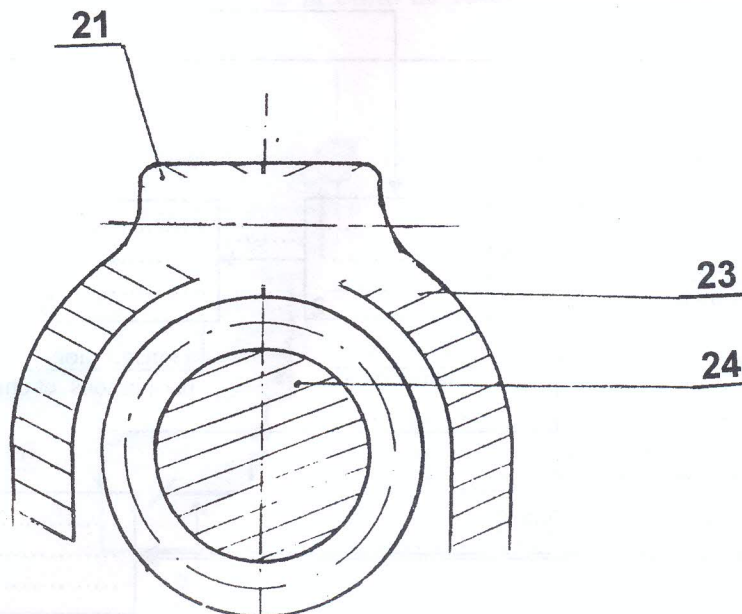
.....
.....

e) Quelle est l'utilité des pièces (1) et (2) ?

.....
.....

f) Les demi carter (23) et (21) sont fixés par des vis. Quelle est la solution utilisée pour le positionnement de ces deux pièces avant fixation. Représenter cette solution sur le dessin ci-dessous.

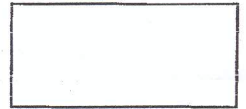
.....
.....



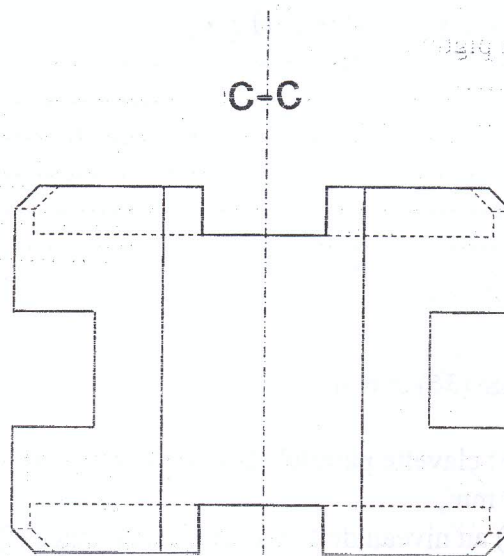
Examen de fin du 1^{er} Semestre de Conception Fabrication Mécanique (CFM)(Janvier 2020)

Nom : Prénom :

Identifiant : Groupe :



- g) Le baladeur (16) possède à la partie supérieure et inférieure un usinage spécial, quel est son rôle ? compléter ci-dessous à l'échelle 1,5 : les deux vues du dessin de définition du baladeur montrant la forme prévue



c

c

Ne rien écrire ici

h) La transmission de puissance entre la prise de force du tracteur et la boîte de conversion est assurée par un arbre intermédiaire et deux joints de cardan. Quelles sont les conditions de montage de ces derniers qu'il faut respecter afin d'éviter les irrégularités de transmission.

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

i) Quelles sont les mesures de sécurité à prendre lors de l'inversion du sens de rotation des toupies.

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

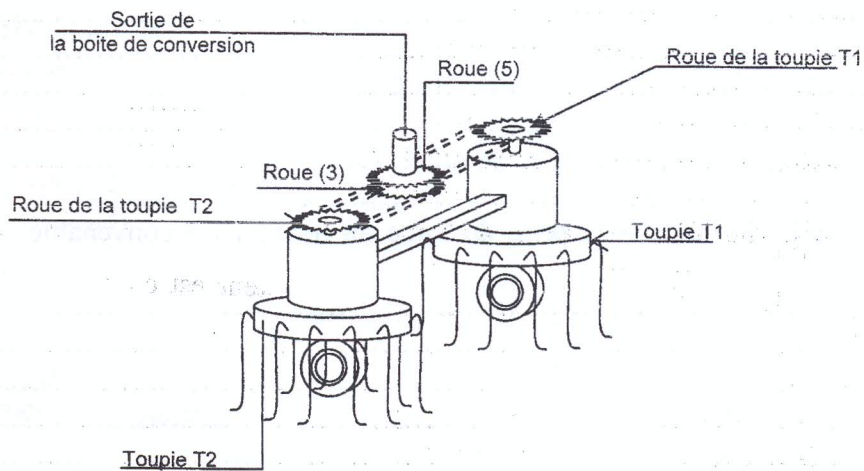
j) Quelle est le rôle de la pièce (17)

.....
.....

A-V) Etude mécanique

A-V-1) Calcul de puissance nécessaire à l'entraînement

La figure ci-dessous représente le schéma de transmission de puissance de la boîte de conversion vers les toupies (T1) et (T2)



Nom : Prénom.....

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

--

On donne :

- Puissance utile (maximale) au niveau de la prise de force du tracteur $P_u = 1 \text{ Cv}$,
- transmission par roues (5), (T1) et chaîne,
 - rendement de la transmission roues (5), (T1) et chaîne $\mu_4 = 0,85$,
 - nombre de dents de la roue (5) : $Z_5 = 51$ dents,
 - nombre de dents de la roue (T1) : $Z_{T1} = 34$ dents,
 - couple résistant estimé au niveau de la toupie (T1) $C_{T1} = 50 \text{ Nm}$
- transmission par roues (3), (T2) et chaîne,
 - rendement de la transmission roues (3), (T2) et chaîne $\mu_5 = 0,85$,
 - nombre de dents de la roue (3) : $Z_3 = 51$ dents,
 - nombre de dents de la roue (T2) : $Z_{T2} = 34$ dents,
 - couple résistant estimé au niveau de la toupie (T2) $C_{T2} = 50 \text{ Nm}$
- transmission par l'arbre intermédiaire entre la prise de force PF du tracteur et la boîte de conversion,
 - rendement de la transmission entre PF et la boîte de conversion $\mu_6 = 0,95$.

a) Calculer la vitesse de rotation de chacune des toupies (T1) et (T2)

b) Calculer la puissance P_T développée au niveau de chaque toupie

c) En déduire la puissance nominale nécessaire P_n au niveau de la prise de force du tracteur pour l'entraînement des deux toupies.

d) Vérifier si la puissance utile fournie par la prise de force du tracteur est convenable pour entraîner la faneuse

Ne rien écrire ici

A-V-2) Calcul de vérification de la résistance de la clavette (36)

Pour cette question, on se place dans les conditions les plus défavorables pour lesquelles la puissance transmise est égale à la puissance utile P_u . La transmission de puissance entre le moyeu (35) et le pignon arbré (31) est assurée par une clavette parallèle (36).

a) Calculer le couple C_{31} transmis au pignon arbré (31)

.....

