

EXAMEN S2

Année universitaire 2023/2024

Niveau d'Etude : 2^{ème} Année

Semestre : 2

Filière : Préparation Technologique (T2)

Date : Vendredi 10 Mai 2024

Matière : Conception et Fabrication Mécanique (CFM)
(Partie A : CM Partie B : FM)

Durée : 4h (CM+FM)

Nombres de pages : 11 pages (A3) + Document 1 (A3)

Documents : Non Autorisés

POSTE SEMI-AUTOMATIQUE DE PERÇAGE

MISE EN SITUATION

Le perçage des trous dans une ligne de production nécessite généralement l'utilisation d'un poste semi-automatique de perçage.

Le sujet de l'épreuve concerne l'étude d'un poste de perçage (**Figure 1**), intégré dans un système de production semi-automatisé pour le perçage de trous de diamètres inférieurs à 14mm et de profondeur maximale de 60mm dans des pièces en acier. Il est constitué principalement de :

- Une **unité de perçage à came cloche** permettant d'exécuter le cycle de perçage ;
- Un **plateau tournant** (Commandé par un vérin pneumatique) permettant de maintenir et de positionner la pièce devant l'unité de perçage ;

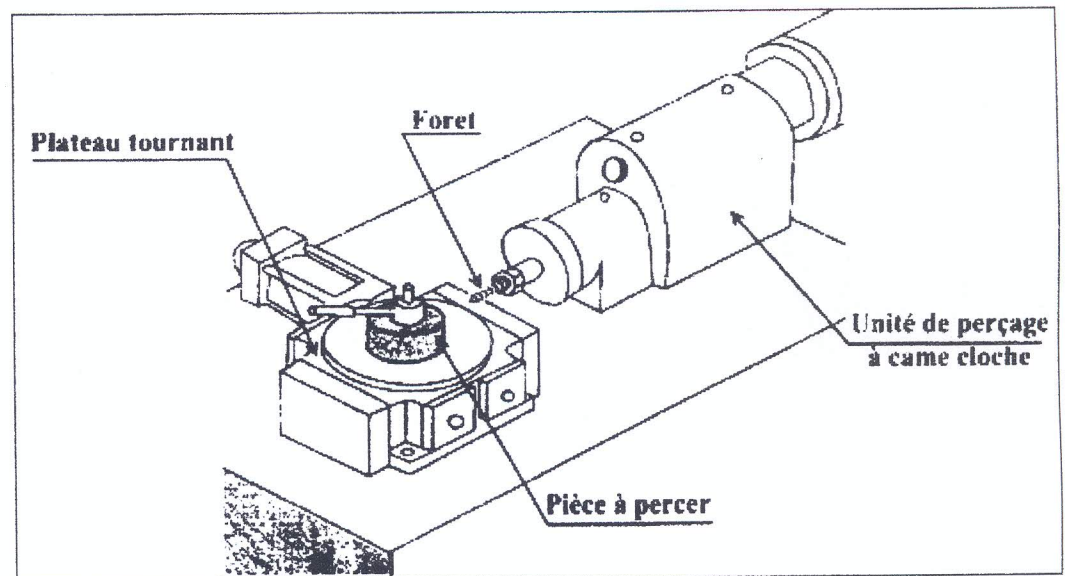


Figure 1 : Poste semi-automatisé de perçage.

FONCTIONNEMENT

L'étude portera sur l'unité de perçage à came cloche, définie par le dessin d'ensemble (**Document 1**) et par le schéma cinématique simplifié (**Figure 2**).

Le mouvement de coupe (rotation de l'outil) est obtenu par un moteur électrique (26) qui assure, en plus, grâce à une came cloche (24) entraînée indirectement par ce moteur, le mouvement d'avance du foret.

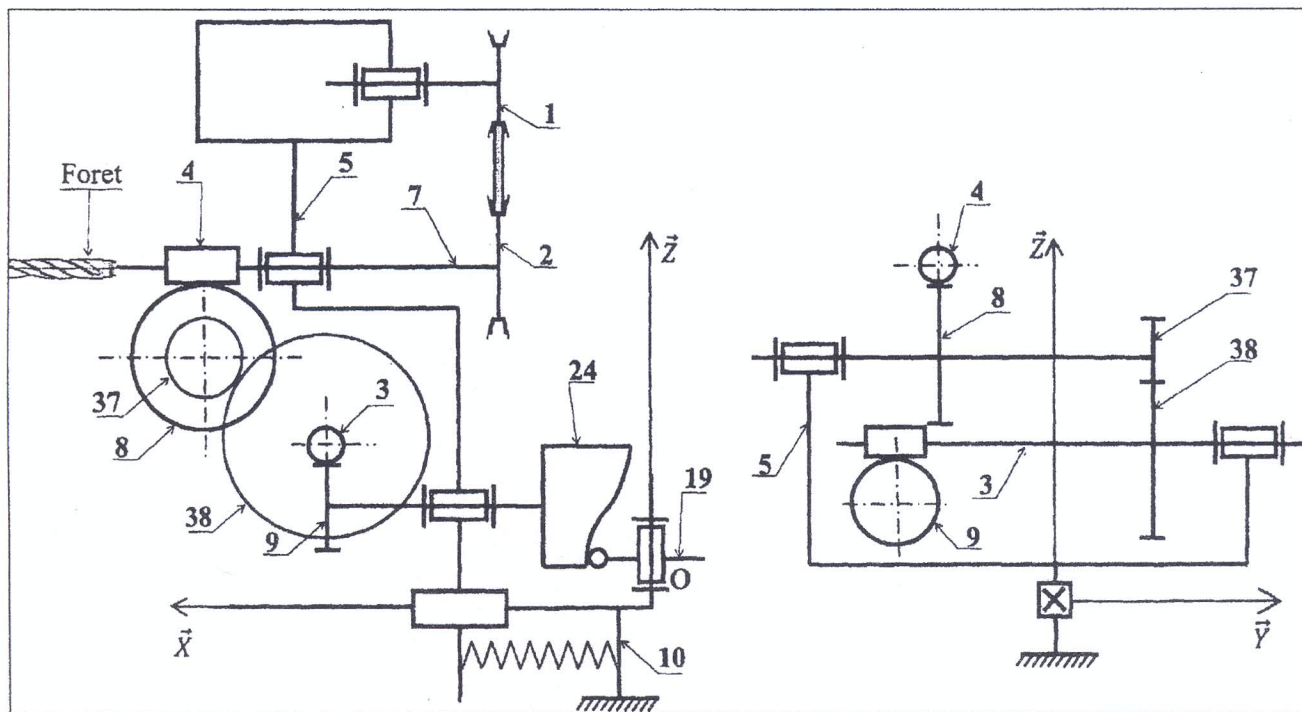


Figure 2 : Schéma cinématique minimal de l'unité de perçage (phase embrayée).

Le foret, non représenté, est monté à l'extrémité de l'arbre porte broche (7) soit par l'intermédiaire d'un mandrin ou directement par cône « Morse ».

L'action sur un interrupteur extérieur (à commande manuelle ou automatique) déclenche le cycle de perçage suivant :

- La mise en route du moteur électrique (26) et par suite en rotation du foret ;
- L'excitation de l'électroaimant (29) de l'embrayage, commandée par la présence de la pièce à percer, entraîne la mise en rotation de la came cloche (24) ;
- Le perçage d'un trou : l'avance et la course du foret sont données par le profil de la came (24) ;
- La fin du cycle de perçage par l'action de la butée (35) sur le micro-rupteur (32).

La rotation de la came cloche (24) est commandée par les organes suivants :

- Un premier réducteur de vitesse composé d'une vis sans fin (4) et d'une roue dentée (8) ;
- Un embrayage électromagnétique (27, 28 et 29) qui permet d'établir temporairement une liaison complète entre l'arbre creux (36) et l'arbre (31) ;
- Un deuxième réducteur de vitesse comprenant un pignon (37) et une roue dentée (38) ;
- Un troisième réducteur de vitesse comprenant une vis sans fin (3) et une roue dentée (9).

