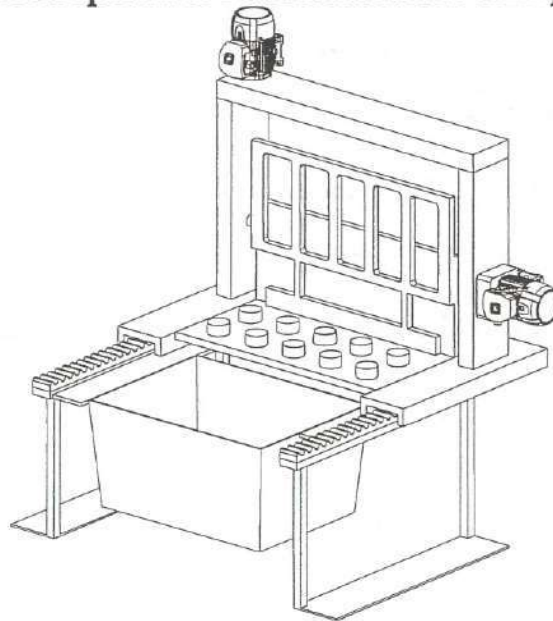




## Concours Technologie

### Épreuve de Conception & Fabrication Mécanique



Date : Mardi 07 Juin 2022

Heure : 08H 00

Durée : 4 Heures

L'épreuve comporte deux parties :

- A- Conception Mécanique (12 pts)
- B- Fabrication Mécanique (08 pts)

Le sujet de l'épreuve remis au candidat comporte trois dossiers :

- 1- Mise en situation, Données et Hypothèses
- 2- Documents Techniques (DT-01, 02, 03, 04, 05)
- 3- Document Réponses

#### Important :

- Aucun autre document n'est autorisé.
- Seules les calculatrices de poche **non programmables** sont autorisées.
- Il n'est fourni au candidat qu'une **seule et unique** copie du «Dossier document réponses » qui doit être rendu en totalité, à la fin de l'épreuve, même sans réponses.
- Le document réponses doit être rendu en intégralité (**aucune feuille ne doit être supprimée**).
- Toute suppression de feuilles du document réponses est considérée comme étant une tentative de fraude.

# Dossier

## Mise en situation, Données et Hypothèses

Ce dossier comporte **sept** pages numérotées de **1 à 7** et **cinq** documents techniques **DT-01 à DT-05**

|   |                                         |                  |
|---|-----------------------------------------|------------------|
| ● | Mise en situation                       | : Pages 1 et 2   |
|   | <i>Documents Techniques</i>             | : DT-01 à DT-05  |
| ● | Données et hypothèses                   | : Pages 3 à 7    |
| ☆ | A- Conception Mécanique                 | : Pages 3 et 4   |
|   | <i>Documents Techniques Conception</i>  | : DT-01 à DT-03  |
| ☆ | B- Fabrication Mécanique                | : Pages 5 à 7    |
|   | <i>Documents Techniques Fabrication</i> | : DT-04 et DT-05 |

## SYSTÈME DE GALVANISATION

### 1- Mise en Situation

La galvanoplastie est un traitement basé sur l'électrolyse, qui permet d'appliquer un dépôt sur les pièces à traiter (articles). Ce procédé est utilisé lorsque les caractéristiques des pièces nécessitent d'être modifiées (conductivité, dureté, anticorrosion, etc.), ou à titre décoratif (chromage, cuivrage, etc.). Ces opérations consistent à immerger successivement les pièces dans différents bains (cuves). Comme les produits dans les cuves peuvent être nocifs (acides), le déplacement des pièces est alors réalisé par l'intermédiaire d'un chariot muni d'un support mobile (porteur) sur lequel les pièces sont accrochées.

La **Figure 01** représente le système de galvanisation correspondant à l'étape de zingage. Il est constitué d'un chariot animé d'un mouvement de translation horizontale (flèche horizontale) assuré par un réducteur inverseur électromagnétique (**objet de l'étude**) et un moteur (**M1**). Le mouvement de sortie du réducteur inverseur est transmis à un système pignon-crémaillère au travers d'une chaîne métallique. Le système pignon-crémaillère assure le déplacement horizontal du chariot.

Un motoréducteur (**M2**) assure le déplacement du support mobile par l'intermédiaire d'un système vis-écrou (flèche verticale).

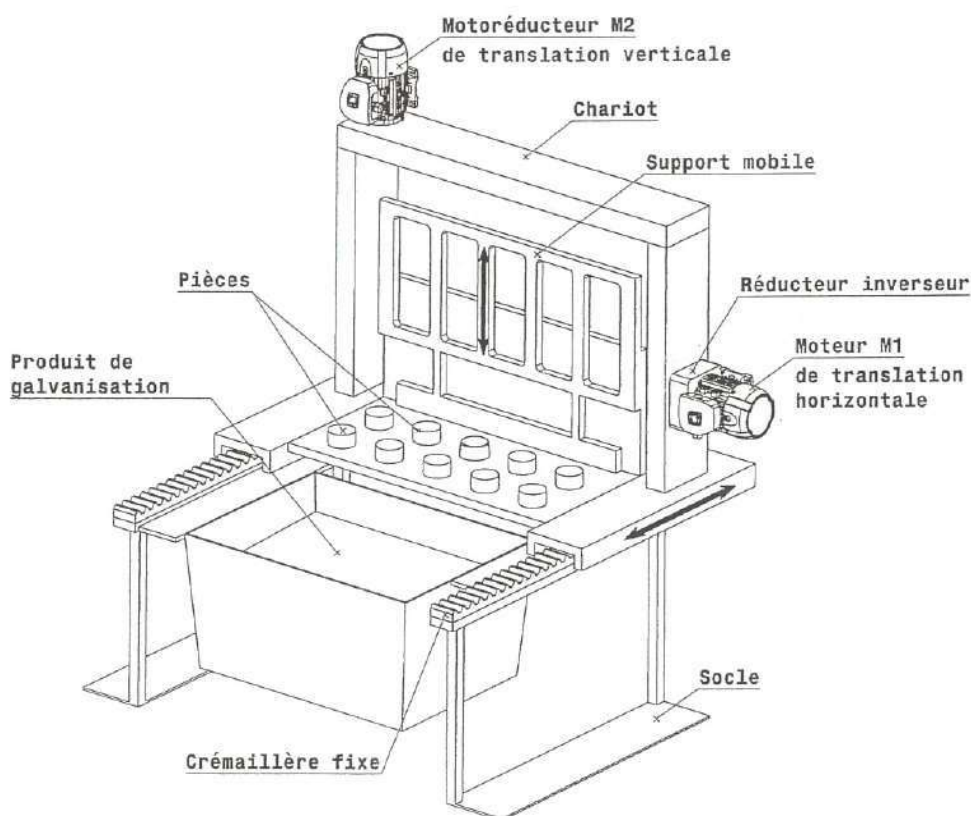
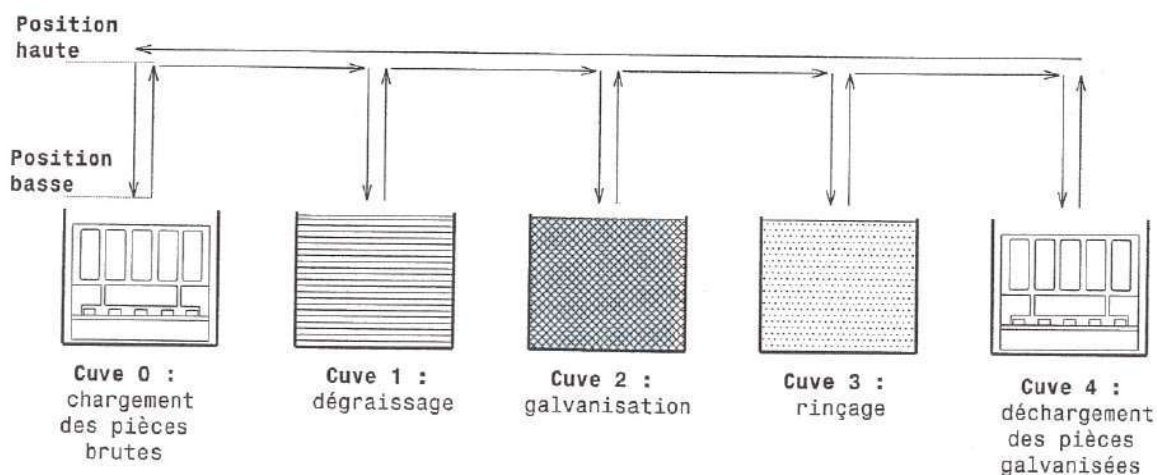


Figure 01 –Système de galvanisation

Le croquis de la **Figure 02** schématise sommairement le cycle de fonctionnement du système de galvanisation. Les cuves contiennent les produits nécessaires aux traitements souhaités.



**Figure 02** – Cycle de fonctionnement du système de galvanisation

**Cuve 0 :** Étape de chargement manuel des pièces brutes par un opérateur,

**Cuve 1 :** Nettoyage des pièces métalliques par dégraissage ou décapage pendant une durée de 20s,

**Cuve 2 :** Dépôt d'une couche fine de zinc sur les pièces métalliques (galvanisation). Ce traitement nécessite :

- Un chauffage, à une température comprise entre 50°C et 60°C, assurée par les résistances chauffantes et contrôlée par un capteur,
- Une agitation d'une durée de 3min (**Figure 01**),

**Cuve 3 :** Nettoyage final par rinçage à l'eau des pièces traitées.

**Cuve 4 :** Déchargement manuel des pièces traitées.

## 2-Données et Hypothèses

### Partie -A : Conception Mécanique

Cette partie porte sur l'étude fonctionnelle et technologique d'un réducteur inverseur électromagnétique utilisé dans la chaîne de galvanisation. Elle s'appuie sur les documents techniques (DT-01, DT-02 & DT-03). L'épreuve concerne notamment :

- L'étude technologique des composants du réducteur inverseur électromagnétique,
- L'étude de la chaîne de transmission de mouvement et de puissance relative au réducteur inverseur électromagnétique,
- L'étude du mécanisme de translation verticale,
- La cotation fonctionnelle,
- L'étude graphique.

#### Section A-1. Étude Technologique

Dans cette section, le candidat est appelé à répondre sur le document réponses, en s'appuyant sur les documents techniques DT-01 & DT-02.

#### Section A-2. Étude de la chaîne de transmission de mouvement et de puissance

- Étude de la transmission de puissance
  - Diamètre du pignon (59) :  $d_{59} = 120 \text{ mm}$
  - Vitesse linéaire minimale du pignon (59) imposée par le cahier de charge :  $V_{59} = 90 \pi \text{ (mm/s)}$ .
  - Nombre de dents des engrenages et des pignons

| Roue ou pignon      | 64 | 15 | 12 | 66 | 54 | 32 | 39 | 59 |
|---------------------|----|----|----|----|----|----|----|----|
| Nombre de dents (Z) | 14 | 42 | 14 | 42 | 18 | 21 | 15 | 30 |

- Étude de l'embrayage E1
  - Coefficient de frottement :  $f = 0,3$
  - Rayon extérieur des garnitures :  $R = 38 \text{ mm}$
  - Rayon intérieur des garnitures :  $r = 30 \text{ mm}$
  - Effort créé par l'électro-aimant B1 :  $F_1 = 1100 \text{ N}$
  - Effort développé par le ressort (24) :  $F_{\text{ressort}} = 50 \text{ N}$
  - Rendement par étage du réducteur inverseur :  $\eta = 0,9$



## Partie B : Fabrication Mécanique

Cette partie est dédiée à l'étude de la cloche (2) et du cache moteur, présentés par les documents (DT-01, DT-04 & DT-05). L'étude concerne notamment :

- L'élaboration de la gamme d'usinage de la cloche (2),
- L'étude de la coupe pour l'usinage de la cloche (2),
- L'étude de l'usinage par machine CNC de la cloche (2),
- L'étude de l'obtention du cache moteur.

N.B. Pour les calculs, on se limitera à 2 chiffres après la virgule.

### Section B-1. Élaboration de la gamme d'usinage de la cloche (2)

Dans cette section, on s'intéresse à l'élaboration de la gamme d'usinage de la cloche (2), représentée par le dessin de définition (DT-04).

On souhaite la production d'une série de **200 pièces par mois durant 12 mois**. Le brut de cette pièce est obtenu par moulage. Les surfaces usinées sont représentées en **trait fort** et repérées de 1 à 8.

Toutes les surfaces sont réalisées en **une seule opération**, excepté l'alésage 4 qui nécessite deux opérations (Ébauche et Finition). B1 et B2 sont des surfaces brutes.

Dans l'atelier de production, on dispose des machines-outils suivantes : deux tours conventionnels, deux fraiseuses universelles, une mortaiseuse, une tailleuse d'engrenage, deux perceuses à colonnes et un tour CNC à deux axes (X, Z).

### Section B-2. Étude de la coupe pour l'usinage de la cloche (2)

Dans cette section, on s'intéresse à l'étude de la coupe associée à une opération d'usinage de la cloche (2). Les Tableaux 01 et 02 serviront pour le choix des paramètres de coupe.

**Tableau 01-** Paramètres de coupe pour les opérations de chariotage en Tournage avec outil carbure

| Matériaux     | Résistance à la rupture | Angle de coupe  | Ébauche          |                    |                | Finition         |                    |                |
|---------------|-------------------------|-----------------|------------------|--------------------|----------------|------------------|--------------------|----------------|
|               | $R_r$<br>(MPa)          | $\gamma$<br>(°) | $V_c$<br>(m/min) | $a_{pmax}$<br>(mm) | $f$<br>(mm/tr) | $V_c$<br>(m/min) | $a_{pmax}$<br>(mm) | $f$<br>(mm/tr) |
| Acier S235    | 300                     | 14              | 150              | 3                  | 0,20           | 250              | 1                  | 0,12           |
| X 6 CrNi18 10 | 600                     | 6               | 105              | 3                  | 0,15           | 130              | 1                  | 0,12           |
| 35CrMo4       | 1100                    | 0               | 100              | 3                  | 0,20           | 160              | 1                  | 0,12           |
| EN-GJL-250    | 250                     | 8               | 150              | 2                  | 0,15           | 180              | 1                  | 0,12           |
| CuZn30        | 400                     | 20              | 220              | 3                  | 0,20           | 260              | 1                  | 0,12           |
| Dural AU4G    | 280                     | 25              | 350              | 3                  | 0,30           | 450              | 1                  | 0,12           |
| Bronzes       | 200                     | 20              | 90               | 2                  | 0,20           | 130              | 1                  | 0,12           |

*N.B : Pour les opérations d'alésage prendre 75% de la  $V_c$  en chariotage.*

**Tableau 02-** Paramètres de réglage de la machine ( $N_r$  et  $f_r$ )

| Gamme des vitesses de rotation $N_r$ (tr/min) |     |     |     |     |      |      |      |      |
|-----------------------------------------------|-----|-----|-----|-----|------|------|------|------|
| 60                                            | 180 | 320 | 560 | 800 | 1000 | 1320 | 1600 | 2000 |

| Gamme des avances $f_r$ (mm/tr) |      |      |     |      |     |      |     |      |
|---------------------------------|------|------|-----|------|-----|------|-----|------|
| 0,02                            | 0,03 | 0,05 | 0,1 | 0,15 | 0,2 | 0,25 | 0,3 | 0,35 |

Pour modéliser l'usure des plaquettes de l'outil de coupe, des essais expérimentaux ont permis de déterminer la durée de vie  $T$  pour deux vitesses de coupe  $V_c$ . La valeur de l'usure acceptable en dépouille est de **0,25mm**.

L'évolution de l'usure des plaquettes suit le modèle de **Taylor simplifié**, défini par :  $T = C_v \cdot V_c^n$

Les résultats des essais sont reportés dans le **Tableau 03**.

**Tableau 03-** Résultats des essais d'usure

| Essais | $V_c$ (m/min) | $T$ (min) |
|--------|---------------|-----------|
| 1      | 175           | 13        |
| 2      | 225           | 5         |

### Section B.3- Étude de l'usinage par machine CNC de la cloche (2)

Dans cette section, on suppose que l'usinage relatif à une phase de production sera réalisé sur un tour à commande numérique à deux axes (X, Z).