.....

.....

.....

.....

.....

b) Vérifier la résistance de la clavette (36) et conclure.

On donne

- Désignation de la clavette (36) : clavette parallèle B 6x6x40 ($a=6\text{mm}$, $b=6\text{mm}$, $L=40\text{mm}$)
- Diamètre de l'arbre (30) $d=19\text{ mm}$,
- Cote normalisée de l'arbre (31) au niveau de la rainure de clavetage : $j=d-3,5$,
- Pression admissible de matage de la clavette $P_H=80\text{MPa}$
- Contrainte admissible de cisaillement du matériau de la clavette : $R_{pg}=70\text{ MPa}$

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

A-V) Cotation fonctionnelle

a) Donner les ajustements qualitatifs des assemblages indiqués dans le tableau ci-dessous

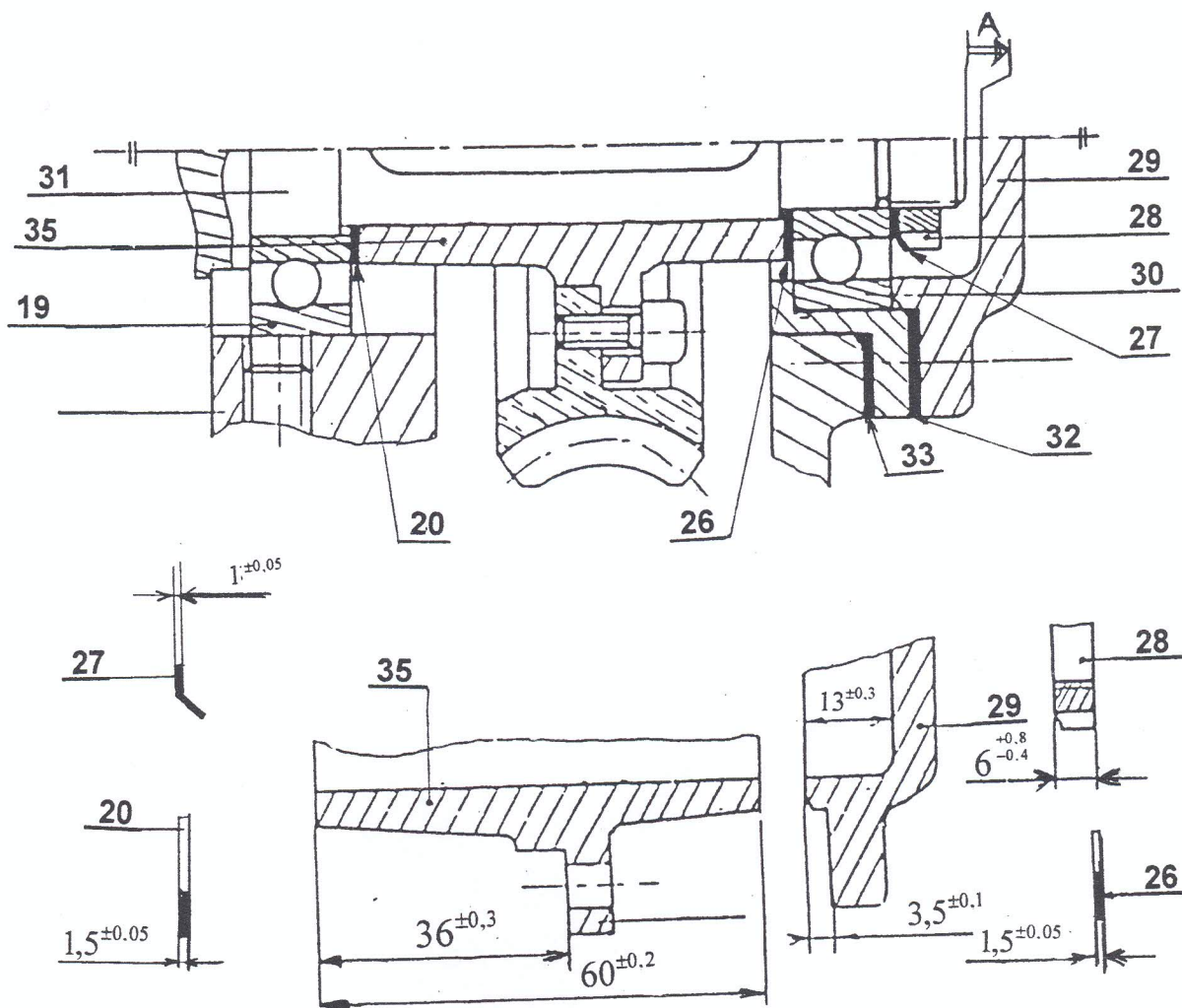
Assemblage	Ajustement
pièce (12) / pièce (21)	
pièce (25) / pièce (35)	
pièce (35) / pièce (31)	
pièce (31) / pièce (19)	
pièce (19) / pièce (21)	
pièce (21) / pièce (7)	
pièce (7) / pièce (38)	

Nom : Prénom :

Identifiant : Groupe :

b) Tracer sur le dessin ci-dessous la chaîne de cotes minimales relatives à la condition A.

c) Quelle est l'utilité de cette condition ?



d) Calculer la cote fonctionnelle du pignon arbré (31) relative à la condition A

On donne

• largeur B des roulements : $B_{19} = 15^{0}_{-0.12}$, $B_{30} = 14^{0}_{-0.12}$,