La came cloche (24) prend appui sur le galet (19) lié au bâti (10) moyennant un dispositif qui permet le réglage de la position de l'unité et par suite la position du foret par rapport à la pièce à percer. La rotation de la came (24), entraîne la translation de l'unité de perçage par rapport au bâti (10).

EXAMEN de Conception et Fabrication Mécanique (CFM) 2^{ème} Semestre

PT2 2023/2024

Prénom :

Groupe :

Nom :

Identifiant :

PARTIE A : CONCEPTION MECANIQUE

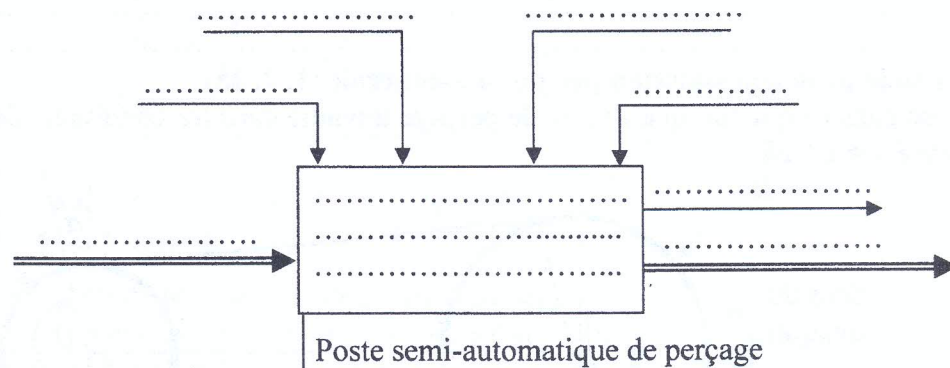
On s'intéresse dans cette partie à l'étude de la partie opérative du poste semi-automatique de perçage représentée par la Figure 1.

DONNEES ET HYPOTHESES :

- * **Moteur** : Vitesse de rotation $N_M = 1440$ tr/mn, Puissance : $P_M = 1,5$ ch ;
- * **Transmission par poulies-courroie (1, 2, 25)** : Rendement : $\eta_1 = 0,85$;
- * **Transmission par roues et vis sans fin (4,8)** :
 - Rendement : $\eta_2 = 0,6$;
 - Nombre de dents : $Z_4 = 1$ et $Z_8 = 19$;
- * **Transmission par roues dentées (37,38)** :
 - Rendement : $\eta_3 = 0,9$;
 - Nombre de dents : $Z_{37} = 24$ et $Z_{38} = 47$;
- * **Transmission par roues et vis sans fin (3,9)** :
 - Rendement : $\eta_4 = 0,6$;
 - Nombre de dents : $Z_3 = 1$ et $Z_9 = 20$;
- * **Embrayage électromagnétique (27, 28, 29)** :
 - Surface de friction : $R = 28$ mm et $r = 16$ mm ;
 - Coefficient d'adhérence garniture-flasque : $f = 0,3$;
 - Couple d'adhérence $C_{adh} = 1,3 C_{36}$;
 - Pression maximale admissible de la garniture $P_{Max} = 2$ MPa
 - Résistance au glissement de la goupille (30) $R_{pg} = 200$ MPa

A-I) ANALYSE FONCTIONNELLE

Compléter l'actigramme A-0.

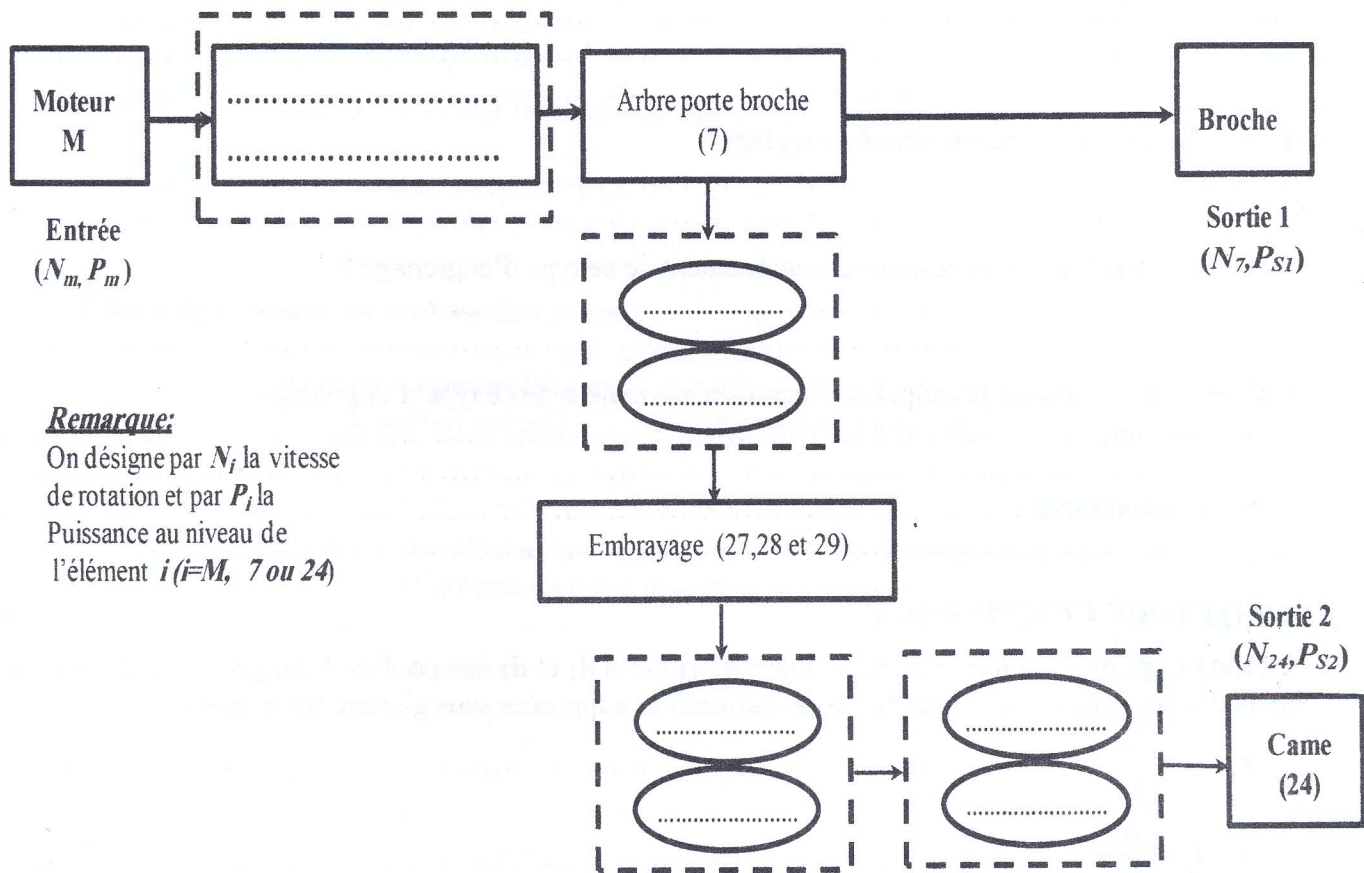


A-II) ETUDE TECHNOLOGIQUE

Le dessin d'ensemble (**Document 1**) représente à l'échelle 1:2 l'unité automatique de perçage qui commande la rotation et le déplacement du foret outil de coupe.

Ne rien écrire ici

A-II-1) Compléter, ci-dessous, la chaîne de transmission de mouvement et de puissance.