### Section B.4- Étude de l'obtention du cache moteur

Le cache moteur représenté par le dessin de définition (DT -05) est obtenu à partir d'une tôle en acier S235 d'épaisseur 1mm. L'obtention de cette pièce nécessite successivement les opérations suivantes :

- Poinçonnage d'un flan de diamètre  $D_f$ ,
- Emboutissage du flan sur presse hydraulique avec outillages spécifiques (*matrice et poinçon*),
- Perçage des trous de fixation sur l'embouti,
- Réalisation des orifices d'aérations.

Les surfaces élémentaires en emboutissage sont données dans le document DT-05.

**NB :** Pour simplifier les calculs des surfaces élémentaires, les côtes du cache moteur seront considérées par rapport à la fibre moyenne.

Session : 2022

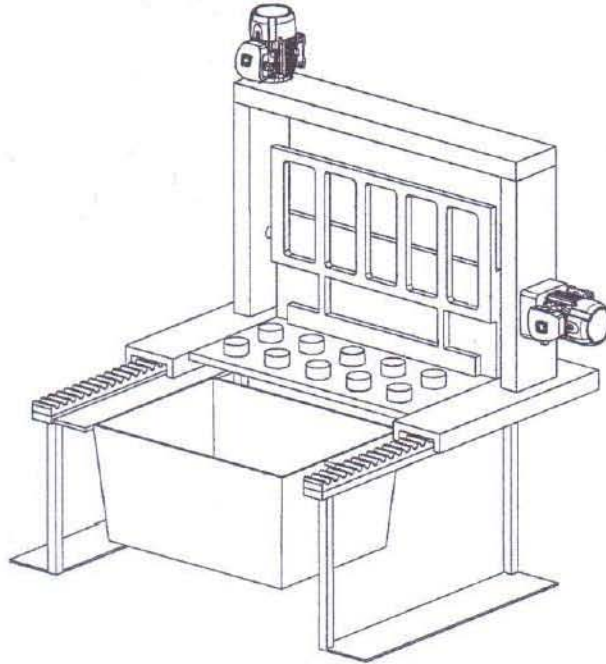
Concours : Technologie

Épreuve : Conception & Fabrication Mécanique (C.F.M)

Date : Mardi 07 Juin 2022 à 8 H

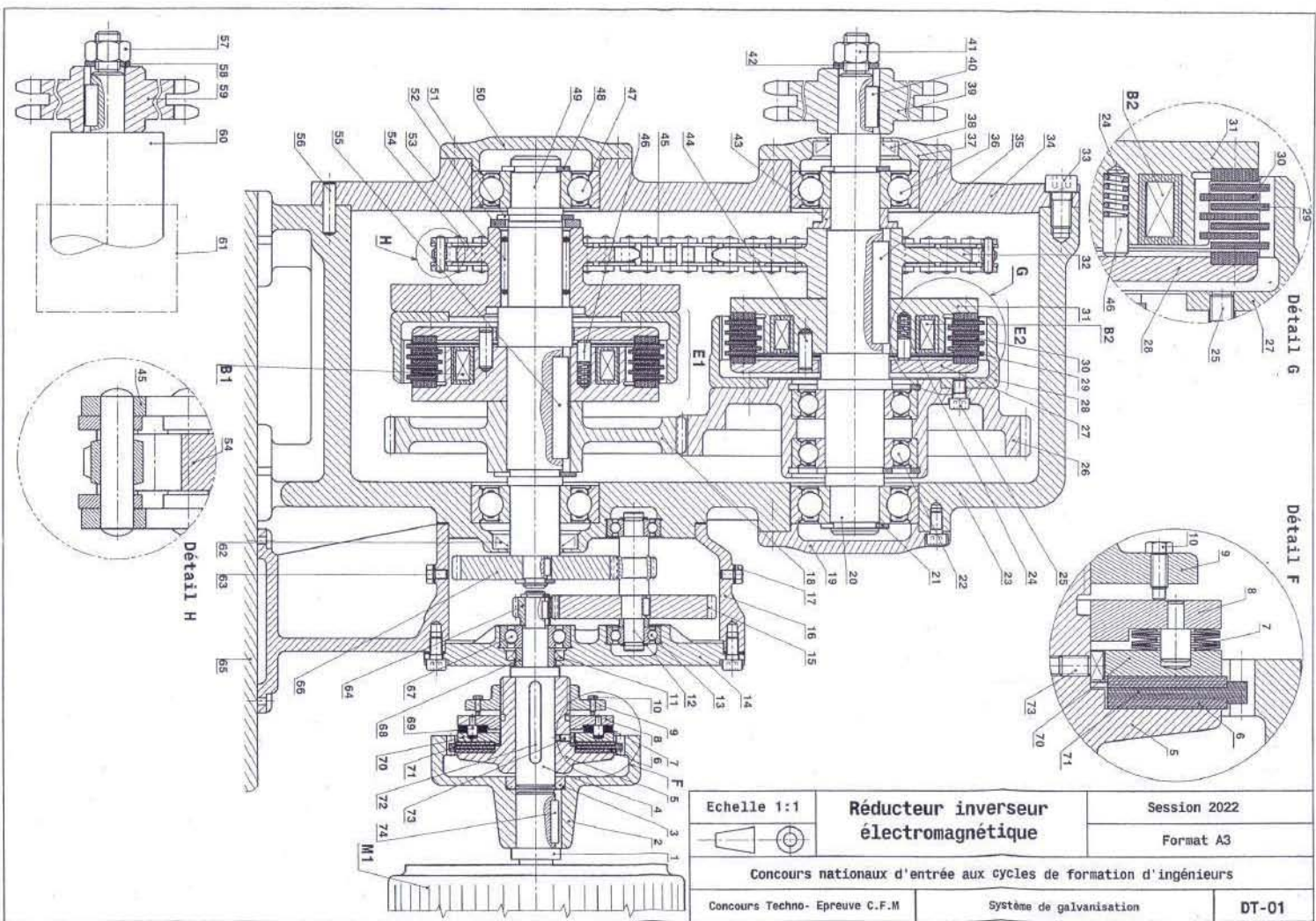
## DOCUMENTS TECHNIQUES

Sujet : Système de galvanisation



Ce dossier comporte 5 documents techniques numérotés de DT-01 à DT-05

| DT    | Document Technique                           |                                           |                                                            |
|-------|----------------------------------------------|-------------------------------------------|------------------------------------------------------------|
| DT-01 | <i>Réducteur inverseur électromagnétique</i> | <i>Détail F<br/>Détail G<br/>Détail H</i> |                                                            |
| DT-02 | Nomenclature                                 |                                           |                                                            |
| DT-03 | <i>Éléments standards</i>                    |                                           |                                                            |
| DT-04 | Cloche (2)                                   | Coupe I-I                                 | Trajectoire d'outil et coordonnées des points particuliers |
| DT-05 | <i>Cache moteur</i>                          | <i>Calculs des surfaces élémentaires</i>  | <i>Expressions des efforts</i>                             |



Echelle 1:1

# Réducteur inverseur électromagnétique

Session 2022

Format A3

Concours nationaux d'entrée aux cycles de formation d'ingénieurs

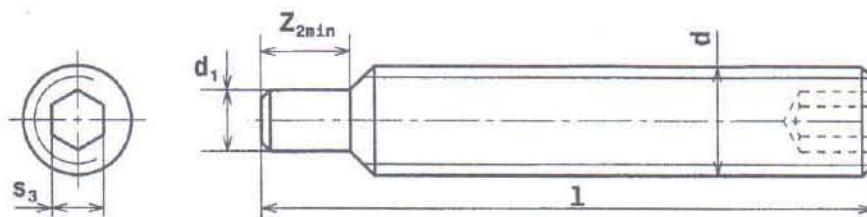
Concours Techno- Epreuve C.F.M

Système de galvanisation

DT-01



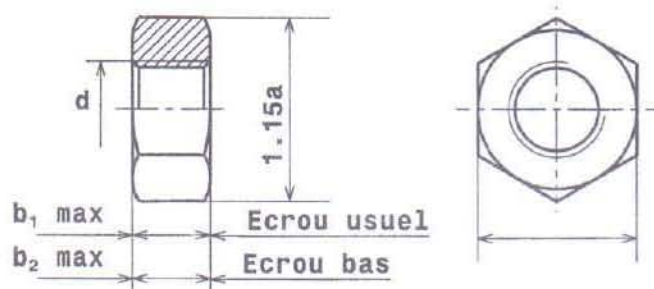
## Vis de pression à téton long



| d  | d <sub>1</sub> | d <sub>2</sub> | d <sub>3</sub> | z <sub>2</sub> | l                         | s <sub>3</sub> |
|----|----------------|----------------|----------------|----------------|---------------------------|----------------|
| M4 | 2.5            | -              | 2              | 2              | 4-5-6-8-10-12-16-20       | 2              |
| M5 | 3.5            | -              | 2.5            | 2.5            | 5-6-8-10-12-16-20-25      | 2.5            |
| M6 | 4              | 1.5            | 3              | 3              | 6-8-10-12-16-20-25-30     | 3              |
| M8 | 5.5            | 2              | 5              | 4              | 8-10-12-16-20-25-30-35-40 | 4              |

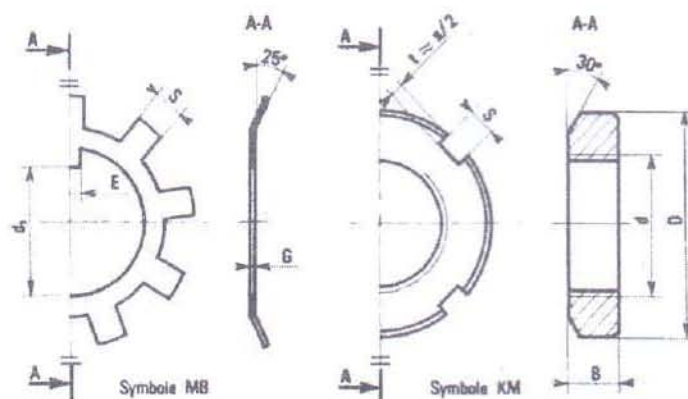
## Ecrou Hexagonal : H

| d  | a  | b <sub>1</sub> | b <sub>2</sub> |
|----|----|----------------|----------------|
| M4 | 7  | 3.2            | 2.2            |
| M5 | 8  | 4.7            | 2.7            |
| M6 | 10 | 5.2            | 3.2            |
| M8 | 13 | 6.8            | 4              |



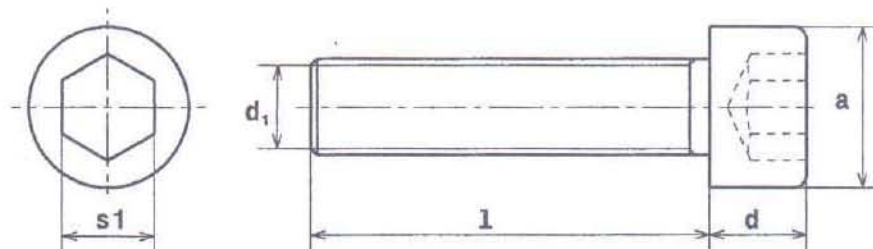
## Ecrou à encoche, Rondelle frein

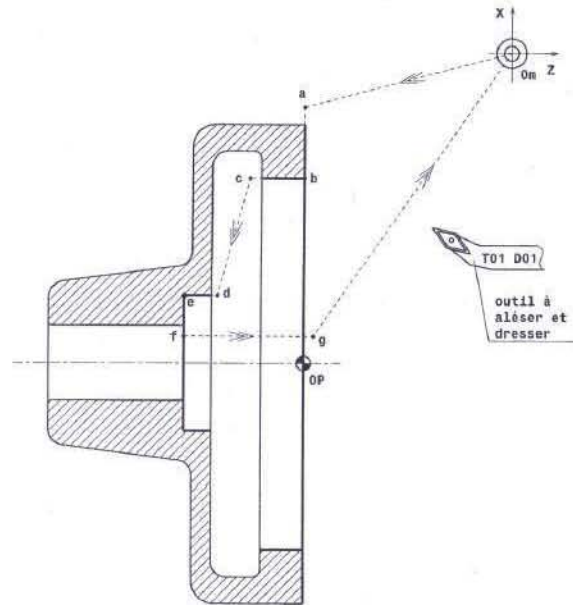
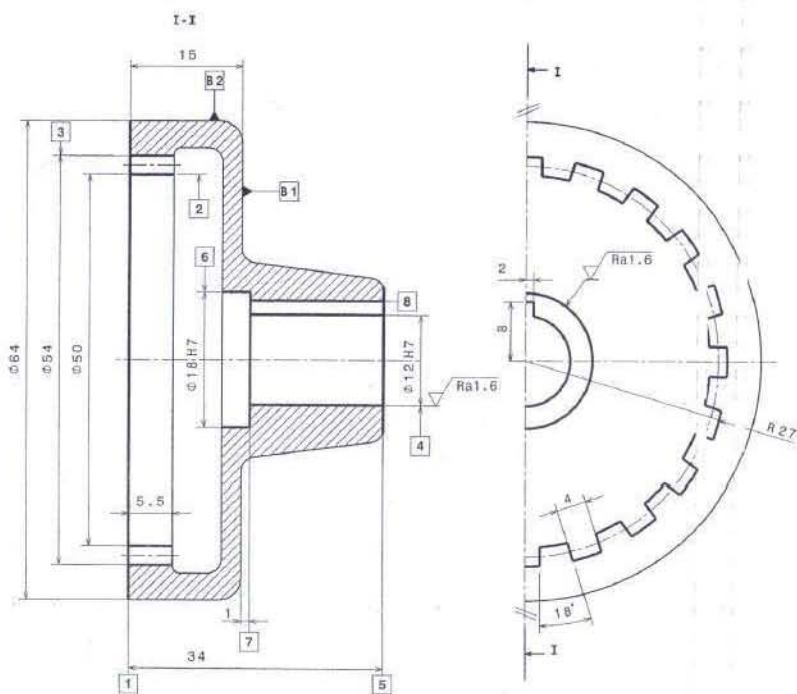
| d x pas     | D  | B | S | d1   | E | G    |
|-------------|----|---|---|------|---|------|
| M 10 x 0,75 | 18 | 4 | 3 | 8,5  | 3 | 1    |
| M 12 x 1    | 22 | 4 | 3 | 10,5 | 3 | 1    |
| M 15 x 1    | 25 | 5 | 4 | 13,5 | 4 | 1    |
| M 17 x 1    | 28 | 5 | 4 | 15,5 | 4 | 1    |
| M 20 x 1    | 32 | 6 | 4 | 18,5 | 4 | 1    |
| M 25 x 1,5  | 38 | 7 | 5 | 23   | 5 | 1,25 |
| M 30 x 1,5  | 45 | 7 | 5 | 27,5 | 5 | 1,25 |



## Vis d'assemblage

| d  | a   | d <sub>1</sub> | l                         | s <sub>1</sub> |
|----|-----|----------------|---------------------------|----------------|
| M4 | 7   | 2.5            | 4-5-6-8-10-12-16-20       | 3              |
| M5 | 8.5 | 3.5            | 5-6-8-10-12-16-20-25      | 4              |
| M6 | 10  | 4              | 6-8-10-12-16-20-25-30     | 5              |
| M8 | 13  | 5.5            | 8-10-12-16-20-25-30-35-40 | 6              |





Coordonnées des points particuliers

| Points | a  | b  | c    | d     | e   | f   | g |
|--------|----|----|------|-------|-----|-----|---|
| X      | 68 | 50 | 50   | 18    | 18  | 6   | 6 |
| Z      | 0  | 0  | -7.5 | -10.5 | -16 | -16 | 2 |