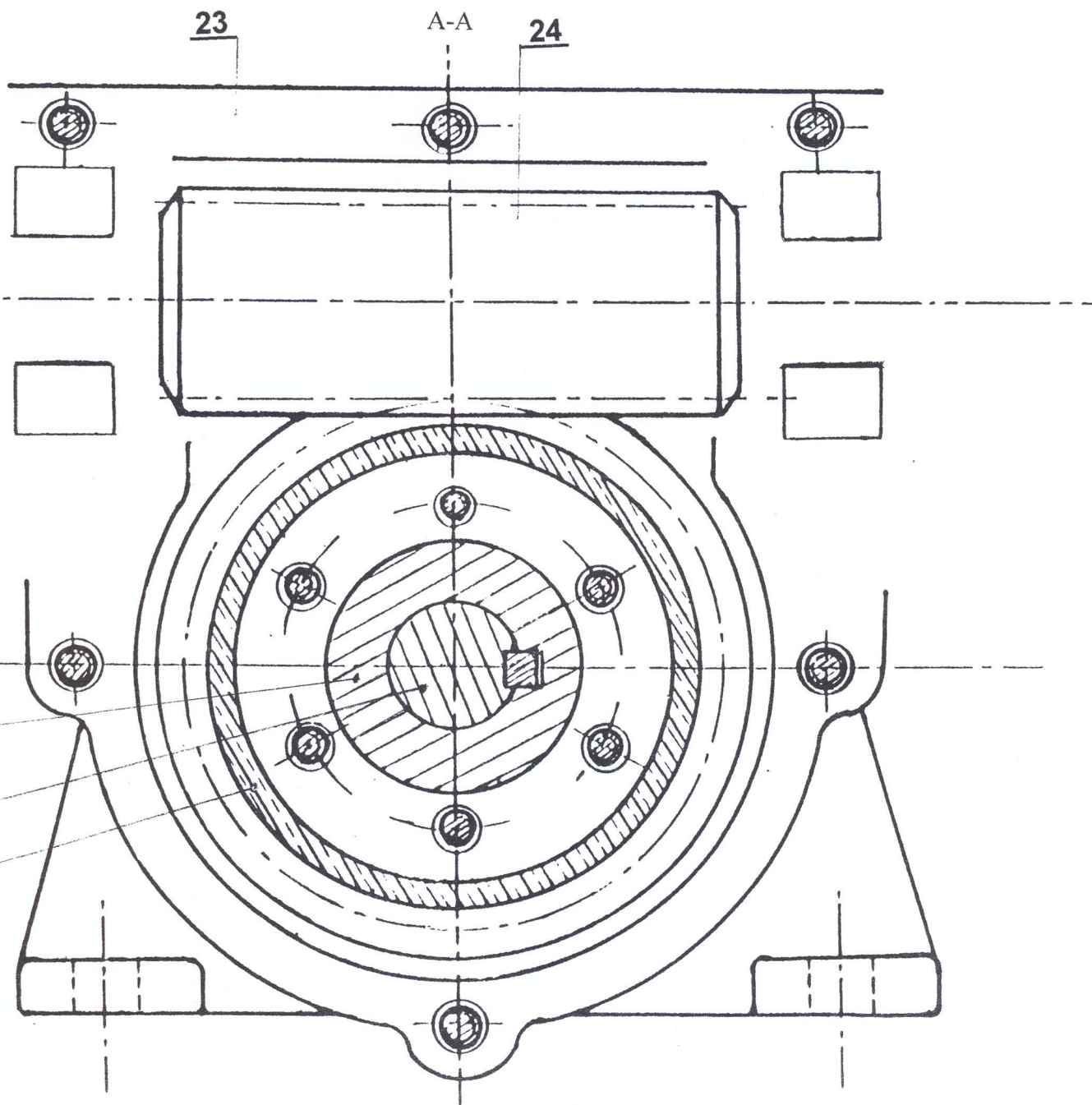
• condition A : $A = 2^{+1.74}_{0}$.