A-II-2) Quel est le rôle de chacune des pièces suivantes :

Pièce	Rôle
(19)	
(33)	
(16)	
(11)	
(39)	
(22) et (23)	

la

es

EXAMEN de Conception et Fabrication Mécanique (CFM) 2^{ème} Semestre

PT2 2023/2024

Prénom :

Groupe :

Nom :

Identifiant :

A-II-3) Quel réglage faut-il prévoir pour que l'engrenage (9)-(3) soit fonctionnel ?

A-II-4) Par quel élément est assuré ce réglage ?

A-II-5) Quelles sont les conditions d'engrènement de ce type d'engrenage ?

A-II-6) Citer l'avantage principal et l'inconvénient majeur de ce type d'engrenage.

- **Avantage :**
- **Inconvénient :**

A-III) ETUDE CINEMATIQUE

A-III-1) Exprimer, en fonction des diamètres primitifs d_1 et d_2 des poulies 3 gorges (1) et (2) et les nombres de dents des engrenages, les rapports des transmissions, supposées sans glissement, suivants :

- $i_1 = \frac{N_7}{N_M} = \dots\dots\dots$
- $i_2 = \frac{N_{24}}{N_M} = \dots\dots\dots$

A-III-2) Comme les bouts de l'arbre moteur et de l'arbre porte broche (7) sont de même diamètre, il est possible d'intervertir en permutant les deux poulies. Compléter alors, en fonction de la disposition des poulies (1) et (2) et de la courroie (25), le tableau de gamme des vitesses suivant :

	Position dessin d'ensemble			Permutation des deux poulies		
d_1 (mm)	40	52	58	60	65	76
d_2 (mm)	76	65	60	58	52	40
N_7 (tr/mn)	758	.....	.....	.....	.....	.....
N_{24} (tr/mn)	1	.....	.....	.....	.....	.....

A-IV) ETUDE MECANIQUE

A-IV-1) Transmission de puissance : Phase de perçage.

Le couple maximal au niveau de la broche est égal à $C_{s1} = 4$ Nm, alors que celui au niveau de la came cloche est égal à $C_{s2} = 618$ Nm (**Position 1** : c'est-à-dire $d_1=40$ mm et $d_2=76$ mm).

A-IV-1-1) Exprimer puis calculer la puissance P_{s1} au niveau de la broche.

Ne rien écrire ici

A-IV-1-2) Exprimer puis calculer la puissance P_{S2} au niveau de la came cloche (24).

A-IV-1-3) Exprimer puis calculer la puissance nominale P_n du moteur **M**.

A-IV-1-4) Conclure sur le choix du moteur.

A-IV-2) Embrayage électromagnétique (27, 28, 29)

A-IV-2-1) Quelle est la liaison entre (27) et (36) ? Par quoi est-elle assurée ?

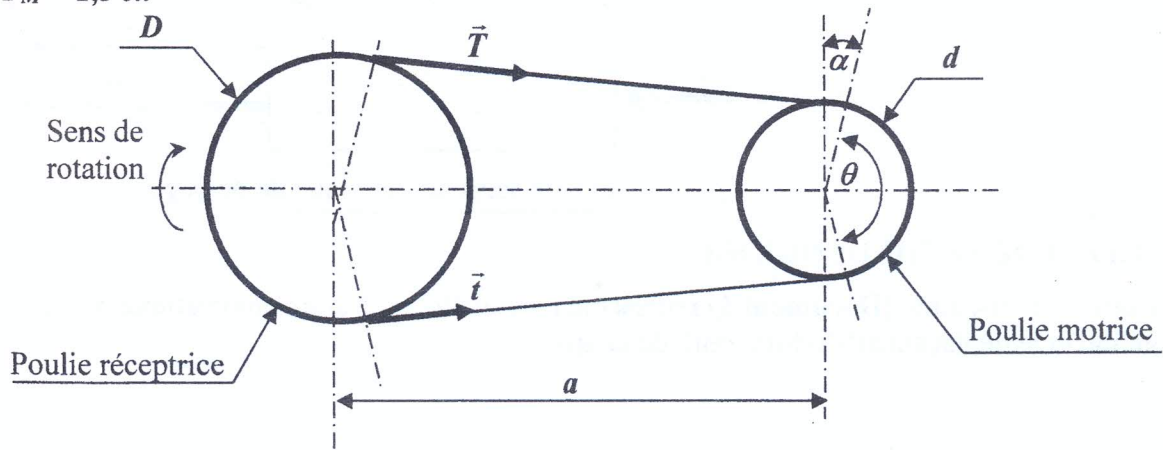
A-IV-2-2) Sachant que le couple maximal transmissible par l'embrayage de l'arbre (36) à l'arbre (31) est $C_{adh} = 1,3 C_{36}$, calculer l'effort presseur maximal F_{Max} appliqué sur le flasque (28).

A-IV-2-3) Vérifier la résistance de la garniture du disque (27) à la pression de contact.

A-IV-2-4) L'encastrement entre le flasque (28) et l'arbre (31) est assuré par la goupille (30). Vérifier la résistance de cette goupille pour assurer sa fonction en toute sécurité sachant que $d_{31} = 8\text{mm}$ et $d_{30} = 4\text{mm}$.

A-IV-3) Etude de la transmission par poulies-courroie (1, 2, 25)

On suppose dans ce qui suit que l'unité de perçage travaille dans les conditions de coupe les plus défavorables c'est-à-dire $P_M = 1,5 ch$



EXAMEN de Conception et Fabrication Mécanique (CFM) 2^{ème} Semestre

PT2 2023/2024

Prénom :

Groupe :

Nom :

Identifiant :

- Longueur de référence de la courroie L_d : $L_d = 2a + \frac{\pi}{2}(D+d) + \frac{(D-d)^2}{4a}$
- Angle d'enroulement : $\theta = 180^\circ - 2\alpha$, avec : $\sin \alpha = \frac{D-d}{2a}$
- Tensions aux niveaux du brin tendu (T) et du brin mou (t) : $T = te^{f_e \theta}$, avec : $f_e = \frac{f}{\sin \beta}$
- Tension de pose : $T_0 = \frac{T+t}{2}$

Avec f_e : Coefficient de frottement équivalent, f : coefficient de frottement poulie-courroie et $\beta = 20^\circ$: demi-angle au sommet de la courroie trapézoïdale.

On donne : $d = 40$ mm, $D = 76$ mm, l'entraxe $a = 106$ mm et le coefficient de frottement $f = 0,2$.

A-IV-3-1) Sachant que le moteur (26) est articulé autour de l'axe (40). Par quoi est assuré le réglage de la tension de pose de la courroie :

Le réglage est assuré par :
et le verrouillage par :

A-IV-3-2) Exprimer en fonction des tensions T, t et du diamètre d, le couple C_M .

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

A-IV-3-3) Déterminer la valeur, en degrés ($^\circ$) puis en radian (rad), de l'angle d'enroulement θ .

..... $\theta =$ ($^\circ$) = (rad)

A-IV-3-4) Calculer les valeurs des tensions T et t. en déduire la tension de pose T_0

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

A-V) ANALYSE DES MECANISMES

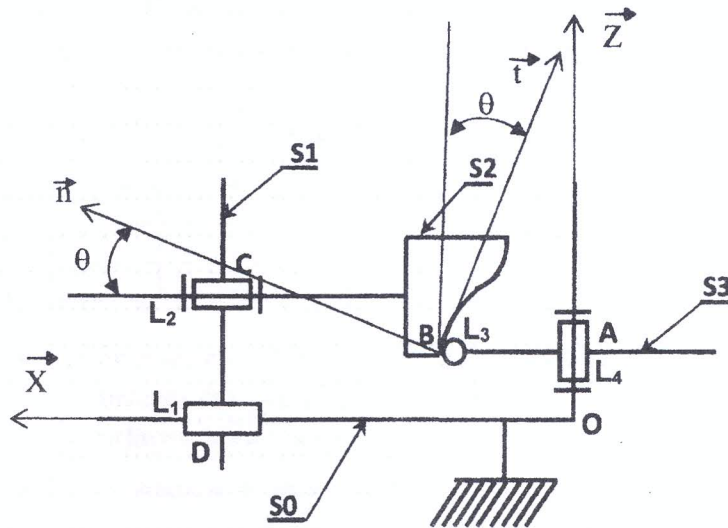
Le mécanisme de transformation du mouvement de rotation de la came cloche (S2) en mouvement de translation de l'unité de perçage (S1) est représenté par le schéma cinématique ci-après.