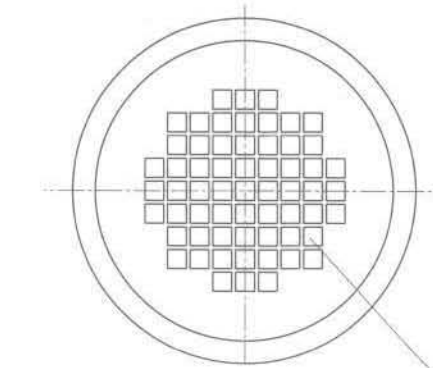
|       |     |    |
|-------|-----|----|
| 2     | 0.5 | B2 |
| 3-4-6 | 0.1 | 1  |
| 3     | 0.5 | 5  |
| 5     | 0.5 | 6  |
| 3-4   | 0.5 | 6  |
| 7-5   | 0.5 | 1  |
| 8     | 0.5 | 4  |

Tolérances générales ISO 2768 mk  $\nabla$  Ra3.2 Sauf indication Matière : EN-GJL-250

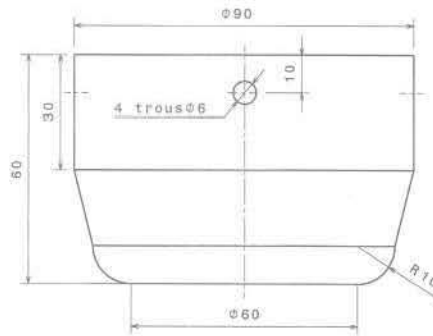
|                                                                                     |        |                          |           |
|-------------------------------------------------------------------------------------|--------|--------------------------|-----------|
| Echelle 2:1                                                                         | Cloche | Session 2022             |           |
|  |        | Rep (2)                  | Format A3 |
| Concours nationaux d'entrée aux cycles de formation d'ingénieurs                    |        |                          |           |
| Concours Techno - Epreuve C.F.M                                                     |        | Système de galvanisation |           |
|                                                                                     |        | DT-04                    |           |

# Calculs des surfaces élémentaires

| N° | Elément | $\frac{4S}{\pi}$                        | N° | Elément | $\frac{4S}{\pi}$                                                           |
|----|---------|-----------------------------------------|----|---------|----------------------------------------------------------------------------|
| 1  |         | $D^2$                                   | 8  |         | $L^2 + 4 \cdot H$<br>ou $8 \cdot R \cdot H$                                |
| 2  |         | $D^2 - d^2$                             | 9  |         | $2 \cdot \pi \cdot R(D - 0,7R)$<br>ou<br>$2 \cdot \pi \cdot R(d + 1,3R)$   |
| 3  |         | $4 \cdot D \cdot H$                     | 10 |         | $2 \cdot \pi \cdot R(D - 1,3R)$<br>ou<br>$2 \cdot \pi \cdot R(d + 0,7R)$   |
| 4  |         | $2(D+d) \sqrt{H^2 + \frac{(D-d)^2}{4}}$ | 11 |         | $4 \cdot \pi \cdot R \cdot D$                                              |
| 5  |         | $2 \cdot D \sqrt{H^2 + \frac{D^2}{4}}$  | 12 |         | $4 \cdot \pi \cdot R(D - 1,42R)$<br>ou<br>$4 \cdot \pi \cdot R(d + 0,58R)$ |
| 6  |         | $4 \cdot D^2$                           | 13 |         | $4 \cdot \pi \cdot R(D - 1,42R)$<br>ou<br>$4 \cdot \pi \cdot R(d + 0,58R)$ |
| 7  |         | $4 \cdot D \cdot H$                     |    |         |                                                                            |



Orifices d'aération 5 x 5



Effort de poinçonnage :  $F_p = \pi \cdot D_f \cdot e \cdot R_c$   
 Effort d'emboutissage :  $F_E = k \cdot \pi \cdot D \cdot e \cdot R_F$   
 Effort du serre-flan :  $F_{sf} = \frac{\pi}{4} (D^2 - d^2) \cdot P_{sf}$

avec:  $R_c = 0,8 \cdot R_c$   
 $k = 0,55$   
 $P_{sf} = 2,5 \text{ MPa}$

|                                                                  |                          |              |
|------------------------------------------------------------------|--------------------------|--------------|
| Echelle 1:1                                                      | Cache moteur             | Session 2022 |
|                                                                  |                          | Moteur M1    |
|                                                                  |                          | Format A3    |
| Concours nationaux d'entrée aux cycles de formation d'ingénieurs |                          |              |
| Concours Techno - Epreuve C.F.M                                  | Système de galvanisation | DT-05        |

**Concours Nationaux d'Entrée aux  
Cycles de Formation d'Ingénieurs**

Session : **2022**

Concours : **Technologie**

Epreuve de : **C.F.M**

Date : **Mardi 07 Juin 2022 à 8 H**

Durée : **4 Heures**

**Document Réponses**

**Concours Nationaux d'Entrée aux  
Cycles de Formation d'Ingénieurs**

Session : **2022**

Concours : **Technologie**

preuve de: **Conception et Fabrication Mécanique**

Date : **Mardi 07 Juin 2022 à 8 H**

Durée : **4 Heures**

Nom : .....

Prénom : .....

Date & lieu de naissance : .....

Etablissement d'origine : .....

N° C.I.N ou N° du passeport pour les étrangers :

|  |  |  |  |  |  |  |  |
|--|--|--|--|--|--|--|--|
|  |  |  |  |  |  |  |  |
|--|--|--|--|--|--|--|--|

Série :

|  |  |  |
|--|--|--|
|  |  |  |
|--|--|--|

Identifiant :

|  |  |  |  |  |  |
|--|--|--|--|--|--|
|  |  |  |  |  |  |
|--|--|--|--|--|--|

Nombre de  
cahiers remis

**1**

Nombre de  
cahiers remis

**1**

*Ne rien écrire ici*

*Ne rien écrire ici*

# Dossier

## Document Réponses

- ◆ Ce dossier comporte 17 pages numérotées de 1 à 17
  - Partie A- Conception Mécanique : Page 1 à 10
  - Partie B- Fabrication Mécanique : Page 11 à 17

### Important

- ◆ Un seul document réponses est fourni au candidat.
- ◆ Le candidat doit rendre obligatoirement le document réponses avant de quitter la salle d'Examen.
- ◆ Le document réponses doit être rendu en intégralité (*aucune feuille ne doit être supprimée*).
- ◆ *Toute suppression* de feuilles du document réponses est considérée comme étant une tentative de fraude.
- ◆ Le renouvellement ou la reproduction de ce dossier sont strictement interdits.

## Partie A : Conception Mécanique

### ◆ Section A1- Étude technologique

A-1. Compléter le Tableau -1, en précisant le rôle de chacune de pièces.

Tableau - 1 Rôle des pièces

| Pièces | Rôles |
|--------|-------|
| (7)    |       |
| (10)   |       |
| (24)   |       |
| (44)   |       |
| (56)   |       |
| (63)   |       |

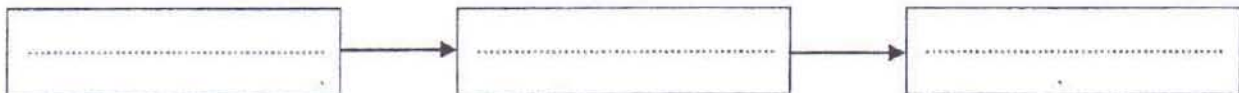
A-2. Justifier l'utilisation des roulements auto-lubrifiés (22, 36 et 47).

.....

A-3. Compléter le tableau suivant en précisant la fonction et le rôle de chaque joint.

| Joint | Fonction | Rôle |
|-------|----------|------|
| (38)  |          |      |
| (62)  |          |      |

A-4. Donner l'ordre de manœuvre des différentes pièces nécessaire pour assurer le réglage de l'effort presseur des rondelles ressorts (7).



A-5. Indiquer par une croix le sens de rotation de l'arbre de sortie (20) par rapport à l'arbre (1) du moteur en fonction de l'état des embrayages (E1) et (E2)

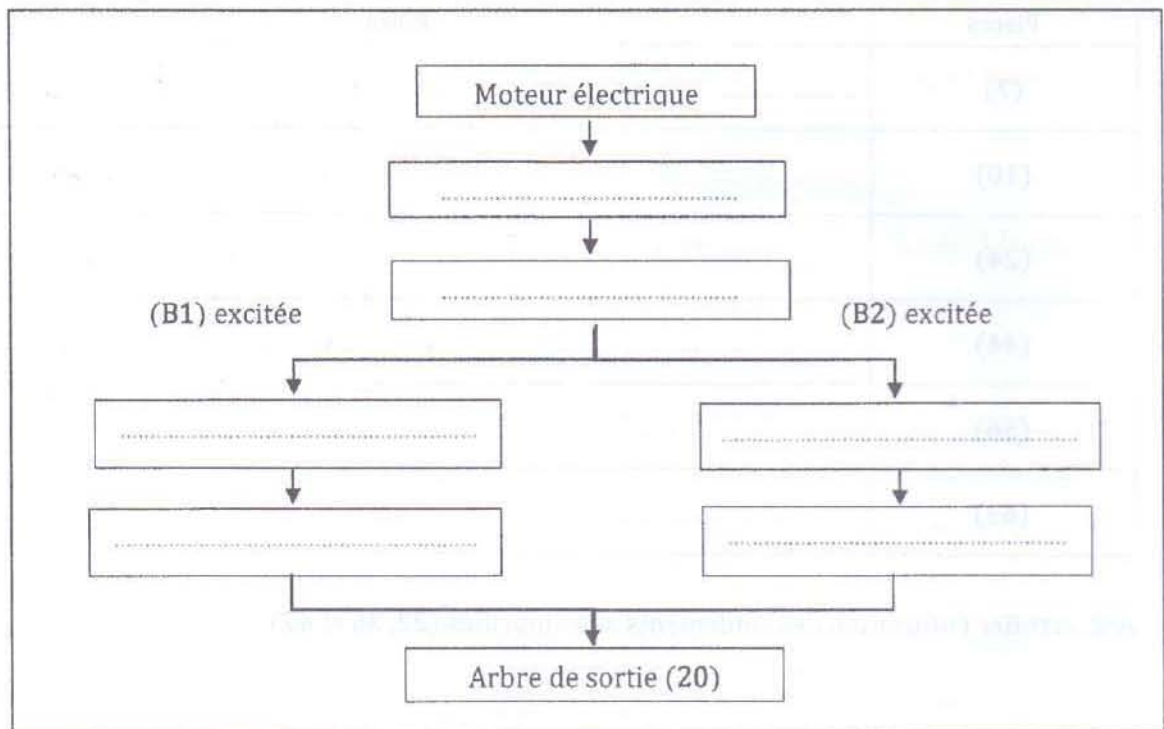
NB : (E1) et (E2) ne peuvent pas être excités en même temps.

|                     | Même sens | Sens opposé |
|---------------------|-----------|-------------|
| Embrayage E1 excité |           |             |
| Embrayage E2 excité |           |             |

◆ Section A2- Étude de la chaîne de transmission de mouvement et de puissance

▪ Étude cinématique globale

A-6. En se référant au dessin d'ensemble (DT-01), compléter la chaîne cinématique en indiquant les organes de transmission de puissance en fonction de l'état des bobines (B1) et (B2).



A-7. Compléter le schéma cinématique minimal du mécanisme (Figure 1).

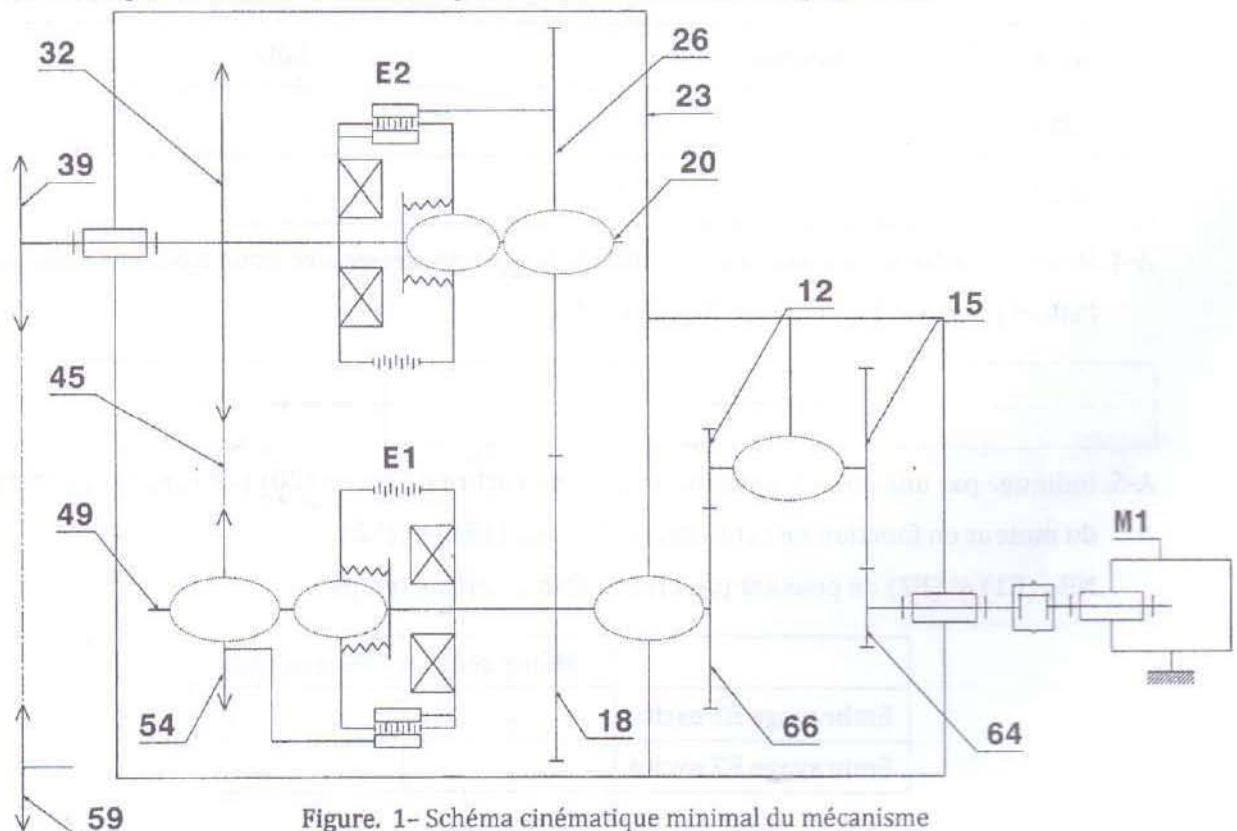


Figure. 1- Schéma cinématique minimal du mécanisme

▪ Étude de la transmission de puissance

A-8. Calculer la vitesse de rotation du pignon (59).

AN :

$N_{59} = \dots \text{tr/mn}$

A-9. Déterminer le nombre de dents  $Z_{18}$  et  $Z_{26}$  des roues (18) et (26).

Sachant que  $m_{18} = 2,5 \text{ mm}$  et l'entraxe  $a_{18-26} = 97,5 \text{ mm}$ , et que l'arbre de sortie (20) doit tourner à la même vitesse dans les deux sens de rotation.

AN :

$Z_{26} = \dots \text{dents}$

AN :

$Z_{18} = \dots \text{dents}$

A-10. Dans le cas où (E1) est excité, calculer le rapport de transmission global  $r_g$  du système.

Déduire la vitesse de rotation  $N_m$  de l'arbre moteur (1).

AN :

$r_g = \dots$

AN :

$N_m = \dots \text{tr/min}$

A-11. Calculer le couple maximal transmis  $C_t$  par le limiteur de couple à l'arbre (4).

Sachant que les dimensions des garnitures (6) sont  $R = 25 \text{ mm}$  et  $r = 12 \text{ mm}$ , le coefficient de frottement est  $f = 0,35$  et la norme de l'effort presseur est  $\|\vec{F}\| = 750 \text{ N}$ .

AN :

$C_t = \dots \text{N.m}$

A-12. Calculer la puissance du moteur  $P_m$ .