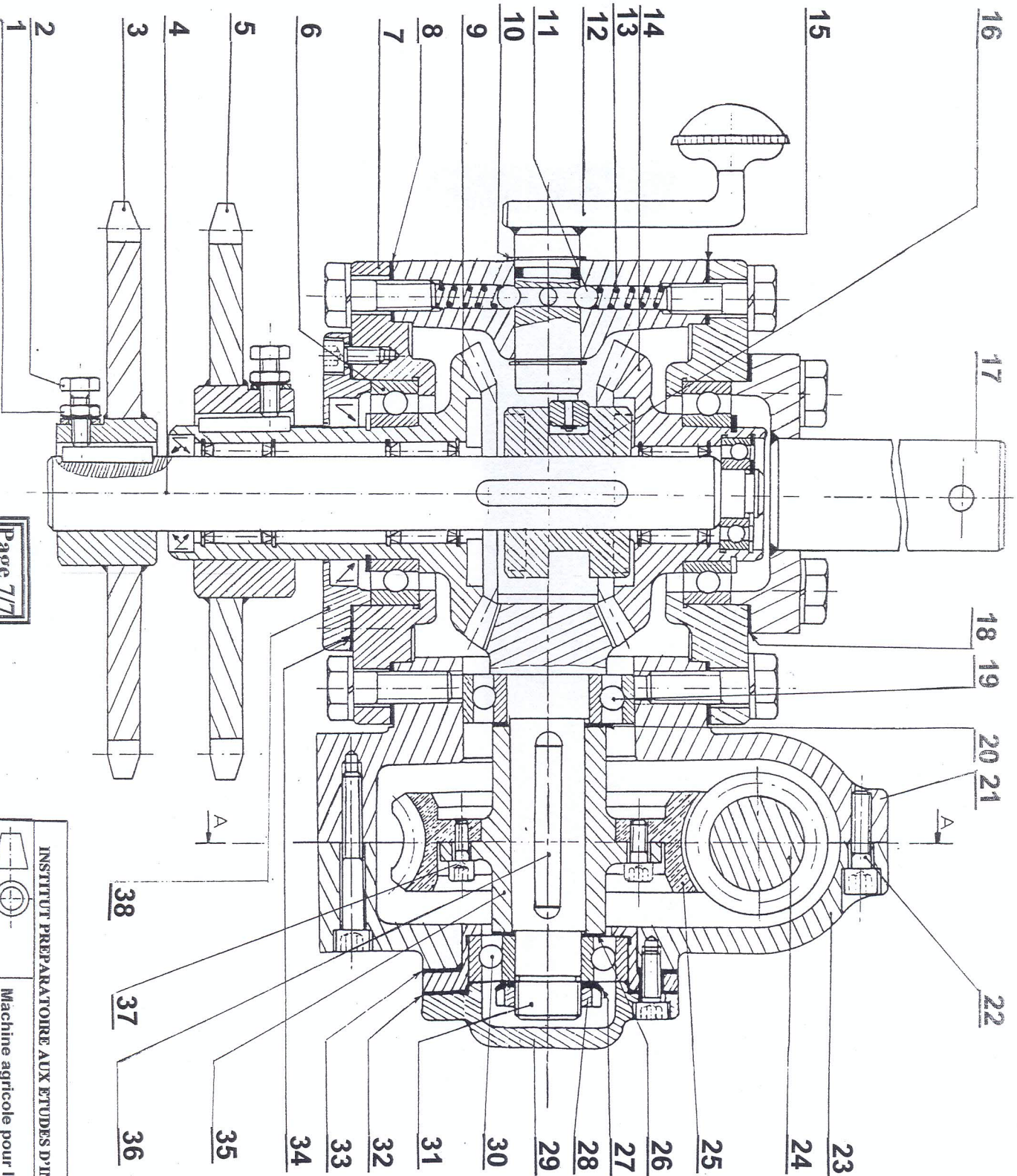
Ne rien écrire ici

A-VIII) Etude de conception

Le guidage en rotation de la vis sans fin (24) par rapport au bâti (21) et (23) est assuré par deux roulements à rouleaux coniques (type KB). Compléter sur le dessin ci-dessous le montage de ces roulements déjà esquissés en assurant :

- l'étanchéité du mécanisme, sachant que l'accouplement de la vis sans fin avec l'arbre intermédiaire est assurée du coté droite de la vis,
- la cotation des assemblages fonctionnels.





Nom : Prénom :
Identifiant :
Classe :



PARTIE B : TECHNOLOGIE DE PRODUCTION

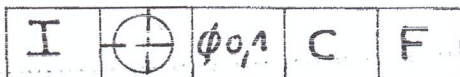
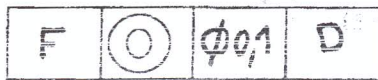
On donne le dessin de définition de la pièce '7' représentée sur le document (voir page 10/12)

Le brut de cette pièce est obtenu par moulage en sable avec trou noyauté.

La surépaisseur d'usinage est de 2mm au rayon et de 2.5mm sur les faces. Les surfaces à usiner sont repérées par des lettres majuscules.

B-1-Analyse du dessin de définition :

B-1-1 Définir les spécifications suivantes :



B-1-2 Comment peut on obtenir la contrainte de perpendicularité entre les surfaces (C) et (F) ?

B-1-3 Déterminer toutes les contraintes dimensionnelles et géométriques de cette pièce ?

B-2-Usinage sur machine conventionnelle :

On propose d'étudier dans cette partie l'usinage de la pièce (5) en petite série de 200 pièces renouvelables.

On dispose d'un tour parallèle et d'une perceuse verticale.

B-2-1 Compléter la feuille d'Avant Projet d'Etude de Fabrication ci jointe en précisant sur chaque phase :

- les surfaces à usiner ,
- la mise en position (l'isostatisme),
- les opérations d'usinage dans l'ordre de réalisation,
- Installer les cotes de fabrication et les calculs si' il y a lieu

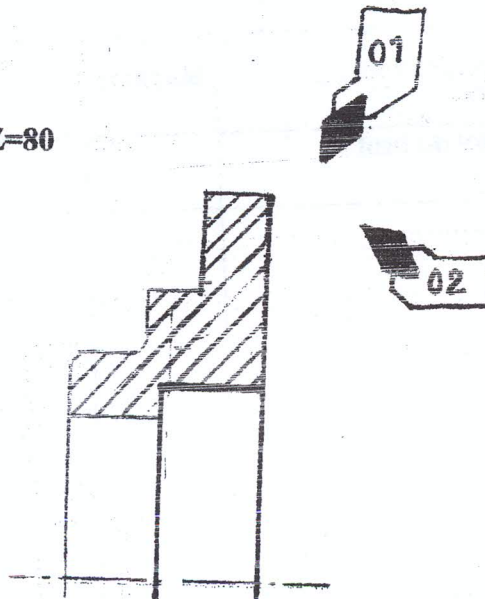
Nom : Prénom :
Identifiant :
Classe :

B-3-Usinage sur machine à commande numérique :

Dans cette partie on s'intéresse à la finition des surfaces (A) et (D) en utilisant un tour à commande numérique à tourelle arrière.

Pré-coupe = Dégagement = 2mm

Point de changement d'outil X = 200 , Z=80



B-3-1- Sur le dessin de la pièce représenté ci-dessus, mettre en place l'origine pièce et le système d'axe lié à celle-ci.

B-3-2- Sur le dessin ci-dessus, schématiser les trajectoires de chaque outil.

B-3-3- Compléter le programme donné ci-dessous

%1412

N0010 G54

N0020 T0101 G96 S150 G95 F0.08 M04 M08

N0030 G92 S2500

N0040

N0050

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

Ne rien écrire ici

B-4-Paramètres et temps de coupe

La finition de la surface (C) est effectuée en tournage en utilisant un outil à dresser l'angle, la vitesse de coupe est égale à 90 m/mn et l'avance par tour est égale à 0.1 mm/tr. La profondeur de passe est de 2.5 mm

B-4-1- Calculer la vitesse de rotation de la broche en tr/mn au niveau de F.

.....

B-4-2- Calculer la vitesse d'avance (V_a) en mm/mn

.....

B-4-3- Exprimer le temps de coupe (T_c) utile à la finition de la surface C.

-en fonction de la longueur usinée (L) et la vitesse d'avance (V_a).

.....

-en fonction de la longueur usinée L , a , V_c , et D .

.....

B-4-4- Calculer le temps de coupe T_u

.....

B-4-5- la durée de vie de l'outil s'exprime par :

$$T = 19.10^6 V_c^{-3.5}$$

B-4-5-1 Déterminer le nombre d'outil à utiliser pour effectuer l'ébauche de la surface C de 200 pièces

.....

.....

.....

.....

B-4-5-2 Quelle est la vitesse de coupe pour usiner toutes les pièces sans changer l'outil (T_1), l'avance restera constante.

.....