On donne : $R(O, \vec{X}, \vec{Y}, \vec{Z})$, $R'(B, \vec{n}, \vec{Y}, \vec{t})$

On pose: $OA = a$ $CD = b$ $OD = c$ $AB = r$

N.B. : La liaison entre (S2) et (S3) est ponctuelle de normale (B, $\vec{n}$)

Ne rien écrire ici



A-V-1) Etablir le graphe des liaisons et déterminer la nature de la chaîne.

A-V-2) Par une étude cinématique au point O, déterminer le degré de mobilité m de la chaîne et identifier chacune des mobilités déterminées.

Ne rien écrire ici

A-VI) COTATION FONCTIONNELLE

A-VI-1) Donner les ajustements qualitatifs des assemblages indiqués dans le tableau suivant.

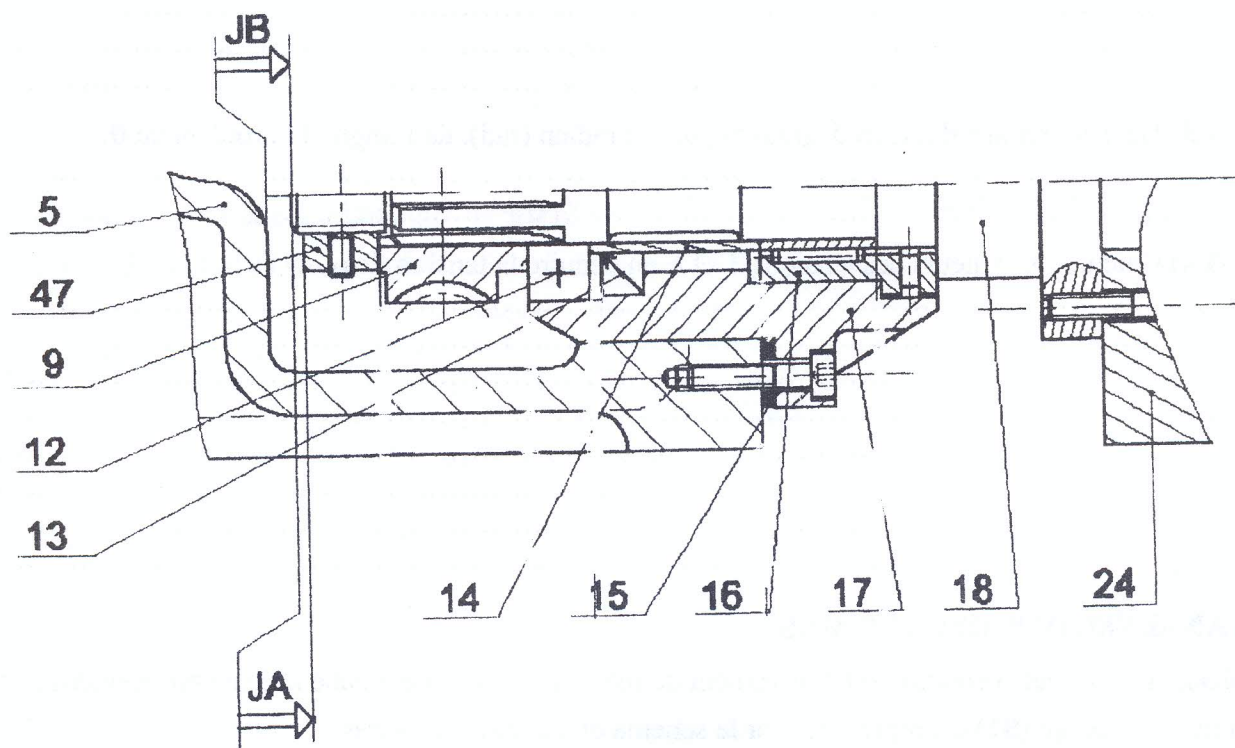
Assemblage	Ajustement
(12)/(18)	
(14)/(18)	
(30)/(31)	
(30)/(28)	

A-VI-2) Tracer sur le dessin ci-dessous les chaînes de cotes relatives aux conditions :

- JA : entre les surfaces des pièces (18) et (47),
- JB : entre les surfaces des pièces (5) et (18),

A-VI-3) Donner l'utilité de chacune de ces conditions :

- JA :
- JB :



Prénom :

Groupe :

Nom :

Identifiant :

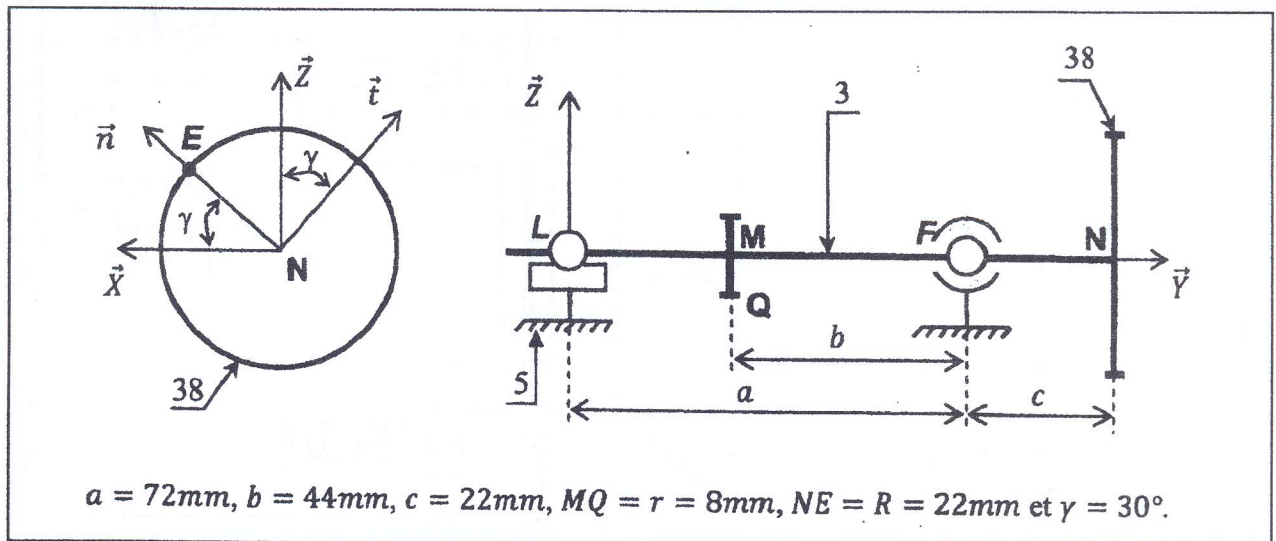
A-VII) Etude statique

La figure ci-dessous donne une modélisation de l'arbre (3). L'arbre (3) regroupe dans ce modèle la vis sans fin (3) et la roue dentée (38). La liaison de l'arbre (3) avec le carter (5) est assurée par deux roulements à billes modélisés respectivement par une liaison linéaire annulaire d'axe $(L, \vec{Y})$ et une liaison rotule de centre F. L'arbre (3) est soumis aux actions, du pignon (37) en E et de la roue dentée (9) en Q, modélisées par les torseurs suivants :

$$\{\tau_{37 \rightarrow 3}\} = \left\{ \begin{array}{c|c} -R_1 & 0 \\ 0 & 0 \\ T_1 & 0 \end{array} \right\}_E; \quad \{\tau_{9 \rightarrow 3}\} = \left\{ \begin{array}{c|c} -T_2 & 0 \\ A_2 & 0 \\ R_2 & 0 \end{array} \right\}_O$$

Avec : $T_1 = 500\text{N}$; $R_1 = T_1 \operatorname{tg}(\alpha)$; $R_2 = T_2 \frac{\operatorname{tg}(\alpha)}{\cos(\beta)}$ et $A_2 = T_2 \operatorname{tg}(\beta)$

Où : $\alpha = 20^\circ$ est l'angle de pression et $\beta = 25^\circ$ est l'angle de l'hélice.