AN :

$$P_m = \dots\dots\dots W$$

A-13. Le constructeur a choisi un moteur ayant une vitesse de rotation  $N_m = 1000 \text{ tr/mn}$  et une puissance  $P_m = 1,5 \text{ CV}$  ( $1 \text{ CV} = 736 \text{ W}$ ). Ce choix convient-il ? Justifier.

Dans la suite du sujet, on utilise les caractéristiques du moteur choisi par le constructeur :

- Vitesse de rotation :  $N_m = 1000 \text{ tr/mn}$
- Puissance :  $P_m = 1,5 \text{ CV}$  ( $1 \text{ CV} = 736 \text{ W}$ )
- Étude de l'embrayage (E1)

A-14. Calculer le couple nominal fourni par le moteur.

AN :

$$C_{nom} = \dots\dots\dots N.m$$

A-15. Calculer le couple transmissible par l'embrayage (E1) tel que  $C_{ad} = C_{49}$ .

AN :

$$C_{ad} = \dots\dots\dots N.m$$

A-16. Déterminer le nombre de surfaces de contact nécessaire pour transmettre ce couple  $C_{ad}$ . Comparer ce nombre avec celui de l'embrayage (E1) proposé sur le document (DT-01). Conclure.

AN :

$$n = \dots\dots\dots \text{surfaces}$$

Conclusion :

▪ Étude du limiteur de couple « Piat »

A-17. Calculer le couple limite  $C_{lim}$  et la force axiale  $F_a$  produite par les rondelles ressorts (7).

Pour des raisons de sécurité, on prendra le couple limite  $C_{lim} = 1,2 C_{nom}$ .

AN : .....

$C_{lim} = \dots\dots\dots N.m$

AN : .....

$F_a = \dots\dots\dots N$

A-18. Calculer la pression appliquée  $p$  sur les garnitures puis conclure.

AN : .....

$p = \dots\dots\dots MPa$

Conclusion : .....

A-19. Calculer le déplacement  $\Delta L$  de la bague (8) par rapport à (5) pour mettre sous charge les rondelles ressorts (7). En déduire le nombre de tours  $n$  que doit effectuer la pièce (9).

AN : .....

$\Delta L = \dots\dots\dots mm$

AN : .....

$n_g = \dots\dots\dots tr$

A-20. Calculer la longueur  $L$  de la clavette (74) pour assurer sa résistance au matage. Conclure.

AN : .....

$L \geq \dots\dots\dots mm$

Conclusion : .....

◆ Section A3- Étude du mécanisme de translation verticale

On donne le schéma cinématique du mécanisme de déplacement vertical (Figure 2).

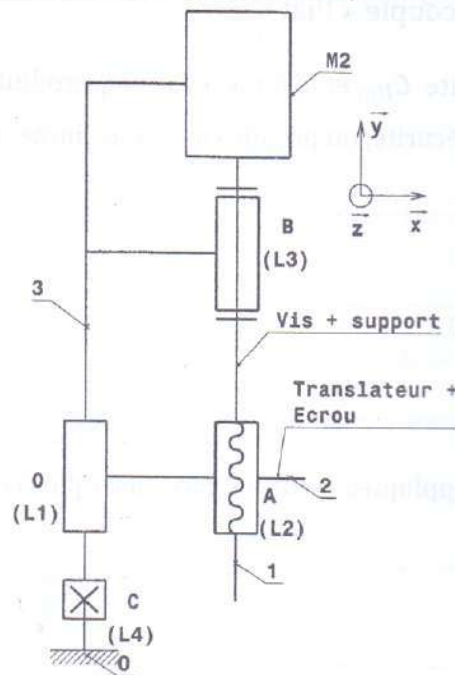
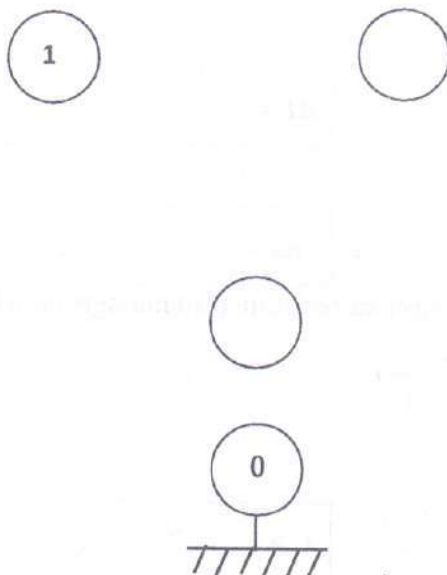


Figure. 2– Schéma cinématique

A-21. Établir le graphe des liaisons du mécanisme de déplacement vertical et déterminer le nombre cyclomatique ( $\gamma$ ).



$(L_1)_{\dots}/\dots$  : liaison ..... d'axe .....

$(L_2)_{\dots}/\dots$  : liaison ..... d'axe .....

$(L_3)_{\dots/\dots}$  : liaison ..... d'axe .....

$(L_4)_{\dots}/\dots$  : liaison ..... d'axe .....

 $\gamma = \dots\dots\dots$ 

A-22. Écrire le torseur cinématique associé à chaque liaison.

N.B. Il convient de retenir la notation suivante pour écrire le torseur cinématique d'une liaison ( $L_i$ ) du solide ( $j$ ) par rapport au solide ( $k$ ) en un point arbitraire  $M$  :

$$\{\vartheta(L_i)_{j/k}\}_M = \left\{ \begin{array}{c|c} \alpha_i & u_i \\ \beta_i & v_i \\ \gamma_i & w_i \end{array} \right\}_M$$

|                                                                                                                                                              |                                                                                                                                                              |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $\{\vartheta(L_{...}/...)\}_O = \left\{ \begin{array}{c c} \square & \square \\ \hline \square & \square \\ \hline \square & \square \end{array} \right\}_O$ | $\{\vartheta(L_{...}/...)\}_A = \left\{ \begin{array}{c c} \square & \square \\ \hline \square & \square \\ \hline \square & \square \end{array} \right\}_A$ |
| $\{\vartheta(L_{...}/...)\}_B = \left\{ \begin{array}{c c} \square & \square \\ \hline \square & \square \\ \hline \square & \square \end{array} \right\}_B$ | $\{\vartheta(L_{...}/...)\}_C = \left\{ \begin{array}{c c} \square & \square \\ \hline \square & \square \\ \hline \square & \square \end{array} \right\}_C$ |

A-23. En se basant sur le graphe des liaisons (question A-21), écrire au point  $O$  l'équation torsorielle cinématique relative à la chaîne continue fermée.

Chaîne : .....

A-24. Écrire, au point  $O$ , les torseurs cinématiques des différentes liaisons associées au graphe présenté Question A-21.

$$\{\vartheta(L_{...}/...)\}_O = \left\{ \begin{array}{c|c} \square & \square \\ \hline \square & \square \\ \hline \square & \square \end{array} \right\}_O$$

$$\{\vartheta(L_{...}/...)\}_O = \left\{ \begin{array}{c|c} \square & \square \\ \hline \square & \square \\ \hline \square & \square \end{array} \right\}_A + \left( \begin{array}{c} \square \\ \square \\ \square \end{array} \right) \wedge \left( \begin{array}{c} \square \\ \square \\ \square \end{array} \right) = \left\{ \begin{array}{c|c} \square & \square \\ \hline \square & \square \\ \hline \square & \square \end{array} \right\}_O$$

$$\{\vartheta(L_{...}/...)\}_O = \left\{ \begin{array}{c|c} \square & \square \\ \hline \square & \square \\ \hline \square & \square \end{array} \right\}_B + \left( \begin{array}{c} \square \\ \square \\ \square \end{array} \right) \wedge \left( \begin{array}{c} \square \\ \square \\ \square \end{array} \right) = \left\{ \begin{array}{c|c} \square & \square \\ \hline \square & \square \\ \hline \square & \square \end{array} \right\}_O$$

A-25. Dédurre alors le système d'équations scalaires cinématiques.

(1) ..... (4) .....

(2) ..... (5) .....

(3) ..... (6) .....

A-26. Dédurre à partir du système d'équations scalaires cinématiques (question A-25), le nombre de degré(s) de mobilité ( $m_c$ ) et le nombre de degré(s) d'hyperstaticité ( $h$ ) du mécanisme.

On rappelle que  $m_c = I_c - r_c$  ; avec  $I_c$  : le nombre de paramètres et  $r_c$  : le rang du système

.....  $m_c =$  .....

.....  $h =$  .....

A-27. Déterminer la loi « Entrée/Sortie » qui en découle.

### ◆ Section A4- Cotation fonctionnelle

A-28. Proposer un ajustement qualitatif pour chacun des assemblages suivants :

| (5)/(4)             | (1)/(2) | (14)/(16) | (22)/(26) | (20)/(22) | (28)/(44) | (3)/(2) |
|---------------------|---------|-----------|-----------|-----------|-----------|---------|
| $\varnothing H7 g6$ |         |           |           |           |           |         |

A-29. Justifier l'existence de la cote condition  $J_a$  entre (39) et (37) (Figure 3)

A-30. Tracer la chaîne de cotes relative à la cote condition  $J_{a \max}$ .

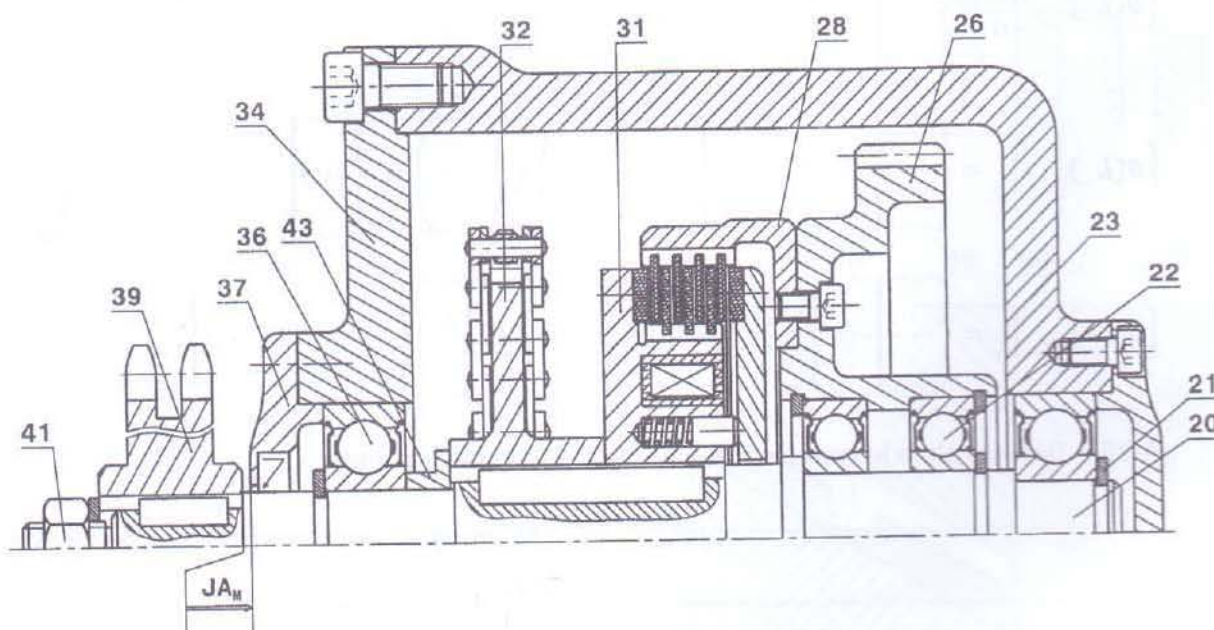


Figure. 3- Chaîne de cote

A-31. Écrire la relation permettant d'exprimer la cote condition  $J_{a \max}$ .

$$J_{a \max} =$$

A-32. Établir la relation qui permet de déterminer l'intervalle de tolérance ( $IT$ ) de la cote condition  $J_a$ .

$$IT =$$

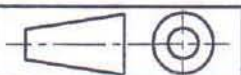
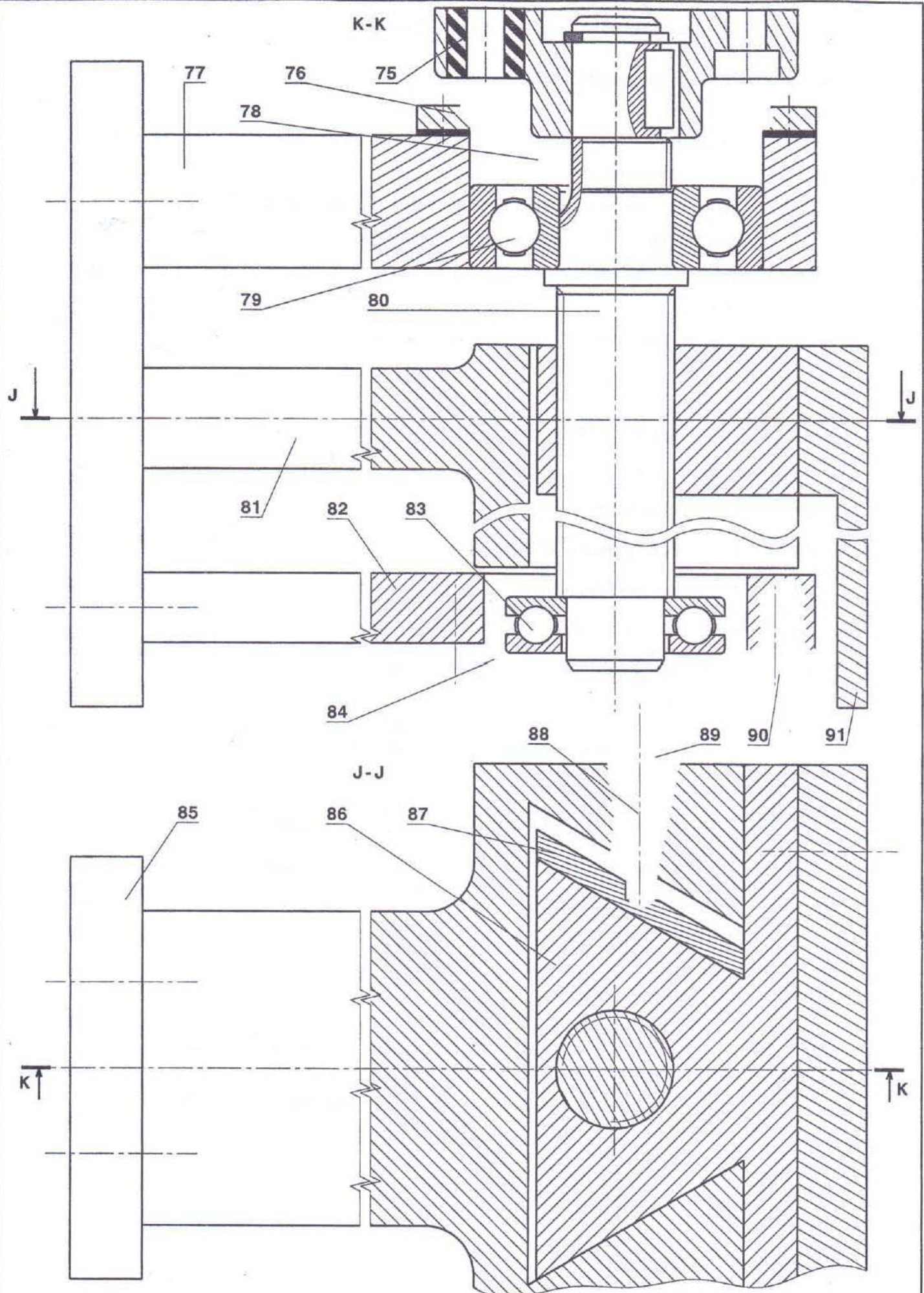
### ♦ Section A5- Étude graphique

A-33. On donne le dessin d'ensemble incomplet du chariot vertical représenté par le schéma cinématique (Figure 03).