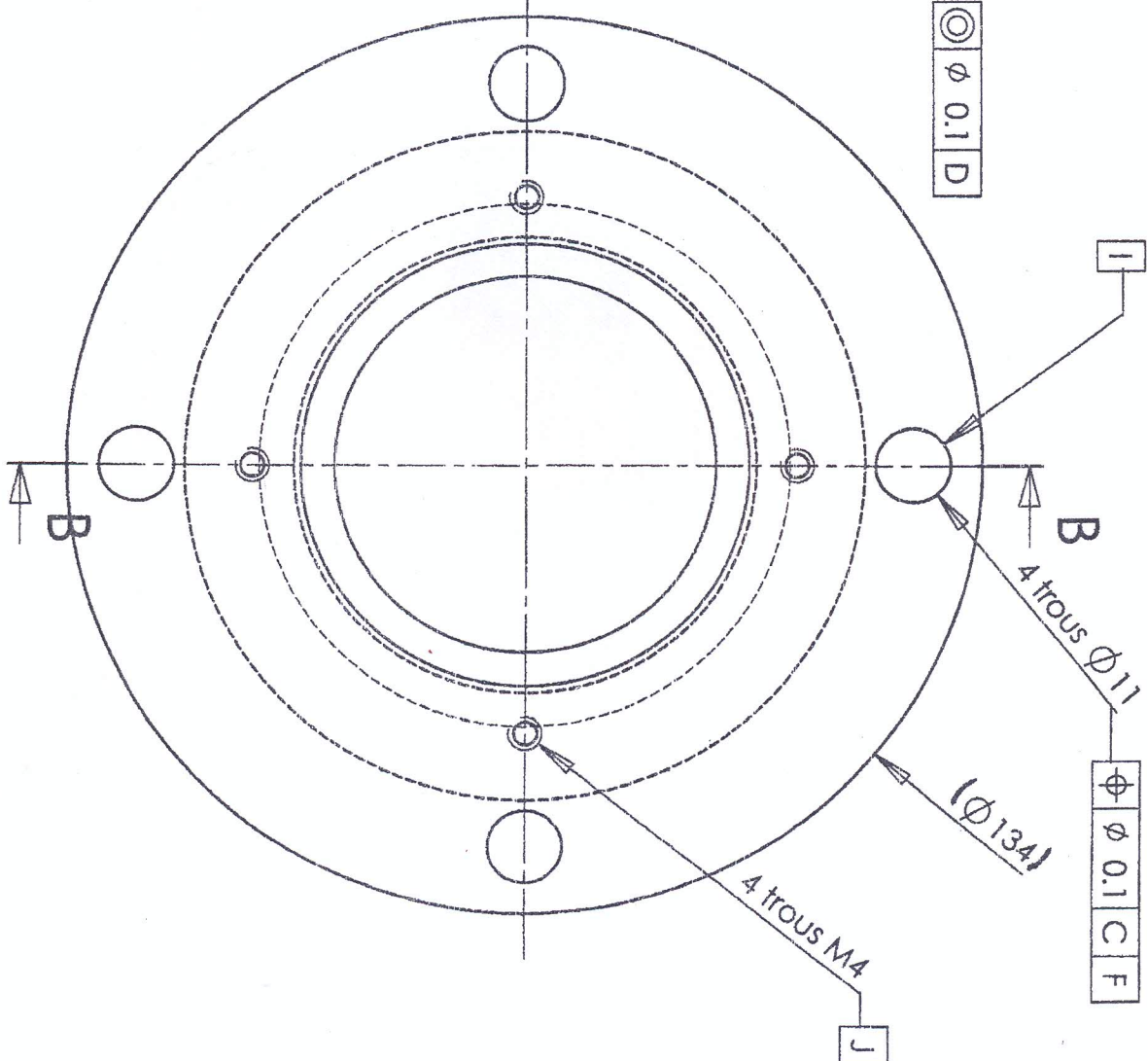
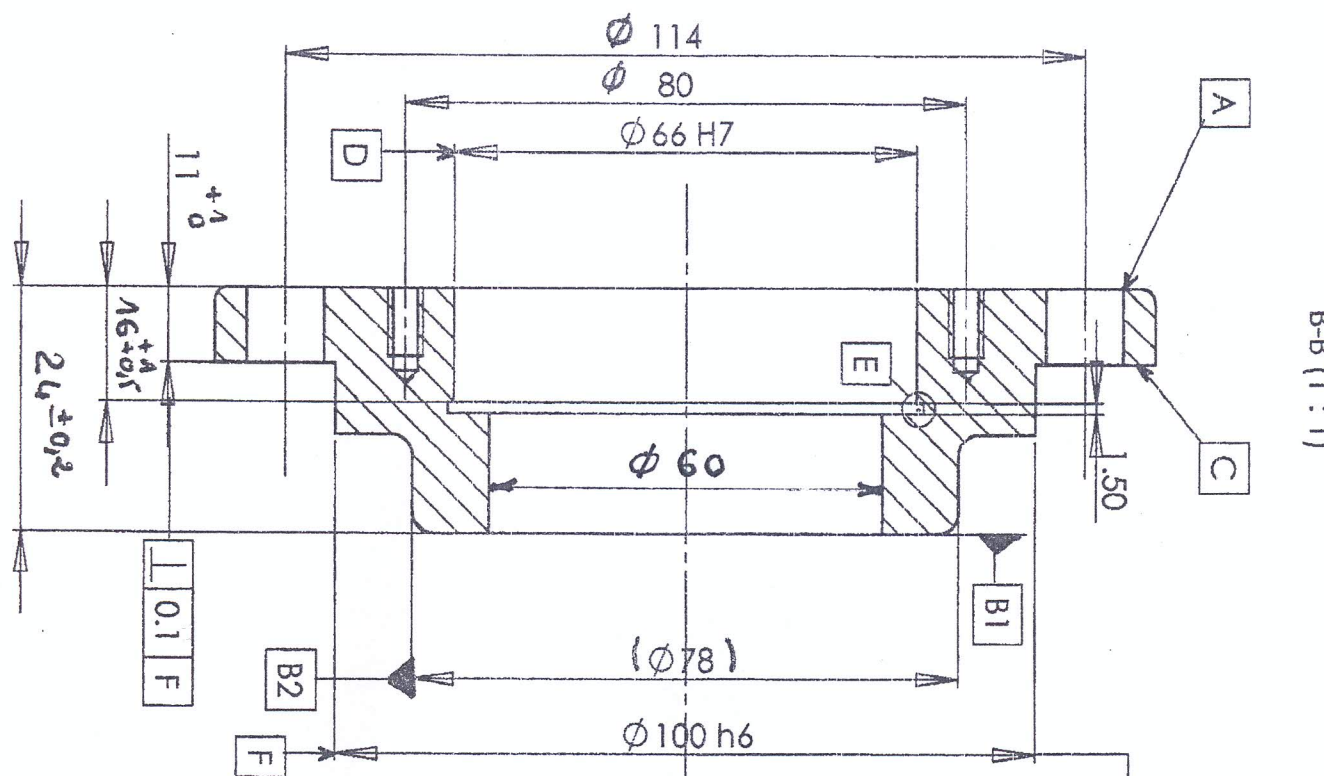
.....