En appliquant le Principe Fondamental de la Statique au **point F**, étudier l'équilibre de l'arbre (3) et déduire les composantes scalaires des torseurs d'actions mécaniques aux nœuds **L**, **M**, **F** et **N**.

Ne rien écrire ici

$$\{\tau_L\} =_{(\bar{X}, \bar{Y}, \bar{Z})} \left\{ \begin{array}{|c|c|} \hline & \\ \hline & \\ \hline & \\ \hline & \\ \hline \end{array} \right\}_L$$

$$\{\tau_M\} =_{(\bar{X}, \bar{Y}, \bar{Z})} \left\{ \begin{array}{|c|c|} \hline & \\ \hline & \\ \hline & \\ \hline & \\ \hline \end{array} \right\}_M$$

$$\{\tau_F\} =_{(\bar{X}, \bar{Y}, \bar{Z})} \left\{ \begin{array}{|c|c|} \hline & \\ \hline & \\ \hline & \\ \hline & \\ \hline \end{array} \right\}_F$$

$$\{\tau_N\} =_{(\bar{X}, \bar{Y}, \bar{Z})} \left\{ \begin{array}{|c|c|} \hline & \\ \hline & \\ \hline & \\ \hline & \\ \hline \end{array} \right\}_N$$

EXAMEN de Conception et Fabrication Mécanique (CFM) 2^{ème} Semestre

PT2 2023/2024

Prénom :

Groupe :

Nom :

Identifiant :

A-VIII) ETUDE GRAPHIQUE

La transmission par poulies-courroie ne permet pas d'obtenir un nombre suffisant de vitesses.

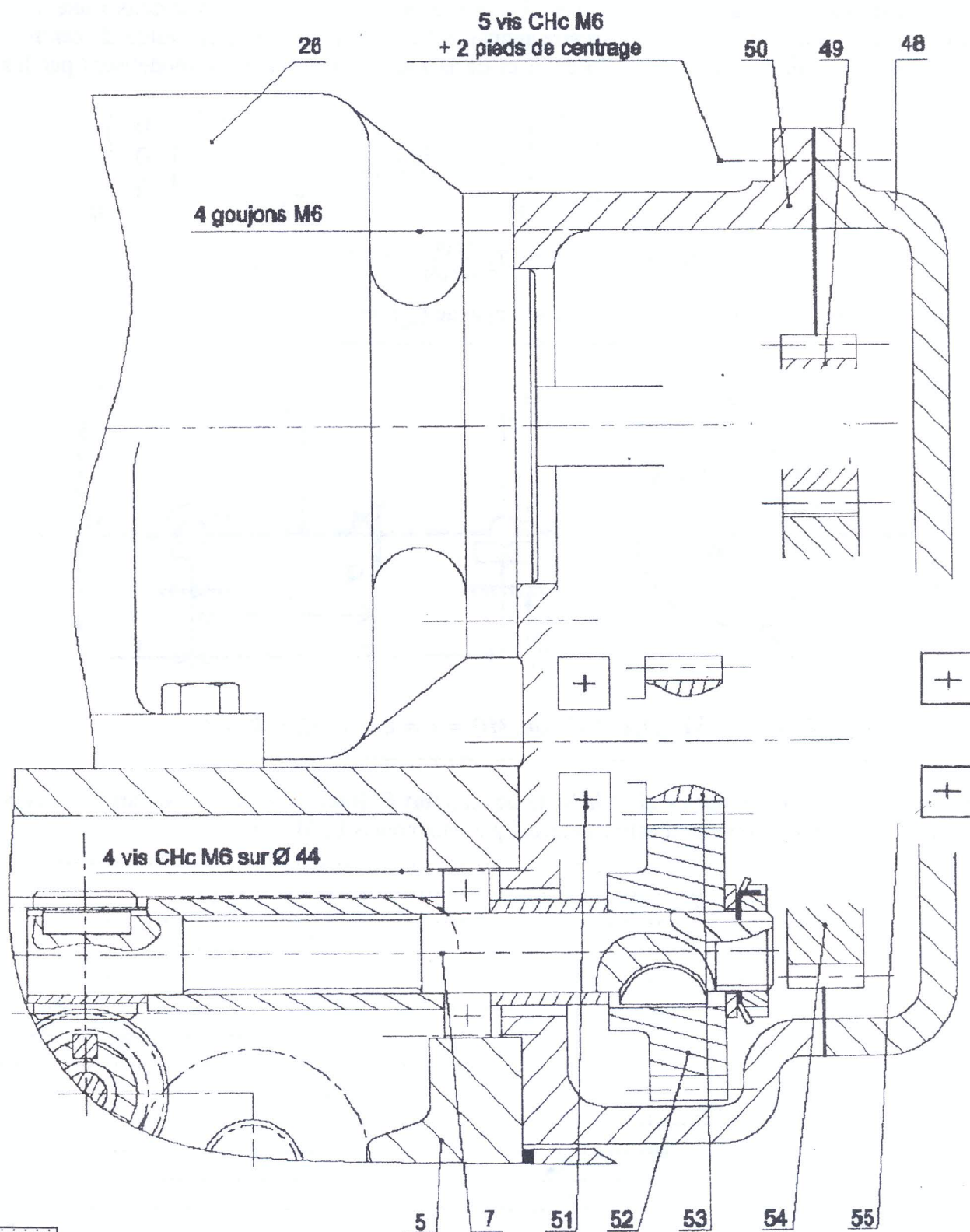
On se propose alors de remplacer cette transmission par un train d'engrenages à dentures droites à deux étages :

- Le premier étage est formé du pignon (49) et la roue (54) interchangeables et facilement démontables ;
- Le deuxième étage est formé du pignon-arbré (53) et de la roue (52) permanents.

On vous demande de compléter le dessin d'ensemble ci-après en assurant :

- ♦ La liaison complète démontable du pignon (49) avec l'arbre du moteur (26) ;
- ♦ La liaison complète démontable de la roue (54) avec le pignon-arbré (53) sans démontage du roulement (55) ;
- ♦ Le montage des roulements (51) et (55).
- ♦ La cotation qualitative des assemblages fonctionnels nécessaires.

Ne rien écrire ici



EXAMEN de Conception et Fabrication Mécanique (CFM) 2^{ème} Semestre

PT2 2023/2024

Prénom :

Groupe :

Nom :

Identifiant :

PARTIE B : FABRICATION MECANIQUE

On se propose d'étudier la fabrication du boîtier (17) dont le dessin de définition est donné dans le document B1. Le boîtier est en EN-GJL-100 (FGL100).

La pièce brute est obtenue par **moulage en sable** noyauté avec une **surépaisseur de 2mm** et un **retrait de 1,2%**. Les surfaces à usiner sont numérotées de 1 à 14 et toutes les autres surfaces resteront brutes (Document B1).

ETUDE DE FABRICATION : Rédaction du projet d'usinage

Pour la fabrication du boîtier (17), on utilisera des machines outils à Commande Numérique (CN). La gamme prévisionnelle proposée prévoit les phases suivantes :

Phases	Opérations	procédés
10	Usinage des surfaces 1, 2, 3, 4, 5, 6 et 11.	Tournage en CN
20	Usinage des surfaces 7, 8, 9, 10 et 14.	Tournage en CN
30	Usinage des surfaces 12 et 13.	Fraisage en CN

La série prévue est de 500 pièces par an, renouvelable.