En se basant sur la nomenclature ci-dessous, sur la *Feuille page 10/17*:

- Compléter le guidage en rotation de l'axe fileté (80),
- Compléter les éléments de rattrapage du jeu pour le système de guidage en queue d'aronde,
- Indiquer les ajustements nécessaires pour les solutions proposées.

|      |      |                                        |            |      |
|------|------|----------------------------------------|------------|------|
| 91   | 1    | Support mobile                         |            |      |
| 90   | 1    | Vis CHC M5                             |            |      |
| 89   | 1    | Écrou H M6                             |            |      |
| 88   | 1    | Vis de pression HC à téton long        |            |      |
| 87   | 1    | Cale de réglage de jeu                 |            |      |
| 86   | 1    | Queue d'aronde                         |            |      |
| 85   | 1    | Support chariot d'immersion verticale  | S235       |      |
| 84   | 1    | Couvercle butée à billes               |            |      |
| 83   | 1    | Butée à bielle à simple effet 20 TA 10 |            | SKF  |
| 82   | 1    | Support inférieur                      |            |      |
| 81   | 1    | Support queue d'aronde                 | S235       |      |
| 80   | 1    | Axe fileté                             | 35 Cr Mo 4 |      |
| 79   | 1    | Roulement à bille 25 BC 02             |            | SKF  |
| 78   | 1    | Écrou à encoches + rondelle            |            |      |
| 77   | 1    | Support haut                           |            |      |
| 76   | 1    | Couvercle roulement                    |            |      |
| 75   | 1    | Limiteur de couple                     |            |      |
| Rep. | Nbre | Désignation                            | Matière    | Obs. |



Système de Galvanisation

Echelle 1:1

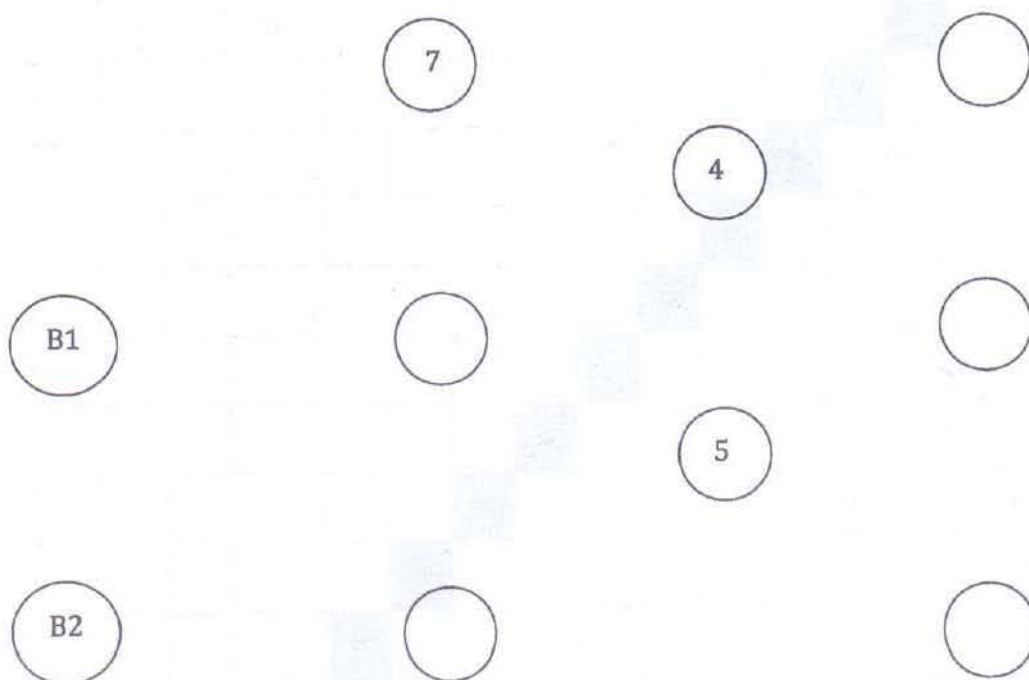
Session 2022

## Partie B : Fabrication Mécanique

### ◆ Section B.1- Élaboration de la gamme d'usinage de la cloche (2)

B-1. Compléter le graphe des contraintes d'antériorités entre les surfaces de la pièce.

N.B. : Éviter les intersections des lignes de liaison sur le graphe.



B-2. Compléter le Tableau 2 des opérations élémentaires.

Tableau - 2 Opérations élémentaires

| Surfaces | Liaisons dimensionnelles aux surfaces |         | Spécifications géométriques |   |    |   | Opérations élémentaires | Symbole |
|----------|---------------------------------------|---------|-----------------------------|---|----|---|-------------------------|---------|
|          | Brutes                                | Usinées | ⊙                           | ⊥ | // | ≡ |                         |         |
| 1        |                                       |         |                             |   |    |   | Finition directe        | 1F      |
| 2        |                                       |         |                             |   |    |   |                         |         |
| 3        |                                       |         |                             |   |    |   |                         |         |
| 4        |                                       |         |                             |   |    |   |                         |         |
| 5        |                                       |         |                             |   |    |   |                         |         |
| 6        |                                       |         |                             |   |    |   |                         |         |
| 7        |                                       |         |                             |   |    |   |                         |         |
| 8        |                                       |         |                             |   |    |   |                         |         |

## B-3. Remplir le Tableau 3 des niveaux de fabrication de la cloche (2)

| Il faut |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | Total    | Niveaux |   |   |   |   |
|---------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----------|---------|---|---|---|---|
|         | B1 | B2 | 1F | 2F | 3F | 4E | 4F | 5F | 6F | 7F | 8F | 0        | 1       | 2 | 3 | 4 | 5 |
| B1      |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | 0        |         |   |   |   |   |
| B2      |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | 0        |         |   |   |   |   |
| 1F      |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |          |         |   |   |   |   |
| 2F      |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |          |         |   |   |   |   |
| 3F      |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |          |         |   |   |   |   |
| 4E      |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |          |         |   |   |   |   |
| 4F      |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |          |         |   |   |   |   |
| 5F      |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |          |         |   |   |   |   |
| 6F      |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |          |         |   |   |   |   |
| 7F      |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |          |         |   |   |   |   |
| 8F      |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |          |         |   |   |   |   |
|         |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | B1<br>B2 |         |   |   |   |   |

## B-4. Remplir les Tableaux 4 et 5, respectivement des groupements en phases et de la gamme d'usinage retenue.

Tableau - 4 Tableau des regroupements

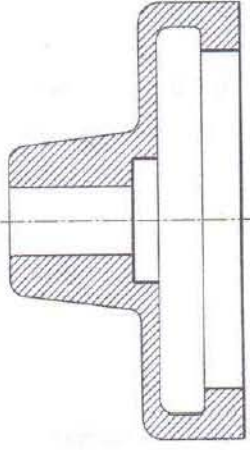
| Niveaux | Surfaces                |
|---------|-------------------------|
| 0       | B1 B2 Obtention du brut |
| 1       | .....                   |
| 2       | .....                   |
| 3       | .....                   |
| 4       | .....                   |
| 5       | .....                   |

Tableau-5 Gamme d'usinage retenue

| Phase    | Désignation      |
|----------|------------------|
| Phase 10 | Contrôle du brut |
| Phase 20 | .....            |
| Phase 30 | .....            |
| Phase 40 | .....            |
| Phase 50 | .....            |

B-5. Remplir la feuille de gamme d'usinage pour la phase 20 en précisant

- le référentiel de mise en position (placer les normales de repérage sur le croquis).
- les côtes de fabrication sur le croquis.
- la machine utilisée.
- les outils de coupe et les instruments de contrôle.

| GAMME DE FABRICATION          |                                                                                                                                                                               |                      |                                     |                                                                                      |
|-------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------|-------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|
| Ensemble : Limiteur de couple |                                                                                                                                                                               | Élément : Cloche (2) |                                     | Matière : EN-GJL-250                                                                 |
| Phase                         | Désignation                                                                                                                                                                   | Machines             | Outillages/ Instruments de contrôle | Croquis                                                                              |
| 10                            | Contrôle du brut                                                                                                                                                              |                      |                                     |                                                                                      |
|                               | <p>Référentiel de mise en position :</p> <p>Opérations :</p> <p>a)</p> <p>b)</p> <p>c)</p> <p>Cotation de fabrication :</p> <p>Cf1=</p> <p>2Cf2=</p> <p>2Cf6=</p> <p>Cf7=</p> |                      |                                     |  |

### ♦ Section B.2- Étude de la coupe pour l'usinage de la cloche (2)

B-6. En utilisant le Tableau 01, choisir la vitesse de coupe  $V_c$  et l'avance par tour  $f$ , pour l'usinage de l'alésage 2 en **finition**, avec un outil à plaquette rapportée.

$V_c = \dots m/min$

$f = \dots mm/tr$

B-7. Calculer la vitesse de rotation de la broche  $N$  nécessaire pour cette opération d'usinage (pour les calculs, utiliser le diamètre final de l'alésage 2).

$N = \dots tr/min$

B-8. À partir du Tableau 02, choisir les paramètres de réglage de la machine-outil ( $N_r$  et  $f_r$ ) (prendre les valeurs les plus proches).

$$N_r = \dots \text{tr/min}$$

$$f_r = \dots \text{mm/tr}$$

B-9. En déduire la vitesse de coupe réelle  $V_{cr}$  et la vitesse d'avance réelle  $V_{fr}$ .

$$V_{cr} = \dots \text{m/min}$$

$$V_{fr} = \dots \text{mm/min}$$

B-10. Déterminer l'effort de coupe  $F_c$  ( $F_c = K_s \cdot S$ ), sachant que la pression spécifique de coupe  $K_s = 250 \text{ daN/mm}^2$  et la profondeur de passe  $a_p = 1 \text{ mm}$ .

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

B-11. Sachant que la machine-outil a une puissance maximale à la broche  $P_{max} = 2 \text{ kW}$  avec un rendement de 80%, justifier si elle est capable d'assurer l'opération d'usinage.

B-12. À partir du Tableau 03, déterminer les paramètres de la loi de Taylor simplifiée.

a- Calculer l'exposant  $n$

$$n = \dots$$

b- Déduire la constante  $C_v$

$$C_v =$$

B-13. Calculer le temps total d'usinage  $T_t$  d'une arête de coupe de cet outil.

$$T_t = \text{.....} \text{ min}$$

B-14. Sachant qu'on utilise des plaquettes rhombiques et réversibles, déterminer le nombre d'arêtes  $n_a$  utilisables par plaquette.

$$n_a =$$

B-15. Déterminer le temps de coupe  $T_c$  pour l'usinage de l'alésage 2.

$$T_c = \text{.....} \text{ s}$$

B-16. Déterminer le nombre de plaquettes  $n_p$  nécessaire à l'usinage de la série de pièces.

$$n_p =$$

B-17. Déterminer le nombre maximum  $n_{max}$  de pièces usinées avant le changement de l'arête de coupe de l'outil.

$$n_{max} = \text{.....} \text{ pièces usinées}$$

### ◆ Section B.3- Étude de l'usinage par machine CNC de la cloche (2)

B-18. Compléter le programme d'usinage ou le commentaire associé aux surfaces 1, 2, 6 et 7 usinées avec le même outil de coupe. Le cycle d'usinage est représenté sur le document DT-04.

| Programme                   | Commentaires                                        |
|-----------------------------|-----------------------------------------------------|
| N10 G40 G71 G80 G90 G95 G97 | Programme numéro 2022                               |
| N20 G00 G52 X0 Z0           | Bloc d'initialisation                               |
| N30 T01 D01 M6              | Dégagement de l'outil vers l'origine mesure         |
| N40                         | Avance rapide vers le point (a)                     |
| N50                         | Rotation broche sens horaire à 1800 <i>tr/min</i>   |
| N60                         | Avance de 0.1 <i>mm/tr</i> et activer lubrification |
| N70                         | Dressage vers Point (b)                             |
| N80                         | Alésage vers Point (c)                              |
| N90 G0 X18 Z-10.5           |                                                     |
| N100                        | Point (e)                                           |
| N110                        | Point (f)                                           |
| N120                        | Arrêter rotation broche et lubrification            |
| N130                        | Dégagement rapide vers Point (g)                    |
| N140 G0 G52 X0 Z0           |                                                     |
| N150                        | Fin du programme                                    |

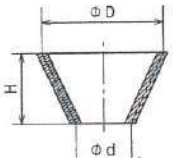
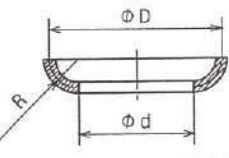
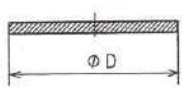
### ◆ Section B.4- Étude de l'obtention du cache moteur

B-19. Donner la signification de la désignation du matériau S235.

B-20. En se basant sur le document (DT-05), décomposer le cache moteur en éléments élémentaires et compléter le Tableau 5.

Tableau - 5 Tableau de calcul des surfaces élémentaires du cache moteur

| Croquis de l'élément | Expression analytique ( $\frac{4}{\pi} S_i$ ) | Calcul |
|----------------------|-----------------------------------------------|--------|
|                      |                                               |        |
|                      |                                               |        |

|                                                                                   |  |  |
|-----------------------------------------------------------------------------------|--|--|
|  |  |  |
|  |  |  |
|  |  |  |

B-21. Déterminer le diamètre du flan  $D_f$ .

$$D_f = \quad \text{mm}$$

B-22. Calculer l'effort de poinçonnage du flan circulaire  $F_p$ .

$$F_p = \quad \text{N}$$

B-23. Calculer l'effort d'emboutissage  $F_E$ .

$$F_E = \quad \text{N}$$

B-24. Calculer l'effort du serre-flan  $F_{sf}$ .

$$F_{sf} = \quad \text{N}$$

B-25. Proposer un procédé de mise en forme permettant l'obtention des orifices d'aérations.

## Partie A : Conception Mécanique

### ◆ Section A1- Étude technologique

A-1. Compléter le Tableau -1, en précisant le rôle de chacune de pièces.

Tableau - 1 Rôle des pièces

| Pièces | Rôles                                              |
|--------|----------------------------------------------------|
| (7)    | Créer l'effort presseur pour le limiteur le couple |
| (10)   | Freiner ou bloquer (9)/(5)                         |
| (24)   | Déplacer (27) vers la gauche                       |
| (44)   | Guider en translation (27)/(20) ou (31)            |
| (56)   | Positionnement de (34)/(23)                        |
| (63)   | Boucher le trou de vidange d'huile                 |

A-2. Justifier l'utilisation des roulements auto-lubrifiés (22, 36 et 47).

Eviter la lubrification des surfaces frottantes des embrayages E1 et E2.

A-3. Compléter le tableau suivant en précisant la fonction et le rôle de chaque joint.

| Joint | Fonction             | Rôle                               |
|-------|----------------------|------------------------------------|
| (38)  | Assurer l'étanchéité | Empêcher la rentrée des poussières |
| (62)  | Assurer l'étanchéité | Empêcher les fuites d'huile        |

A-4. Donner l'ordre de manœuvre des différentes pièces nécessaire pour assurer le réglage de l'effort presseur des rondelles ressorts (7).