.....

B-4-5-3 On déduire la puissance de la machine pour un rendement de 0.8. On donne la pression spécifique de coupe $K_a = 1900 \text{ N/mm}^2$

.....

B-B (1:1)



Système Technique Automatisé (STA), PT2
Examen de fin du 1^{er} semestre Date: 08 Janvier 2020 Durée: 3h

Présentation générale du système :

On se propose d'étudier un mécanisme de portail qui permet l'ouverture automatique et télécommandée de portail battant destiné à un usage résidentiel (*figure 1-a*).

Les parties A (MSI) et B (Auto) sont indépendantes et doivent être traitées sur des feuilles séparées.

Partie A : MECANIQUE DES SOLIDES RIGIDES (Durée : 1h 30 min)

Une modélisation cinématique simplifiée du mécanisme de portail en vue de dessus est représentée sur la *figure 1b*. Les principaux éléments qui le composent, sont :

Un bâti fixe (0) représentant le mur, un levier (1), un portail (2), une bielle (3) et un motoréducteur (M).

Fonctionnement :

Le levier (1), entraîné par le motoréducteur (M), possède une liaison pivot d'axe $(A, \vec{z}_0)$ avec le bâti (0) d'une part, et une liaison pivot d'axe $(C, \vec{z}_0)$ avec la bielle (3) d'autre part. Le portail (2) est actionné par la bielle (3) grâce à la liaison pivot d'axe $(D, \vec{z}_0)$ ce qui lui permet d'avoir un mouvement de rotation assuré par une liaison pivot d'axe $(B, \vec{z}_0)$ avec le bâti (0).

Repères et paramétrages :

Les repères et les paramètres adoptés sont définis comme suit :

- $R_0(O, \vec{x}_0, \vec{y}_0, \vec{z}_0)$ Repère lié au bâti (0) supposé galiléen,
- $R_1(A, \vec{x}_1, \vec{y}_1, \vec{z}_0)$ Repère lié au levier (1) tel que $\theta_1 = (\vec{x}_0, \vec{x}_1) = (\vec{y}_0, \vec{y}_1)$,
- $R_2(B, \vec{x}_2, \vec{y}_2, \vec{z}_0)$ Repère lié au portail (2) tel que $\theta_2 = (\vec{x}_0, \vec{x}_2) = (\vec{y}_0, \vec{y}_2)$,
- $R_3(C, \vec{x}_3, \vec{y}_3, \vec{z}_0)$ Repère lié à la bielle (3) tel que $\theta_3 = (\vec{x}_1, \vec{x}_3) = (\vec{y}_1, \vec{y}_3)$.

où θ_1 , θ_2 et θ_3 , sont les paramètres angulaires du mécanisme

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

$$\overrightarrow{OA} = a \vec{x}_0, \quad \overrightarrow{OB} = 3a \vec{y}_0, \quad \overrightarrow{BD} = c \vec{x}_2, \quad \overrightarrow{CD} = d \vec{x}_3, \quad \overrightarrow{AC} = d \vec{x}_1, \quad \overrightarrow{BG} = \frac{\ell}{2} \vec{x}_2$$

où a , c , d et ℓ sont des *constantes géométriques du mécanisme*.

On suppose que le point B, centre de la liaison pivot entre le portail (2) et le bâti (0), est situé dans le même plan que les points O, A, C et D. De plus ce point B se trouve à mi-hauteur du portail (2).

A1/ Etude géométrique

A1-1 Ecrire dans la base de R_0 les équations scalaires entre les paramètres θ_1 , θ_2 et θ_3 traduisant la fermeture géométrique de la chaîne cinématique $\{0, 1, 3, 2, 0\}$.

A1-2 Dédurre la relation directe entre θ_1 et θ_2

A2/ Etude cinématique

A2-1 Déterminer :

a) Le torseur cinématique, exprimé dans la base $R_1(A, \vec{x}_1, \vec{y}_1, \vec{z}_0)$ de (1)/(0) au point C :

$$\{ \mathcal{S}(1/0) \}_C = \begin{Bmatrix} \vec{\Omega}(1/R_0) \\ \vec{V}(C \in 1/R_0) \end{Bmatrix}$$

- b) Le torseur cinématique, exprimé dans la base de R_2 , de $(2)/(0)$ au point D : $\{\mathcal{G}(2/0)\}_D$
- c) La vitesse de G par rapport à R_0 : $\vec{V}(G \in 2/R_0)$
- d) La vitesse de D par rapport à R_0 en tant que point de (3) : $\vec{V}(D \in 3/R_0)$
- e) Dédurre à partir de b) et d) (*par projection sur la direction $\vec{x}_3$*), la vitesse angulaire du portail $\dot{\theta}_2$ en fonction de $\dot{\theta}_1$ et les paramètres de position.

A2-2. Calculer :

- a) L'accélération de C par rapport à R_0 : $\vec{\gamma}(C/R_0)$
- b) L'accélération de D par rapport à R_0 : $\vec{\gamma}(D/R_0)$ (indication $D \in (2)$)
- c) L'accélération de G par rapport à R_0 : $\vec{\gamma}(G/R_0)$

A3/ Etude cinétique

Toutes les liaisons sont supposées parfaites. L'accélération de la pesanteur est $\vec{g} = -g \vec{z}_0$.

On néglige les masses et les inerties du levier (1) et de la bielle (3). Le portail (2) est assimilé à une plaque rectangulaire homogène de centre d'inertie G ($\vec{BG} = \frac{\ell}{2} \vec{x}_2$), de hauteur h suivant $\vec{z}_0$, de longueur ℓ suivant $\vec{x}_2$ et de masse m .