ETUDE DE LA COUPE :

L'ébauche des **surfaces 8 et 10** du boîtier (17) est réalisée sur un tour CN avec un outil à aléser et dresser en 3 passes.

- ✓ Une passe ébauche sur une longueur de 28 mm et au diamètre 29 mm.
- ✓ Deux passes ébauche sur une longueur de 10 mm et aux diamètres respectivement de 32 mm et de 35 mm.

Les données de coupe établies sont :

Vitesse de coupe	$V_{C30} = 180 \text{ m/mn}$
Avance	$F = 0,12 \text{ mm/tr}$
Profondeur de passe	$a_p = 1,5 \text{ mm}$
Pression spécifique de coupe	$K_s = 280 \text{ daN/mm}^2$

V_{C30} est la vitesse de coupe pour une durée de vie de 30 mn.

Ne rien écrire ici

USINAGE SUR MACHINE OUTIL C.N. :

On s'intéresse à l'étude de l'opération de **finition** des surfaces 7 , 8 , 9 et 10 (document B1).

La machine utilisée est un tour CN à 2 axes et à tourelle arrière.

L'usinage est assuré par un outil à aléser et dresser T4 placé initialement au point **Ot** de coordonnées : $X=100$, $Z=100$ par rapport à l'origine programme (**Op**). Les points d'engagement et de dégagement sont à 4 mm du profil à usiner.

PARTIE B - TECHNOLOGIE DE PRODUCTION

B.1. CHOIX DU MATERIAU :

B.1.1. Justifier l'utilisation du matériau **EN-GJL-100** pour le boîtier (17) :

.....

B.1.2. Donner la signification de cette désignation symbolique :

Symbole	Signification
EN	
GJL	
100	

B.1.3. Au cas où on veut améliorer les caractéristiques mécaniques du boîtier (17), choisir le matériau qui vous semble le mieux adapté au moulage parmi les matériaux proposés.

➤ Cocher (X) dans la case correspondante au matériau choisi :

.... X 30 Cr 13

.... GE 360

.... 55 Cr 13

.... EN-GJMB-550-4

➤ Justifier votre choix :

.....

.....

EXAMEN de Conception et Fabrication Mécanique (CFM) 2^{ème} Semestre

PT2 2023/2024

Prénom :

Groupe :

Nom :

Identifiant :

B.2. OBTENTION DU BRUT :

B.2.1. Citer trois propriétés, auxquelles doit répondre le mélange de sable de fonderie :

.....

.....

.....

B.2.2. Quel traitement thermique peut-on pratiquer sur cette pièce moulée avant usinage ? Justifier son intérêt.

Traitement	Intérêt
.....	
.....	

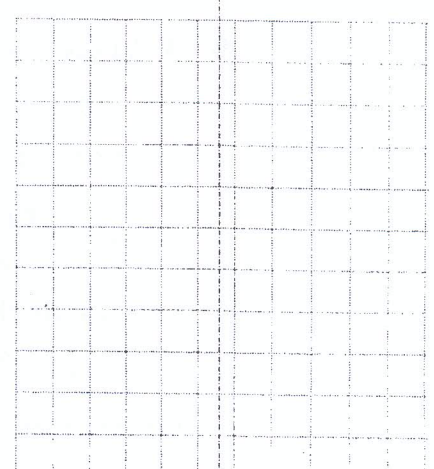
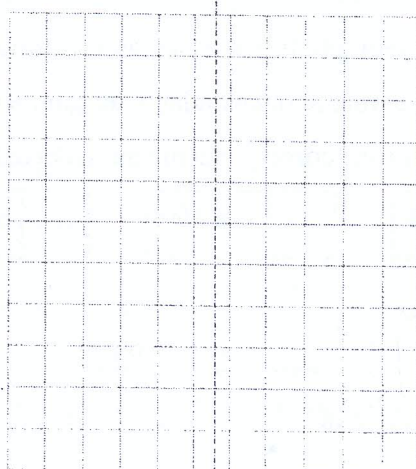
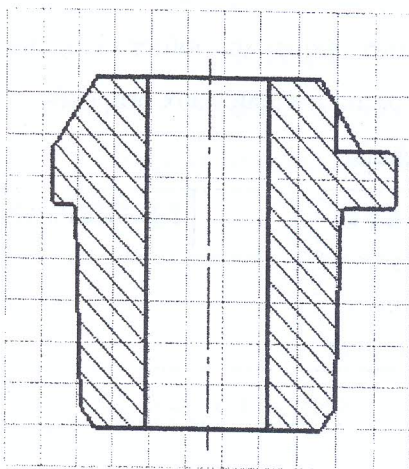
B.2.3. Compléter ci-dessous :

- le plan de joint le mieux approprié sur le dessin du brut du boîtier (17);
- le dessin du modèle en bois ;
- le dessin du noyau en sable.

Dessin du brut du boîtier

Dessin du modèle

Dessin du noyau



Ne rien écrire ici

B.4. ETUDE DE FABRICATION:

On s'intéresse à la réalisation de **la phase 20**. Rédiger cette phase, sur la feuille de projet d'usinage, en précisant :

- la mise en position de la pièce (isostatisme) ;
- les opérations d'usinage dans l'ordre de réalisation ;
- le porte pièce, les outils et les moyens de contrôle ;
- les cotes de fabrication Cf (sans faire des calculs).

[illegible]

EXAMEN de Conception et Fabrication Mécanique (CFM) 2^{ème} Semestre

PT2 2023/2024

Prénom :

Groupe :

Nom :

Identifiant :

B.5. ETUDE DE LA COUPE :

B.5.1. Calculer le temps de coupe T_c pour une pièce

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

$T_c = \dots\dots\dots$ mn

B.5.2. Calculer l'effort de coupe F_c lors de l'usinage

.....

$F_c = \dots\dots\dots$ daN

B.5.3. Calculer la puissance P_c nécessaire à la coupe

.....

$P_c = \dots\dots\dots$ kW

B.5.4. Calculer la puissance P_m développée par la machine si le rendement est $\eta = 0,9$

.....

$P_m = \dots\dots\dots$ kW

B.5.5. Combien d'arêtes de coupe na faut-il pour usiner toutes les pièces (les 500 pièces) ?

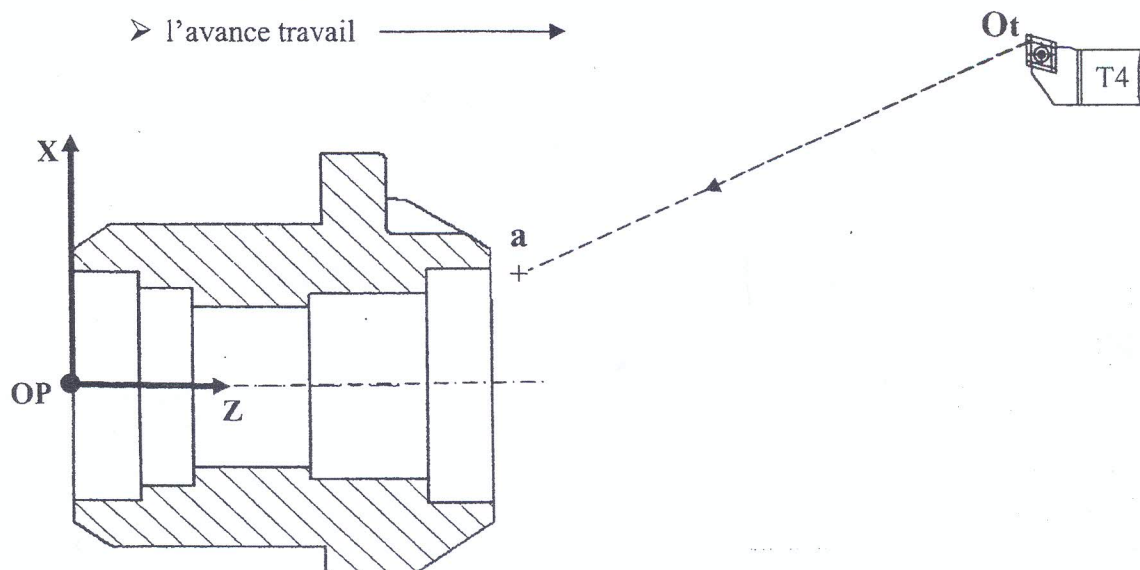
.....
.....
.....