A-5. Indiquer par une croix le sens de rotation de l'arbre de sortie (20) par rapport à l'arbre (1) du moteur en fonction de l'état des embrayages (E1) et (E2)

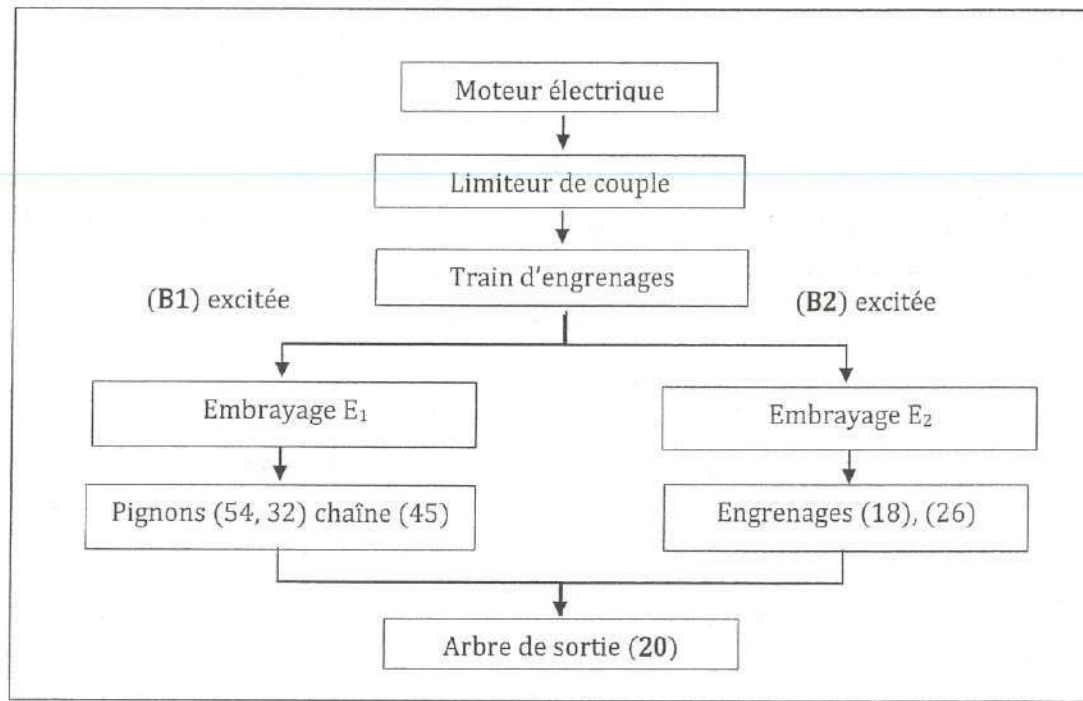
NB : (E1) et (E2) ne peuvent pas être excités en même temps.

|                     | Même sens | Sens opposé |
|---------------------|-----------|-------------|
| Embrayage E1 excité | X         |             |
| Embrayage E2 excité |           | X           |

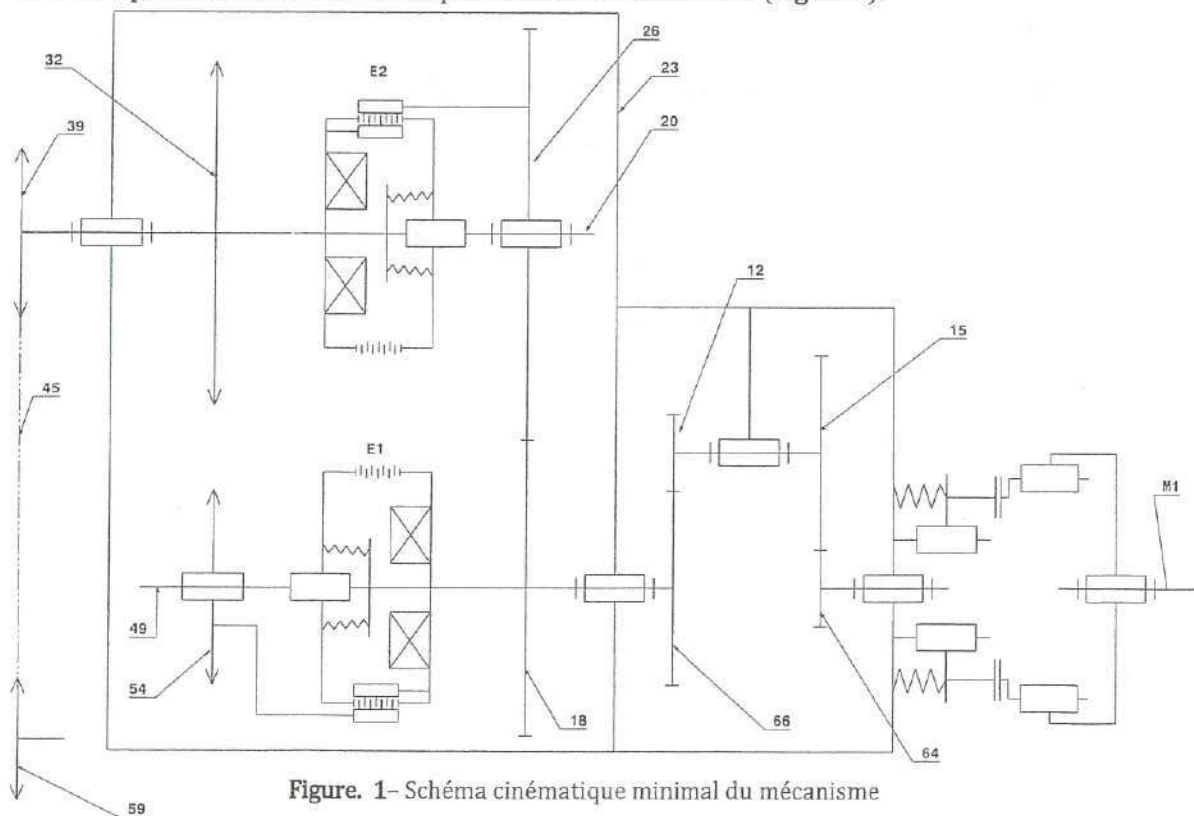
◆ Section A2- Étude de la chaîne de transmission de mouvement et de puissance

▪ Étude cinématique globale

A-6. En se référant au dessin d'ensemble (DT-01), compléter la chaîne cinématique en indiquant les organes de transmission de puissance en fonction de l'état des bobines (B1) et (B2).



A-7. Compléter le schéma cinématique minimal du mécanisme (Figure 1).



## ▪ Étude de la transmission de puissance

A-8. Calculer la vitesse de rotation du pignon (59).

$$V_{39} = W_{39} \times R_{39} = \frac{2\pi N_{39}}{60} R_{39}$$

$$N_{39} = \frac{60 V_{39}}{2\pi R_{39}}$$

AN :  $N_{39} = \frac{60 \times 90\pi}{2\pi \times 60} = 45 \text{ tr/mn}$

$N_{59} = 45 \text{ tr/mn}$

A-9. Déterminer le nombre de dents  $Z_{18}$  et  $Z_{26}$  des roues (18) et (26).

Sachant que  $m_{18} = 2,5 \text{ mm}$  et l'entraxe  $a_{18-26} = 97,5 \text{ mm}$ , et que l'arbre de sortie (20) doit tourner à la même vitesse dans les deux sens de rotation.

$$\begin{cases} a = \frac{m(Z_{18} + Z_{26})}{2} \\ r = \frac{Z_{54}}{Z_{32}} = \frac{18}{30} = \frac{Z_{18}}{Z_{26}} \Rightarrow Z_{18} = \frac{18}{21} \cdot Z_{26} \end{cases}$$

$$Z_{26} \left(1 + \frac{18}{21}\right) = \frac{2a}{m} \Rightarrow Z_{26} = \frac{2a \times 21}{m \times (21 + 18)}$$

AN :  $Z_{26} = \frac{2 \times 97,5 \times 21}{2,5 \times (21 + 18)} = 42 \text{ dents}$

$Z_{26} = 42 \text{ dents}$

AN :  $Z_{18} = \frac{18}{21} \times 42 = 36 \text{ dents}$

$Z_{18} = 36 \text{ dents}$

A-10. Dans le cas où (E1) est excité, calculer le rapport de transmission global  $r_g$  du système.

Déduire la vitesse de rotation  $N_m$  de l'arbre moteur (1).

$$r_g = \frac{Z_{64} \times Z_{12} \times Z_{54} \times Z_{59}}{Z_{15} \times Z_{66} \times Z_{32} \times Z_{39}}$$

$$r_g = \frac{N_{39}}{N_m} \Rightarrow N_m = \frac{N_{39}}{r_g}$$

AN :  $r_g = \frac{14 \cdot 14 \cdot 18 \cdot 15}{42 \cdot 42 \cdot 21 \cdot 30} = \frac{1}{21}$

$r_g = \frac{1}{21}$

AN :  $N_m = 45 \cdot 21 = 945 \text{ tr/mn}$

$N_m = 945 \text{ tr/min}$

A-11. Calculer le couple maximal transmis  $C_t$  par le limiteur de couple à l'arbre (4).

Sachant que les dimensions des garnitures (6) sont  $R = 25 \text{ mm}$  et  $r = 12 \text{ mm}$ , le coefficient de frottement est  $f = 0,35$  et la norme de l'effort presseur est  $\|\vec{F}\| = 750 \text{ N}$ .

$$C_t = \frac{2}{3} \cdot n \cdot f \cdot N \frac{R^3 - r^3}{R^2 - r^2}$$

AN :  $C_t = \frac{2}{3} \cdot 2 \cdot 0,35 \cdot 750 \frac{25^3 - 12^3}{25^2 - 12^2} = 10\,112 \text{ Nmm}$

$C_t = 10,11 \text{ N.m}$

A-12. Calculer la puissance du moteur  $P_m$ .

$$P_m = C_t \cdot \omega = C_t \frac{2\pi N_m}{60}$$

AN :  $P_m = 10,11 \frac{2 \cdot \pi \cdot 945}{60} = 1000 \text{ W}$

$$P_m = 1000 \quad \text{W}$$

A-13. Le constructeur a choisi un moteur ayant une vitesse de rotation  $N_m = 1000 \text{ tr/mn}$  et une puissance  $P_m = 1,5 \text{ CV}$  ( $1 \text{ CV} = 736 \text{ W}$ ). Ce choix convient-il ? Justifier.

Oui, le choix du constructeur convient

$$N_m = 945 \text{ tr/mn} < 1000 \text{ tr/mn}$$

$$P_m = 1000 \text{ W} < 1,5 \text{ CV} = 1104 \text{ W}$$

Dans la suite du sujet, on utilise les caractéristiques du moteur choisi par le constructeur :

- Vitesse de rotation :  $N_m = 1000 \text{ tr/mn}$
- Puissance :  $P_m = 1,5 \text{ CV}$  ( $1 \text{ CV} = 736 \text{ W}$ )

▪ Étude de l'embrayage (E1)

A-14. Calculer le couple nominal fourni par le moteur.

$$C_{nom} = \frac{60 \cdot P_m}{2\pi N_m}$$

AN :  $C_{nom} = \frac{60 \cdot 1,5 \cdot 736}{2\pi \cdot 1000} = 10\,540 \text{ Nmm}$

$$C_{nom} = 10,54 \quad \text{N.m}$$

A-15. Calculer le couple transmissible par l'embrayage (E1) tel que  $C_{ad} = C_{49}$ .

$$\eta = \frac{P_{49}}{P_m} \Rightarrow P_{49} = \eta \cdot P_m$$

$$C_{49} \cdot \omega_{49} = \eta \cdot C_{nom} \cdot \omega_m$$

$$C_{49} = \eta \cdot C_{nom} \cdot \frac{\omega_m}{\omega_{49}} \Rightarrow C_{49} = \eta \cdot C_{nom} \cdot \frac{Z_{15} \cdot Z_{66}}{Z_{64} \cdot Z_{12}}$$

AN :  $C_{49} = C_{ad} = 0,9 \cdot 0,9 \cdot 10\,540 \frac{42 \cdot 42}{14 \cdot 14} = 76,83 \text{ Nm}$

$$C_{ad} = 76,83 \quad \text{N.m}$$

A-16. Déterminer le nombre de surfaces de contact nécessaire pour transmettre ce couple  $C_{ad}$ .

Comparer ce nombre avec celui de l'embrayage (E1) proposé sur le document (DT-01). Conclure.

$$C_{ad} = \frac{2}{3} \cdot n \cdot f \cdot N \frac{R^3 - r^3}{R^2 - r^2}$$

$$n = C_{ad} \frac{3}{2 \cdot f \cdot N} \frac{R^2 - r^2}{R^3 - r^3}$$

AN :  $n = 76,83 \cdot 10^3 \frac{3}{2 \cdot 0,3 \cdot (1100 - 3 \cdot 50)} \frac{38^2 - 30^2}{38^3 - 30^3}$

$$n = 7,89 \quad \text{surfaces}$$

**Conclusion :** Le nombre de surfaces de contact ( $n = 8$ ) choisis par le constructeur convient.

### ▪ Étude du limiteur de couple « Piat »

A-17. Calculer le couple limite  $C_{lim}$  et la force axiale  $F_a$  produite par les rondelles ressorts (7).

Pour des raisons de sécurité, on prendra le couple limite  $C_{lim} = 1,2 C_{nom}$ .

$$F_a = C_{lim} \frac{3}{2 \times n \times f} \times \frac{R^2 - r^2}{R^3 - r^3}$$

AN:  $C_{lim} = 1,2 \cdot 10,54 = 12,65 \text{ Nm}$

$C_{lim} = 12,65 \quad \text{N.m}$

AN:  $F_a = 12,65 \cdot 10^3 \frac{3}{2 \cdot 2 \cdot 0,35} \times \frac{25^2 - 12^2}{25^3 - 12^3} = 938 \text{ N}$

$F_a = 938 \quad \text{N}$

A-18. Calculer la pression appliquée  $p$  sur les garnitures puis conclure.

$$P = \frac{F}{S} = \frac{F}{\frac{\pi}{4}(D^2 - d^2)}$$

AN:  $P = \frac{938,22 \times 4}{\pi(25^2 - 12^2)} = 2,48 \text{ N/mm}^2$

$p = 2,48 \quad \text{MPa}$

Conclusion :  $P < P_{maxi}$  ; donc les garnitures résistent en toute sécurité

A-19. Calculer le déplacement  $\Delta L$  de la bague (8) par rapport à (5) pour mettre sous charge les rondelles ressorts (7). En déduire le nombre de tours  $n$  que doit effectuer la pièce (9).

$$F = K \times \Delta L$$

$$\Delta L = \frac{F_a}{4 \times K}$$

AN:  $\Delta L = \frac{938,22}{4 \times 300} = 0,78 \text{ mm}$

$\Delta L = 0,78 \quad \text{mm}$

$$n_9 = \frac{\Delta L}{p_{as}}$$

AN:  $n = \frac{0,78 \times 1}{1,5} = 0,52 \text{ tr}$

$n_9 = 0,52 \quad \text{tr}$

A-20. Calculer la longueur  $L$  de la clavette (74) pour assurer sa résistance au matage. Conclure.

$$F = \frac{2 \times C}{d} = \frac{2 \times 10,54 \times 10^3}{12} = 1756,6 \text{ N}$$

$$\frac{2 \times F}{b \times L} \leq P_{add} \Rightarrow L \geq \frac{2 \times F}{b \times P_{add}}$$

AN:  $L \geq \frac{2 \times 1756,6}{4 \times 150} = 5,85 \text{ mm}$

$L \geq 5,85 \quad \text{mm}$

Conclusion :  $L_{min} = 5,85 \text{ mm} < 12 \text{ mm}$ . La clavette résiste en toute sécurité.

### ♦ Section A3- Étude du mécanisme de translation verticale

On donne le schéma cinématique du mécanisme de déplacement vertical (Figure 2).

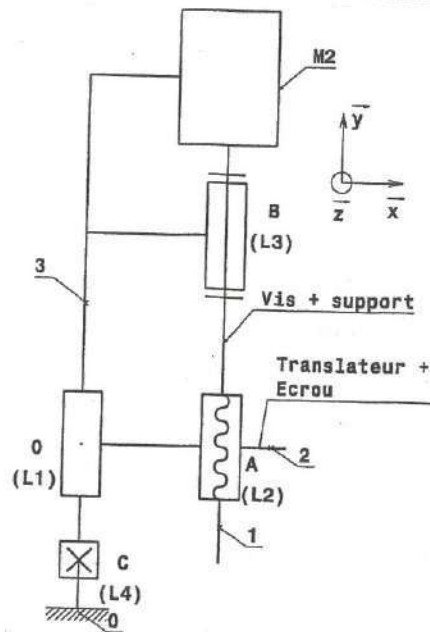
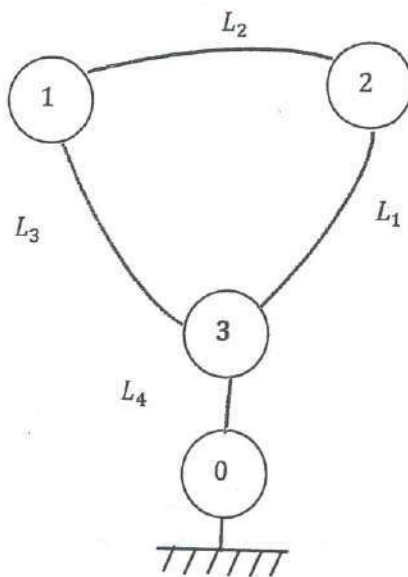


Figure. 2- Schéma cinématique

A-21. Établir le graphe des liaisons du mécanisme de déplacement vertical et déterminer le nombre cyclomatique ( $\gamma$ ).