Les torseurs d'actions mécaniques du bâti (0) sur le levier (1), du bâti (0) sur le portail (2), de la bielle (3) sur le levier (1) et du motoréducteur (M) sur le levier (1) sont de la forme :

$$\begin{aligned} \{\tau_{0 \rightarrow 1}\}_A &= \begin{Bmatrix} X_{01} \vec{x}_1 + Y_{01} \vec{y}_1 \\ \vec{0} \end{Bmatrix}_A & \{\tau_{0 \rightarrow 2}\}_B &= \begin{Bmatrix} X_{02} \vec{x}_2 + Y_{02} \vec{y}_2 + Z_{02} \vec{z}_0 \\ L_{02} \vec{x}_2 + M_{02} \vec{y}_2 \end{Bmatrix}_B & \{\tau_{3 \rightarrow 1}\}_C &= \begin{Bmatrix} -F \vec{x}_3 \\ \vec{0} \end{Bmatrix}_C \\ \{\tau_{M \rightarrow 1}\} &= \begin{Bmatrix} \vec{0} \\ C_m \vec{z}_0 \end{Bmatrix} \end{aligned}$$

A3-1 a) Justifier que la matrice d'inertie du portail (2) au point G dans la base $(\vec{x}_2, \vec{y}_2, \vec{z}_0)$ a la forme :

$$[I_G(2)] = \begin{bmatrix} A_2 & 0 & 0 \\ 0 & B_2 & 0 \\ 0 & 0 & C_2 \end{bmatrix}_{(\vec{x}_2, \vec{y}_2, \vec{z}_0)}$$

b) Déterminer les valeurs de A_2 , B_2 et C_2 en fonction de m , ℓ et h .

Dans la suite on ne considèrera que la forme de la matrice d'inertie de (2) donnée par A3-1 a).

A3-2 Calculer le torseur cinétique du portail (2) par rapport à R_0 au point G, puis au point B.

A3-3 Calculer l'énergie cinétique du portail (2) par rapport à R_0 .

A3-4 Déterminer dans la base de R_2 le torseur dynamique de (2) par rapport à R_0 au points G et B.

A4/ Etude dynamique

A4-1 Appliquer dans la base de R_1 le principe fondamental de la dynamique au point A au levier (1), exprimer les actions X_{01} , Y_{01} ainsi que le couple moteur C_m en fonction de F , θ_3 et éventuellement d.

A4-2 Appliquer dans la base de R_3 le principe fondamental de la dynamique au point D à la bielle (3), déterminer le torseur d'action mécanique du portail (2) sur la bielle (3) au point D.

A4-3 Appliquer dans la base de R_2 le principe fondamental de la dynamique au point B au portail (2), exprimer le couple moteur C_m en fonction de $\ddot{\theta}_2$, des différents paramètres angulaires et des données du mécanisme.

Bonne chance

Figure 1a :
Mécanisme de portail
(image réelle)

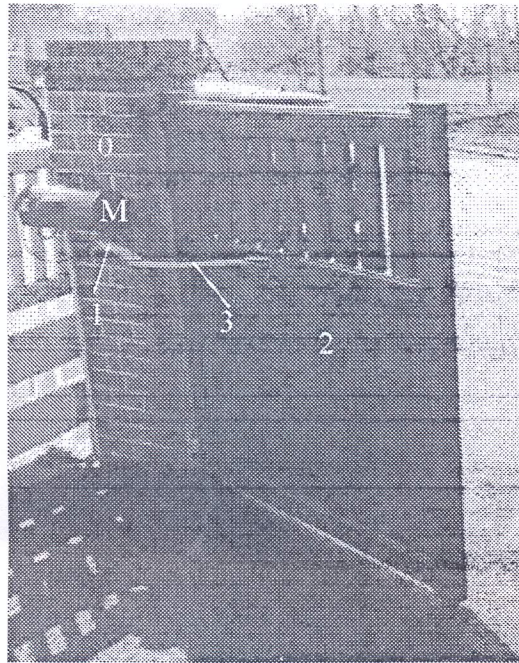
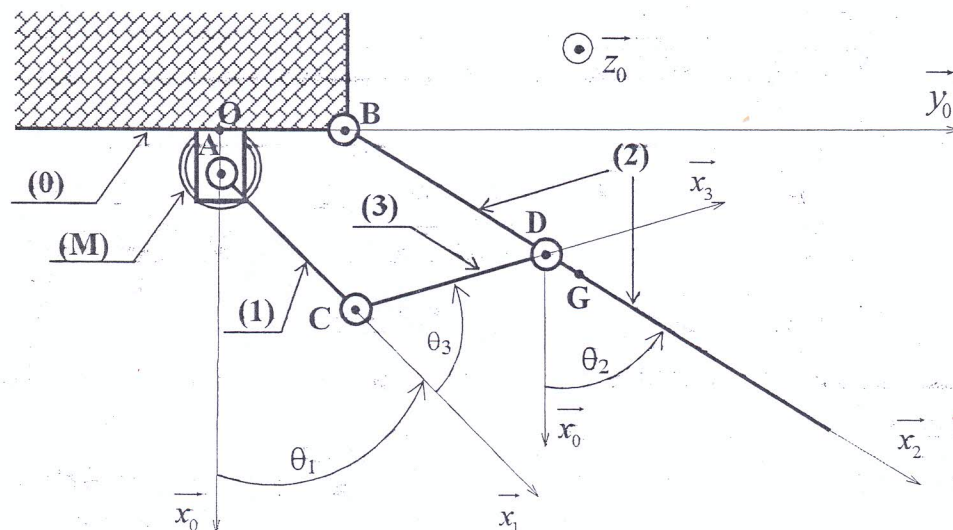


Figure 1b :
Schéma
cinématique
(vue de dessus)



PARTIE B : AUTOMATIQUE

Durée : 1.5 heures

On s'intéresse dans cette partie à la modélisation et à la commande du motoréducteur à courant continu (ensemble constitué d'un moteur entraînant un réducteur de vitesse) en boucle ouverte puis en boucle fermée. L'objectif de cette étude consiste à réguler la vitesse de rotation $\Omega(t)$ de l'arbre de sortie du réducteur (donc celle du portail) et de réduire l'effet d'un couple perturbateur $C_r(t)$.