$na = \dots\dots$ Arêtes

B.6. USINAGE SUR TOUR C.N. : Voir Dossier Présentation, Données et Hypothèses - page 6.

B.6.1. Schématiser sur la figure ci-dessous la trajectoire de l'outil T4 lors de l'opération de finition en indiquant :

- les cites de passage du point générateur de l'outil par : $a, b, c, \dots$
- l'avance rapide ----->
- l'avance travail ----->



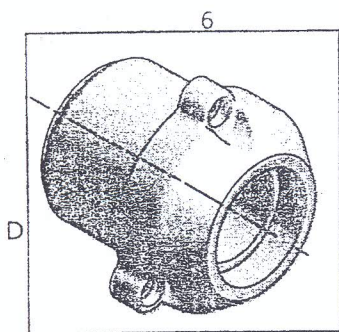
Ne rien écrire ici

B.6.2. Compléter le tableau de coordonnées des points limitant la trajectoire de l'outil par rapport à l'origine programme **Op** lors de l'opération de finition (les coordonnées en X sont données aux diamètres).

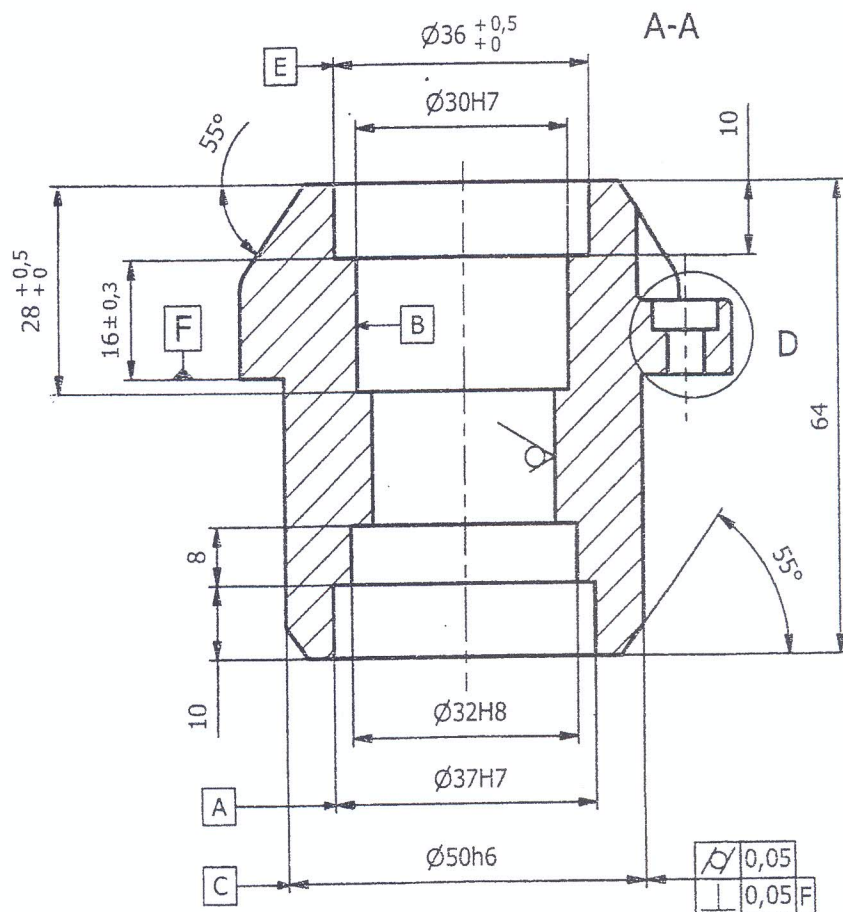
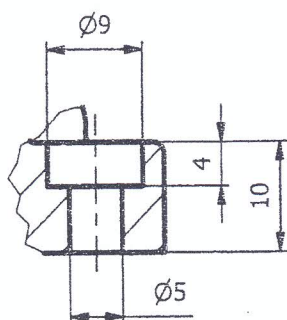
Coordonnées des points en finition								
Points	Ot	a	b	.....	.....	.....	.....	Ot
X	100	36	36	.....	.....	.....	.....	100
Z	100	68	54	.....	.....	.....	.....	100

B.6.3. Compléter le programme ci-dessous en indiquant uniquement les séquences relatives à la trajectoire de l'outil en finition et le commentaire correspondant à chaque bloc.

Séquences du programme	Commentaire
%01	Numéro du programme.
N10 G90 G71 G92 S2000 G00 X100 Z100	Initialisation de la machine et dégagement rapide de l'outil au point Ot : X100 , Z100.
N20 T4 D4 M6	Appel de l'outil n° 4 et rotation tourelle.
N30 G96 S180 M04	Choix de la vitesse de coupe $V_c = 180 \text{ m/mn}$, sens de rotation de la broche (sens horaire).
N40 G95 F0.08	Choix de l'avance travail : $F = 0,08 \text{ mm/tr}$.
N50 G00 X36 Z68	Approche rapide au point a
.....	
.....	
.....	
.....	
.....	
.....	
.....	
.....	
.....	



Détail D



$$\varnothing 30H7 = \varnothing 30 \begin{smallmatrix} +21 \\ 0 \end{smallmatrix}$$

$$\varnothing 37H7 = \varnothing 37 \begin{smallmatrix} +25 \\ 0 \end{smallmatrix}$$

$$\varnothing 32H8 = \varnothing 32 \begin{smallmatrix} +39 \\ 0 \end{smallmatrix}$$

$$\varnothing 50h6 = \varnothing 50 \begin{smallmatrix} 0 \\ -19 \end{smallmatrix}$$