$(L_1)_{2/3}$  : liaison glissière d'axe  $\vec{Y}$

$(L_2)_{2/1}$  : liaison hélicoïdale d'axe  $\vec{Y}$

$(L_3)_{1/3}$  : liaison pivot d'axe  $\vec{Y}$

$(L_4)_{3/0}$  : liaison glissière d'axe  $\vec{Y}$

$\gamma = 1$

A-22. Écrire le torseur cinématique associé à chaque liaison.

N.B. Il convient de retenir la notation suivante pour écrire le torseur cinématique d'une liaison  $(L_i)$  du solide  $(j)$  par rapport au solide  $(k)$  en un point arbitraire  $M$  :

$$\{\mathcal{C}(L_i)_{j/k}\}_M = \begin{Bmatrix} \alpha_i | u_i \\ \beta_i | v_i \\ \gamma_i | w_i \end{Bmatrix}_M$$

|                                                                                                                |                                                                                                                                                            |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $\{\vartheta(L_1)_{2/3}\}_O = \left\{ \begin{array}{c c} 0 & 0 \\ 0 & v_1 \\ 0 & 0 \end{array} \right\}_O$     | $\{\vartheta(L_2)_{2/1}\}_A = \left\{ \begin{array}{c c} 0 & 0 \\ \beta_2 & v_2 = \frac{Pas}{2 \times \pi} \times \beta_2 \\ 0 & 0 \end{array} \right\}_A$ |
| $\{\vartheta(L_3)_{1/3}\}_B = \left\{ \begin{array}{c c} 0 & 0 \\ \beta_3 & 0 \\ 0 & 0 \end{array} \right\}_B$ | $\{\vartheta(L_4)_{3/0}\}_C = \left\{ \begin{array}{c c} 0 & 0 \\ 0 & 0 \\ 0 & w_4 \end{array} \right\}_C$                                                 |

A-23. En se basant sur le graphe des liaisons (question A-21), écrire au point  $O$  l'équation torsorielle cinématique relative à la chaîne continue fermée.

Chaîne 1-2-3-1 :  $\{\vartheta(L_2)_{1/2}\}_O + \{\vartheta(L_1)_{2/3}\}_O + \{\vartheta(L_3)_{3/1}\}_O = \{0\}$ .....

A-24. Écrire, au point  $O$ , les torseurs cinématiques des différentes liaisons associées au graphe présenté Question A-21.

$$\{\vartheta(L_1)_{2/3}\}_O = \left\{ \begin{array}{c|c} 0 & 0 \\ 0 & v_1 \\ 0 & 0 \end{array} \right\}_O$$

$$\{\vartheta(L_2)_{1/2}\}_O = \left\{ \begin{array}{c|c} 0 & 0 \\ -\beta_2 & -v_2 = -\frac{Pas}{2 \times \pi} \times \beta_2 \\ 0 & 0 \end{array} \right\}_A + \begin{pmatrix} a \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix} \wedge \begin{pmatrix} 0 \\ -\beta_2 \\ 0 \end{pmatrix} = \left\{ \begin{array}{c|c} 0 & 0 \\ -\beta_2 & -\frac{Pas}{2 \times \pi} \times \beta_2 \\ 0 & -a \times \beta_2 \end{array} \right\}_O$$

$$\{\vartheta(L_3)_{3/1}\}_O = \left\{ \begin{array}{c|c} 0 & 0 \\ -\beta_3 & 0 \\ 0 & 0 \end{array} \right\}_B + \begin{pmatrix} a \\ b \\ 0 \end{pmatrix} \wedge \begin{pmatrix} 0 \\ -\beta_3 \\ 0 \end{pmatrix} = \left\{ \begin{array}{c|c} 0 & 0 \\ -\beta_3 & 0 \\ 0 & -a \times \beta_3 \end{array} \right\}_O$$

A-25. Déduire alors le système d'équations scalaires cinématiques.

(1)  $0=0$  ..... (4)  $0=0$  .....

(2)  $\beta_2 + \beta_3 = 0$  ..... (5)  $v_1 - \frac{Pas}{2 \times \pi} \times \beta_2 = 0$  .....

(3)  $0=0$  ..... (6)  $\beta_2 + \beta_3 = 0$  .....

A-26. Déduire à partir du système d'équations scalaires cinématiques (question A-25), le nombre de degré(s) de mobilité ( $m_c$ ) et le nombre de degré(s) d'hyperstaticité ( $h$ ) du mécanisme.

On rappelle que  $m_c = I_c - r_c$ ; avec  $I_c$ : le nombre de paramètres et  $r_c$ : le rang du système

$$m_c = 3 - 2 = 1$$

$$m_c = 1$$

$$m_c - h = I_c - E_c \Rightarrow 1 - h = 3 - 6 \Rightarrow h = 4$$

$$h = 4$$

A-27. Déterminer la loi « Entrée/Sortie » qui en découle.

$$v_1 = \frac{Pas}{2 \times \pi} \times \beta_2$$

♦ Section A4- Cotation fonctionnelle

A-28. Proposer un ajustement qualitatif pour chacun des assemblages suivants :

| (5)/(4)             | (1)/(2)                  | (14)/(16)                | (22)/(26)             | (20)/(22)             | (27)/(44)                | (3)/(2)                 |
|---------------------|--------------------------|--------------------------|-----------------------|-----------------------|--------------------------|-------------------------|
| $\varnothing H7 g6$ | $\varnothing H7 g6.....$ | $\varnothing H7 h6.....$ | $\varnothing N7.....$ | $\varnothing g6.....$ | $\varnothing H7 g6.....$ | $\varnothing H7 m6 ...$ |

A-29. Justifier l'existence de la cote condition  $J_a$  entre (39) et (37) (Figure 3)

Eviter le contact entre une pièce fixe et une pièce mobile

A-30. Tracer la chaîne de cotes relative à la cote condition  $J_{a \max}$ .

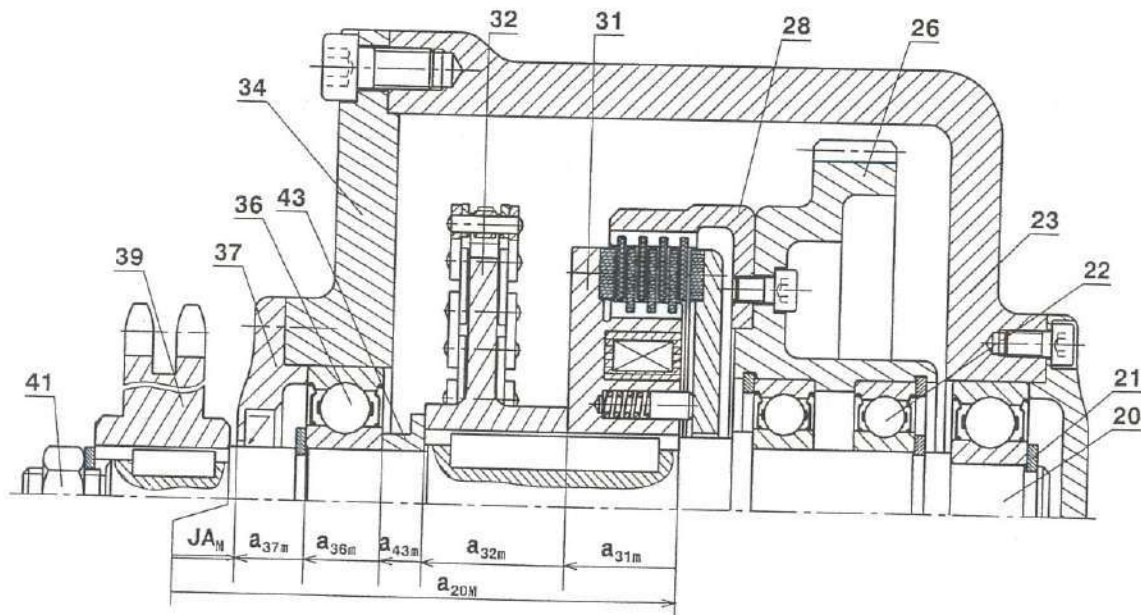


Figure. 3- Chaîne de cote

A-31. Écrire la relation permettant d'exprimer la cote condition  $J_{a \max}$ .

$$J_{a \max} = a_{20 \max} - a_{31 \min} - a_{32 \min} - a_{43 \min} - a_{36 \min} - a_{37 \min}$$

A-32. Établir la relation qui permet de déterminer l'intervalle de tolérance ( $IT$ ) de la cote condition  $J_a$ .

$$IT = IT_{20} + IT_{31} + IT_{32} + IT_{43} + IT_{36} + IT_{37}$$

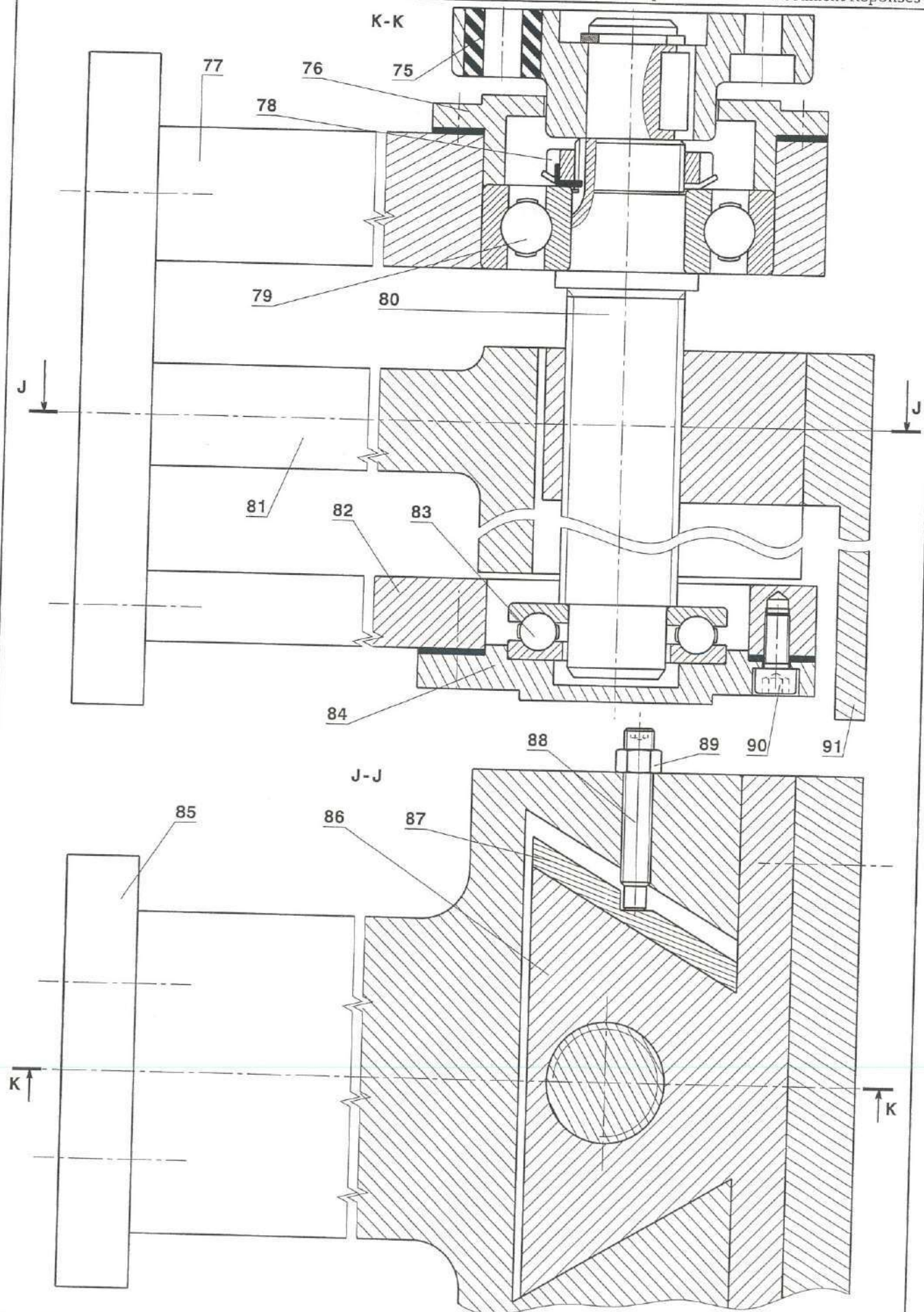
### ♦ Section A5- Étude graphique

A-33. On donne le dessin d'ensemble incomplet du chariot vertical représenté par le schéma cinématique (**Figure 03**).

En se basant sur la nomenclature ci-dessous, sur la *Feuille page 10/17*:

- Compléter le guidage en rotation de l'axe fileté (**80**),
- Compléter les éléments de rattrapage du jeu pour le système de guidage en queue d'aronde,
- Indiquer les ajustements nécessaires pour les solutions proposées.

|      |      |                                        |            |      |
|------|------|----------------------------------------|------------|------|
| 91   | 1    | Support mobile                         |            |      |
| 90   | 1    | Vis CHC M5                             |            |      |
| 89   | 1    | Écrou H M6                             |            |      |
| 88   | 1    | Vis de pression HC à téton long        |            |      |
| 87   | 1    | Cale de réglage de jeu                 |            |      |
| 86   | 1    | Queue d'aronde                         |            |      |
| 85   | 1    | Support chariot d'immersion verticale  | S235       |      |
| 84   | 1    | Couvercle butée à billes               |            |      |
| 83   | 1    | Butée à bielle à simple effet 20 TA 10 |            | SKF  |
| 82   | 1    | Support inférieur                      |            |      |
| 81   | 1    | Support queue d'aronde                 | S235       |      |
| 80   | 1    | Axe fileté                             | 35 Cr Mo 4 |      |
| 79   | 1    | Roulement à bille 25 BC 02             |            | SKF  |
| 78   | 1    | Écrou à encoches + rondelle            |            |      |
| 77   | 1    | Support haut                           |            |      |
| 76   | 1    | Couvercle roulement                    |            |      |
| 75   | 1    | Limiteur de couple                     |            |      |
| Rep. | Nbre | Désignation                            | Matériau   | Obs. |



Système de Galvanisation

Echelle 1:1

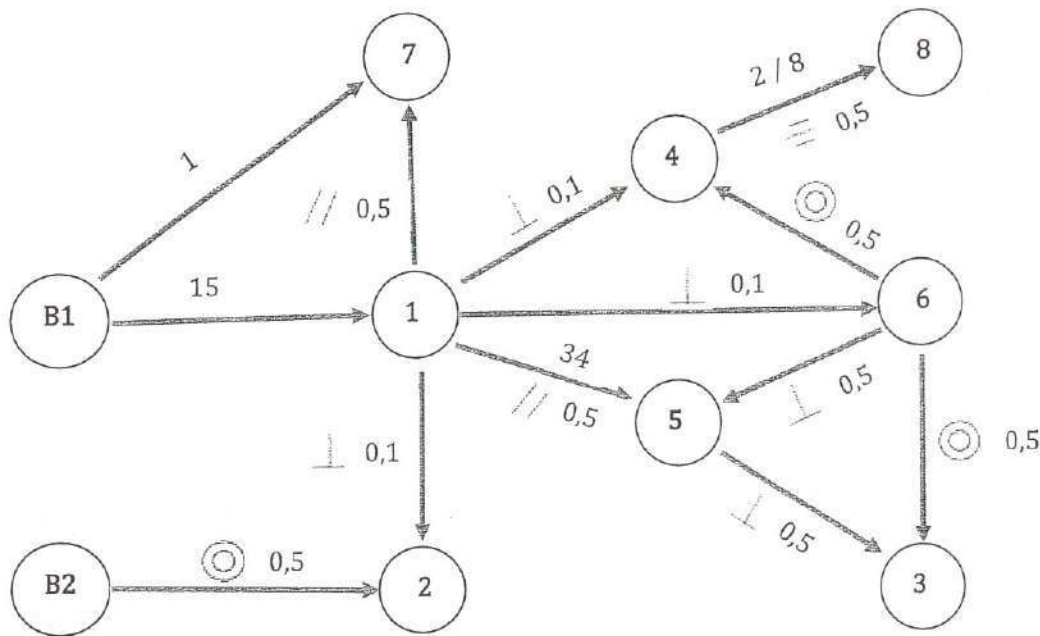
Session 2022

## Partie B : Fabrication Mécanique

### ◆ Section B.1- Élaboration de la gamme d'usinage de la cloche (2)

B-1. Compléter le graphe des contraintes d'antériorités entre les surfaces de la pièce.