B.1. Modélisation

L'entraînement du portail est assuré par un motoréducteur à courant continu (figure B1). Ce motoréducteur a les caractéristiques suivantes:

- Le champ magnétique est créé par un aimant permanent (Pas de circuit inducteur) ;
- Moment d'inertie de la partie tournante est $J = 10^{-3} \text{ Kg m}^2$;
- Enroulement induit est équivalent à la mise en série de la f.c.e.m $e(t)$ et d'une résistance $R = 4.5 \text{ ohms}$; soit:

$$v(t) = e(t) + R i(t)$$

$$e(t) = k_m \Omega_0(t)$$

La constante caractéristique du moteur $k_m = 0.095 \text{ Vs/rd.}$

Ω_0 est la vitesse de rotation de l'arbre de sortie du moteur.

On note C_r l'ensemble des composantes constituant le couple résistant et C_m le couple moteur supposé proportionnel au courant induit. On a alors:

$$C_m(t) - C_r(t) = J \frac{d\Omega_0}{dt}$$

$$C_m(t) = k_m i(t)$$

- Ω est la vitesse de rotation de l'arbre de sortie du réducteur (donc celle du portail), telle que :

$$\Omega(t) = N \Omega_0(t)$$

Le rapport de réduction du réducteur $N = 1/50$.

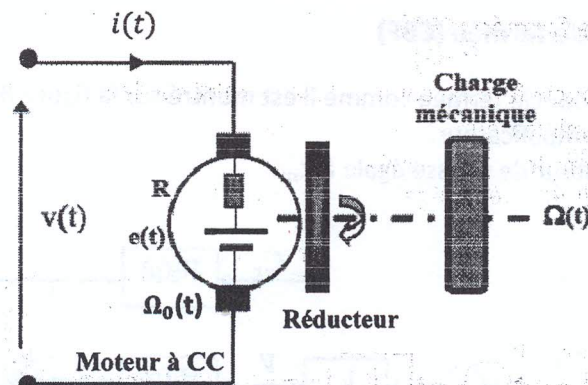


Figure B1 : Schéma équivalent du système motoréducteur – charge mécanique (portail).

B.1.1. Montrer que l'ensemble des équations conduit au schéma fonctionnel suivant :

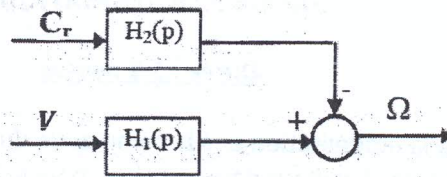


Figure B2 : Commande en boucle ouverte.

avec :

$$H_1(p) = \frac{0.21}{1 + 0.5p}$$

$$H_2(p) = \frac{10}{1 + 0.5p}$$

B.1.2. Préciser la signification et l'expression littérale des différents coefficients (en fonction des paramètres R , J , k_m et N) apparaissant dans les fonctions de transfert H_1 et H_2 .

B.1.3 Ecrire $\Omega(p)$ en fonction des fonctions de transfert $H_1(p)$, $H_2(p)$ et des entrées $C_r(p)$ et $V(p)$.

B.2. Commande en boucle ouverte (CBO)

Le système fonctionne en boucle ouverte selon la figure B2, c'est-à-dire, le système n'est pas régulé (commande en boucle ouverte).

Le couple résistant C_r est supposé nul (charge mécanique débrayée). On applique un échelon de tension $V = 10 \text{ V}$.

B.2.1. Déterminer l'expression de la réponse $\Omega(t)$, et préciser la valeur de la vitesse Ω_f en régime permanent et le temps de réponse T_r à 5%. Tracer cette réponse.

B.2.2. Tracer, sur papier libre, les lieux de Bode asymptotiques en gain et en phase du système.

Par ailleurs, déterminer :

- son gain statique ;
- la pulsation de cassure des asymptotes (la noter ω_0) ;
- l'écart courbe/asymptote à ω_0 (courbe de gain) ;
- la valeur de la phase à ω_0 ;
- la bande passante à -3dB.

B.2.3. Le couple résistant est à présent constant et d'amplitude $C_{r0} = 0.042 \text{ Nm}$. Calculer la nouvelle vitesse en régime permanent Ω_{fp} . En déduire la variation de la vitesse $\Delta\Omega$ due à C_{r0} .

B.3. Commande en boucle fermée (CBF)

Le système fonctionne en boucle fermée comme il est montré sur la figure B3 où :

k représente le gain d'un amplificateur.

K_p est la sensibilité du capteur de vitesse égale à k_m .

V_r est la tension de consigne.

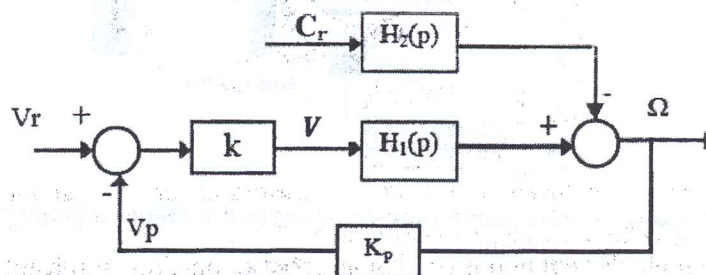


Figure B3 : Commande en boucle fermée.

B.3.1. Montrer que $V_p(p)$ peut s'écrire sous la forme:

$$V_p(p) = H'_1(p) V_r(p) - H'_2(p) C_r(p)$$

B.3.2. On suppose que le système n'est pas perturbé ($C_r = 0$). On demande de calculer :

- La fonction de transfert en boucle fermée et de la mettre sous la forme

$$H'_1(p) = \frac{K_0}{1 + T_0 p}$$

- La valeur de k qui permet de réduire le temps de réponse de moitié ($T_r = T_r/2$).

- La tension de consigne qu'il faut appliquer de manière à avoir la même vitesse Ω_f .

- Tracer, sur papier libre, les lieux de Bode asymptotiques en gain et en phase du système.

Par ailleurs, déterminer :

- son gain statique ;
- la pulsation de cassure des asymptotes (la noter ω_0) ;
- la bande passante à -3dB.

B.3.3. On suppose que la charge est montée ($C_r \neq 0$) suite à l'application du couple perturbateur C_{r0} . En déduire la variation de la vitesse $\Delta\Omega$.

B.4. Comparaison entre CBO et CBF

Conclure sur l'intérêt du fonctionnement en boucle fermée par rapport au fonctionnement en boucle ouverte.