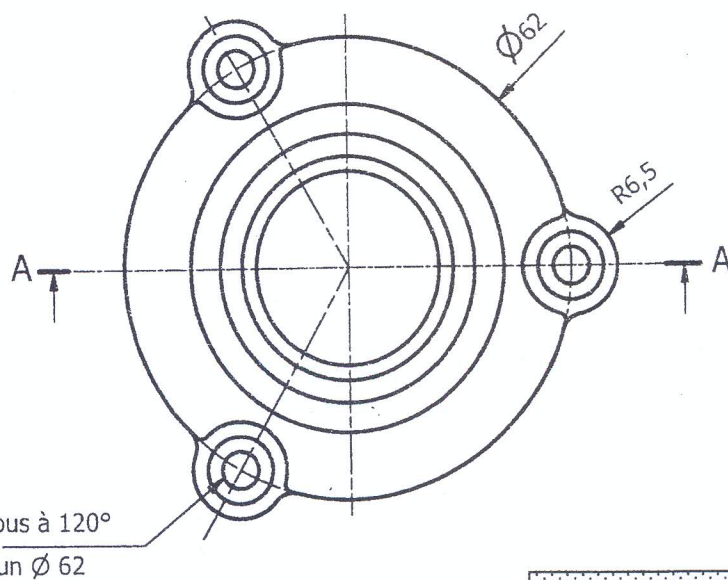
Tolérance non cotée : $\pm 0,3$

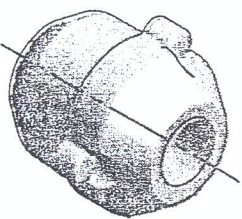
Les arrondis non cotés

Etat de surface $Ra=3,2$ sauf indication

A;B;C: $Ra=0,8$

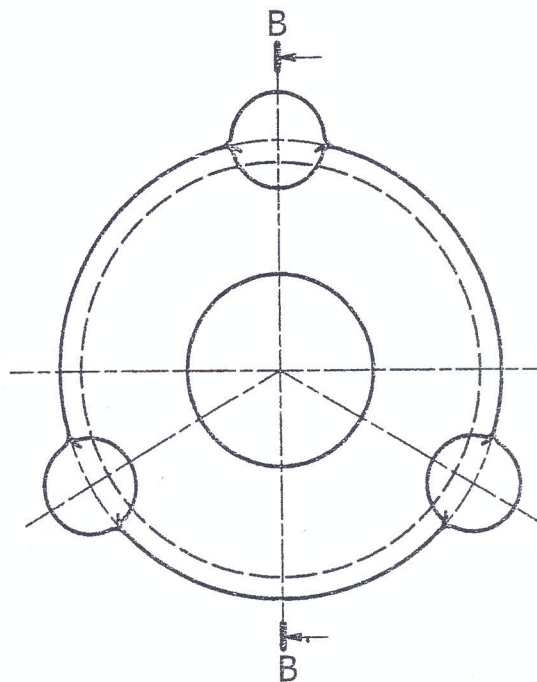
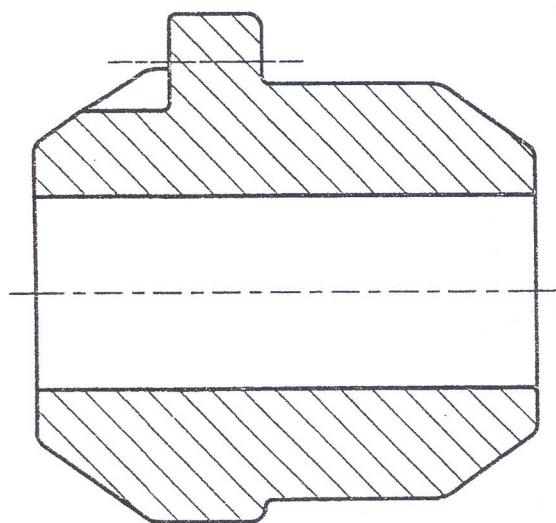
A-B $\varnothing 0,08$ C



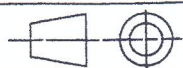
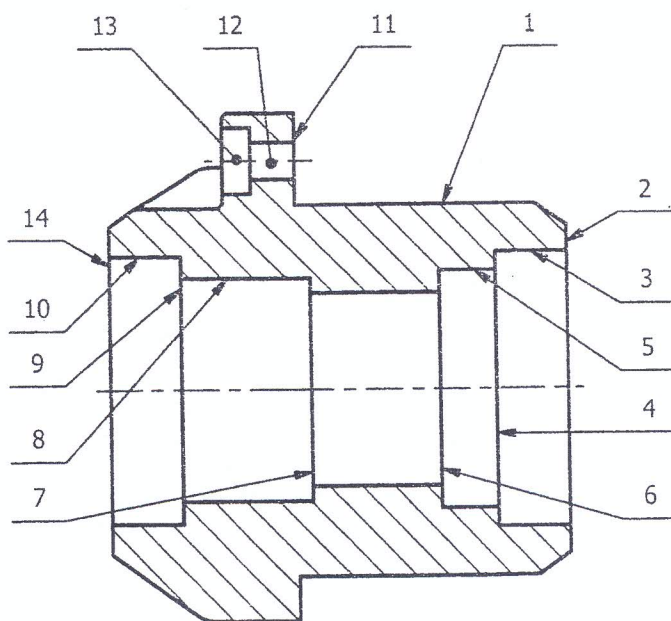


Dessin du brut

B-B



Repérage des surfaces usinées



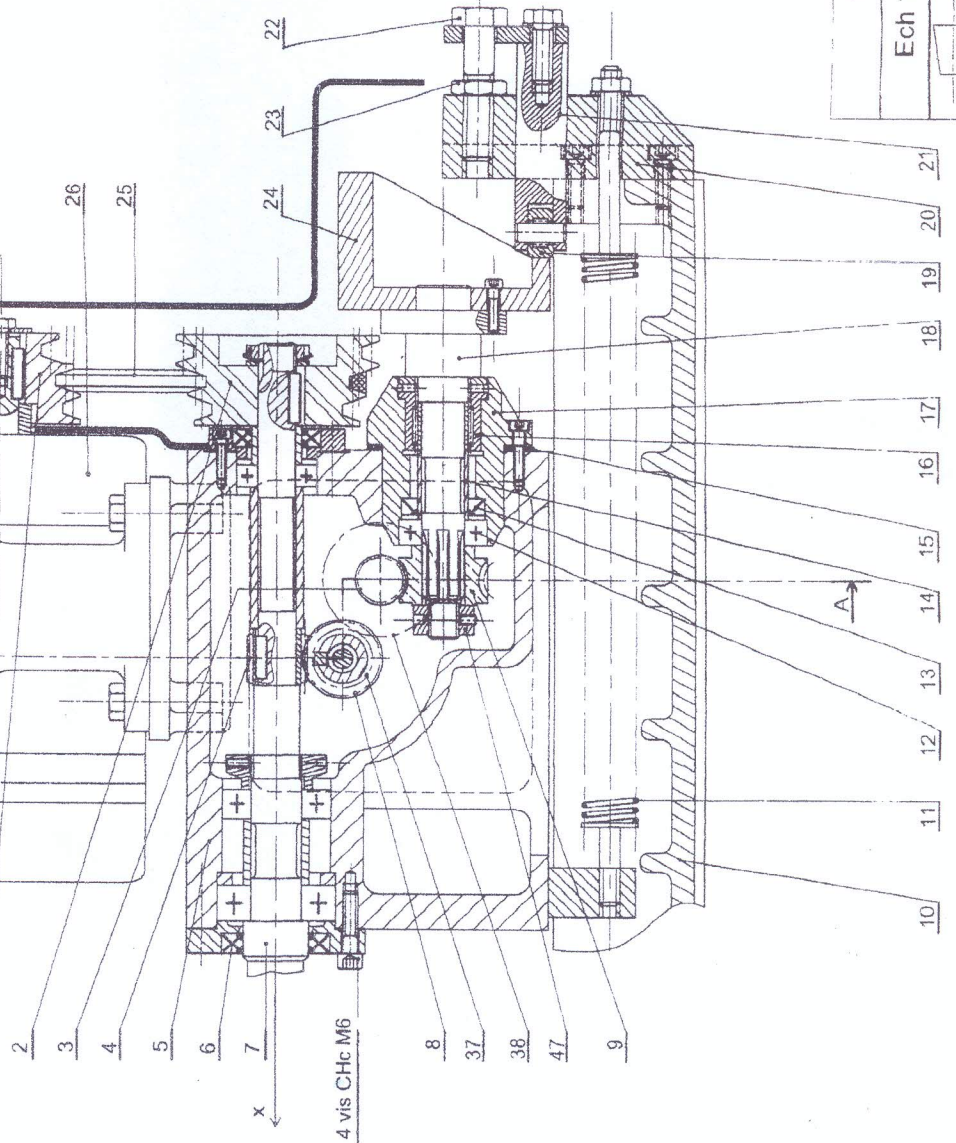
Echelle 1:1

BOITIER

Repère 17

Document B1

Vue suivant F pièce 34 enlevée



Institut Préparatoire aux Etudes d'Ingénieurs de Sfax

Ech 1:2

POSTE SEMI-AUTOMATIQUE DE PERÇAGE

Document 1