N.B : Éviter les intersections des lignes de liaison sur le graphe.



B-2. Compléter le Tableau 2 des opérations élémentaires.

Tableau - 2 Opérations élémentaires

| Surfaces | Liaisons dimensionnelles aux surfaces |           | Spécifications géométriques |   |    |   | Opérations élémentaires | Symbole |
|----------|---------------------------------------|-----------|-----------------------------|---|----|---|-------------------------|---------|
|          | Brutes                                | Usinées   | ⊙                           | ⊥ | // | ≡ |                         |         |
| 1        | B1 : 15                               |           |                             |   |    |   | Finition directe        | 1F      |
| 2        |                                       |           | B2                          | 1 |    |   | Finition directe        | 2F      |
| 3        |                                       |           | 6                           | 5 |    |   | Finition directe        | 3F      |
| 4        |                                       |           | 6                           | 1 |    |   | Ebauche, Finition       | 4E, 4F  |
| 5        |                                       | 1 : 34    |                             | 6 | 1  |   | Finition directe        | 5F      |
| 6        |                                       |           |                             | 1 |    |   | Finition directe        | 6F      |
| 7        | B1 : 1                                |           |                             |   | 1  |   | Finition directe        | 7F      |
| 8        |                                       | 4 : 8 / 2 |                             |   |    | 4 | Finition directe        | 8F      |

B-3. Remplir le **Tableau 3** des niveaux de fabrication de la cloche (2)

| Il faut    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | Total | Niveaux  |    |                |          |          |    |
|------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-------|----------|----|----------------|----------|----------|----|
|            | B1 | B2 | 1F | 2F | 3F | 4E | 4F | 5F | 6F | 7F | 8F | 0     | 1        | 2  | 3              | 4        | 5        |    |
| Pour faire | B1 |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | 0     |          |    |                |          |          |    |
|            | B2 |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | 0     |          |    |                |          |          |    |
|            | 1F | 1  |    |    |    |    |    |    |    |    |    | 1     | 0        |    |                |          |          |    |
|            | 2F |    | 1  | 1  |    |    |    |    |    |    |    | 2     | 1        | 0  |                |          |          |    |
|            | 3F |    |    |    |    |    |    | 1  | 1  |    |    | 2     | 2        | 2  | 1              | 0        |          |    |
|            | 4E |    |    | 1  |    |    |    |    | 1  |    |    | 2     | 2        | 1  | 0              |          |          |    |
|            | 4F |    |    | 1  |    |    | 1  |    | 1  |    |    | 3     | 3        | 2  | 1              | 0        |          |    |
|            | 5F |    |    | 1  |    |    |    |    | 1  |    |    | 2     | 2        | 1  | 0              |          |          |    |
|            | 6F |    |    | 1  |    |    |    |    |    |    |    | 1     | 1        | 0  |                |          |          |    |
|            | 7F |    |    | 1  |    |    |    |    |    |    |    | 1     | 1        | 0  |                |          |          |    |
|            | 8F |    |    |    |    |    |    | 1  |    |    |    | 1     | 1        | 1  | 1              | 1        | 0        |    |
|            |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |       | B1<br>B2 | 1F | 2F<br>6F<br>7F | 4E<br>5F | 3F<br>4F | 8F |

B-4. Remplir les **Tableaux 4** et **5**, respectivement des groupements en phases et de la gamme d'usinage retenue.

Tableau - 4 Tableau des regroupements

| Niveaux | Surfaces                |
|---------|-------------------------|
| 0       | B1 B2 Obtention du brut |
| 1       | 1F                      |
| 2       | 2F 6F 7F                |
| 3       | 4E 5F                   |
| 4       | 4F 3F                   |
| 5       | 8F                      |

Tableau-5 Gamme d'usinage retenue

| Phase    | Désignation                 |
|----------|-----------------------------|
| Phase 10 | Contrôle du brut            |
| Phase 20 | Tournage (1F, 2F, 6F et 7F) |
| Phase 30 | Tournage (4E, 4F et 5F)     |
| Phase 40 | Taillage (3F)               |
| Phase 50 | Mortaisage / Brochage (8F)  |

B-5. Remplir la feuille de gamme d'usinage pour la **phase 20** en précisant

- le référentiel de mise en position (placer les normales de repérage sur le croquis).
- les côtes de fabrication sur le croquis.
- la machine utilisée.
- les outils de coupe et les instruments de contrôle.

| GAMME DE FABRICATION          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                      |                                                                                                                                                       |                      |
|-------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------|
| Ensemble : Limiteur de couple |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | Élément : Cloche (2) |                                                                                                                                                       | Matière : EN-GJL-250 |
| Phase                         | Désignation                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | Machines             | Outillages/ Instruments de contrôle                                                                                                                   | Croquis              |
| 10                            | Contrôle du brut                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                      |                                                                                                                                                       |                      |
| 20                            | <p>Tournage</p> <p>Référentiel de mise en position :<br/>Appui plan sur B1<br/>Centrage court sur B2</p> <p>Opérations :<br/>a) Dressage de 1F<br/>b) Alésage de 2F<br/>c) Alésage et dressage de 6F et 7F simultanément</p> <p>Cotation de fabrication :<br/>Cf1=15<br/>2Cf2=Ø50<br/>2Cf6=Ø18H7<br/>Cf7=1</p> | Tour                 | <p>Outil à dresser</p> <p>Outil à aléser</p> <p>Outil à aléser et dresser</p> <p>P.C.</p> <p>Tampon lisse double (TLD)</p> <p>Montage de contrôle</p> |                      |

### ◆ Section B.2- Étude de la coupe pour l'usinage de la cloche (2)

B-6. En utilisant le **Tableau 01**, choisir la vitesse de coupe  $V_c$  et l'avance par tour  $f$ , pour l'usinage de l'alésage 2 en  **finition**, avec un outil à plaquette rapportée.

$V_c = 135$   $m/min$

$f = 0.12$   $mm/tr$

B-7. Calculer la vitesse de rotation de la broche  $N$  nécessaire pour cette opération d'usinage (*pour les calculs, utiliser le diamètre final de l'alésage 2*).

$$N = 1000 \cdot V_c / (\pi \cdot D) = 1000 \cdot 135 / (3.1415 \cdot 50) = 859,87 \text{ tr/min}$$

$N = 859,44$   $tr/min$

B-8. À partir du **Tableau 02**, choisir les paramètres de réglage de la machine-outil ( $N_r$  et  $f_r$ ) (*prendre les valeurs les plus proches*).

Pour la vitesse de rotation, on choisit  $N=800$  tr/min

Pour la vitesse d'avance, on choisit  $f=0.1$  mm/min

$$N_r = 800$$

tr/min

$$f_r = 0,1$$

mm/tr

B-9. En déduire la vitesse de coupe réelle  $V_{cr}$  et la vitesse d'avance réelle  $V_{fr}$ .

$$V_{cr} = \pi \cdot D \cdot N_r / 1000 = 3.1415 \cdot 50 \cdot 800 / 1000 = 125,66 \text{ m/min}$$

$$V_{fr} = N_r \cdot f_r = 800 \cdot 0,1 = 80 \text{ mm/min}$$

$$V_{cr} = 125,66$$

m/min

$$V_{fr} = 80$$

mm/min

B-10. Déterminer l'effort de coupe  $F_c$  ( $F_c = K_s \cdot S$ ), sachant que la pression spécifique de coupe  $K_s = 250 \text{ daN/mm}^2$  et la profondeur de passe  $a_p = 1 \text{ mm}$ .

$$F_c = K_s \cdot S = K_s \cdot f_r \cdot a_p = 2500 \cdot 0,1 \cdot 1 = 250 \text{ N}$$

$$F_c = 250$$

N

B-11. Sachant que la machine-outil a une puissance maximale à la broche  $P_{max} = 2 \text{ kW}$  avec un rendement de 80%, justifier si elle est capable d'assurer l'opération d'usinage.

$$P_c = F_c \cdot V_{cr} / 60000 = 250 \cdot 125,66 / 60000 = 0,52 \text{ kW}$$

$$P_u = P_c / \eta = 0,52 / 0,8 = 0,65 \text{ kW} \ll P_{max}$$

La machine est capable de réaliser cette opération

B-12. À partir du **Tableau 03**, déterminer les paramètres de la loi de Taylor simplifiée.

a- Calculer l'exposant  $n$

$$n = (\log T_1 - \log T_2) / (\log V_{c1} - \log V_{c2})$$

$$n = (\log 13 - \log 5) / (\log 175 - \log 225) = -3,80$$

$$n = -3,80$$

b- Déduire la constante  $C_v$

$$C_v = T_1 \cdot (V_{c1})^{-n} = 13 \cdot 175^{3,80} = 4339982090$$

$$C_v = 4339982090$$

**B-13.** Calculer le temps total d'usinage  $T_t$  d'une **arête** de coupe de cet outil.

$$T_t = C_v \cdot (V_{cr})^n = 4339982090 \cdot (125.66)^{-3.80} = 45,77 \text{ min}$$

$$T_t = 45,77 \quad \text{min}$$

**B-14.** Sachant qu'on utilise des plaquettes **rhombiques** et **réversibles**, déterminer le nombre d'arêtes  $n_a$  utilisables par plaquette.

Plaquette rhombiques alors deux positions possible. Plaquette réversible alors deux faces possibles

$$n_a = 2 \cdot 2 = 4$$

$$n_a = 4$$

**B-15.** Déterminer le temps de coupe  $T_c$  pour l'usinage de l'alésage 2.

$$T_c = 60 \cdot L_r / V_{fr} = 60 \cdot 5,5 / 80 = 4,13 \text{ s}$$

$$T_c = 4,13 \quad \text{s}$$

**B-16.** Déterminer le nombre de plaquettes  $n_p$  nécessaire à l'usinage de la série de pièces.

$$n_p = 200 \cdot 12 \cdot T_c / (60 \cdot T_t \cdot n_a) = 2400 \cdot 4,13 / (60 \cdot 45,77 \cdot 4) = 0,90$$

On prendra  $n_p = 1$

$$n_p = 1$$

**B-17.** Déterminer le nombre maximum  $n_{max}$  de pièces usinées avant le changement de l'arête de coupe de l'outil.

$$n_{max} = 60 \cdot T_t / T_c = 60 \cdot 45,77 / 4,13 = 664,94$$

On prendra  $n_{max} = 664$

$$n_{max} = 664 \quad \text{pièces usinées}$$

♦ Section B.3- Étude de l'usinage par machine CNC de la cloche (2)

B-18. Compléter le programme d'usinage ou le commentaire associé aux surfaces 1, 2, 6 et 7 usinées avec le même outil de coupe. Le cycle d'usinage est représenté sur le document DT-04.

| Programme                   | Commentaires                                 |
|-----------------------------|----------------------------------------------|
| % 2022                      | Programme numéro 2022                        |
| N10 G40 G71 G80 G90 G95 G97 | Bloc d'initialisation                        |
| N20 G00 G52 X0 Z0           | Dégagement de l'outil vers l'origine mesure  |
| N30 T01 D01 M6              | Choix et mise en place outil 01 + correcteur |
| N40 G00 X68 Z0              | Avance rapide vers le point (a)              |
| N50 M03 S1800               | Rotation broche sens horaire à 1800 tr/min   |
| N60 F0.1 M8 (ou M7)         | Avance de 0.1 mm/tr et activer lubrification |
| N70 G01 X50                 | Dressage vers Point (b)                      |
| N80 Z-7.5                   | Alésage vers Point (c)                       |
| N90 G00 X18 Z-10.5          | Avance rapide vers le point (d)              |
| N100 G01 Z-16               | Alésage vers Point (e)                       |
| N110 X6                     | Dressage vers Point (f)                      |
| N120 M5 M9                  | Arrêter rotation broche et lubrification     |
| N130 G00 Z2                 | Dégagement rapide vers Point (g)             |
| N140 G0 G52 X0 Z0           | Dégagement de l'outil vers l'origine mesure  |
| N150 M02 (ou M30)           | Fin du programme                             |

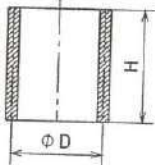
♦ Section B.4- Étude de l'obtention du cache moteur

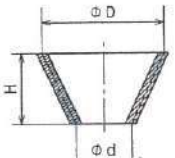
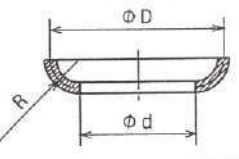
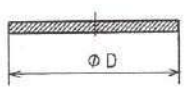
B-19. Donner la signification de la désignation du matériau S235.

Acier non allié d'usage général avec  $R_e = 235 \text{ MPa}$

B-20. En se basant sur le document (DT-05), décomposer le cache moteur en éléments élémentaires et compléter le Tableau 5.

Tableau - 5 Tableau de calcul des surfaces élémentaires du cache moteur

| Croquis de l'élément                                                                | Expression analytique ( $\frac{4}{\pi} S_i$ ) | Calcul                            |
|-------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|-----------------------------------|
|  | $= 4 * D * H$                                 | $= 4 \times 90 \times 30 = 10800$ |

|                                                                                   |                                          |                                                                             |
|-----------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|
|  | $2(D+d)\sqrt{H^2 + \frac{(D-d)^2}{4}}$   | $= 2(90+80)\sqrt{20^2 + \frac{(90-80)^2}{4}}$<br>$= 340\sqrt{425} = 7007,5$ |
|  | $2\pi R(d + 1,3R)$<br>$2\pi R(D - 0,7R)$ | $= 2\pi * 10 * (60 + 1,3 * 10)$<br>$= 20\pi * 780 = 4586,7$                 |
|  | $D^2$                                    | $= 60^2 = 3600$                                                             |

B-21. Déterminer le diamètre du flan  $D_f$ .

$$D_f = \sqrt{\sum \frac{4}{\pi} S_i} = \sqrt{10800 + 7007,5 + 4586,7 + 3600} = \sqrt{25999,2} = 161,24 \text{ mm}$$

$$D_f = 161,24 \quad \text{mm}$$

B-22. Calculer l'effort de poinçonnage du flan circulaire  $F_p$ .

$$F_p = P * e * R_c \text{ avec } P = \pi * D_f$$

$$= \pi * D_f * e * R_c = \pi * 161,24 * 1 * 240 = 121572 \text{ N}$$

$$F_p = 121572 \quad \text{N}$$

B-23. Calculer l'effort d'emboutissage  $F_E$ .

$$F_E = k * \pi * d_1 * e * R_r$$

$$= 0,55 * \pi * 90 * 1 * 300 = 50893,8 \text{ N}$$

$$F_E = 46652,65 \quad \text{N}$$

B-24. Calculer l'effort du serre-flan  $F_{sf}$ .

$$F_{sf} = \frac{\pi}{4} * (D_f^2 - d_1^2) * P_{sf}$$

$$= \frac{\pi}{4} * (161,24^2 - 90^2) * 2,5 = 35143 \text{ N}$$

$$F_{sf} = 35143 \quad \text{N}$$

B-25. Proposer un procédé de mise en forme permettant l'obtention des orifices d'aérations.

Poinçonnage à l'aide d'un poinçon de section carrée