

▪ Étude de la phase «Prise directe»

On se met dans la phase correspondant à la prise directe assurée par l'actionnement de l'embrayage pour transmettre un couple moteur maximal  $C_e = 270 \text{ N.m}$  par l'intermédiaire de la roue libre (Figure 1). Cet actionnement est assuré par quatre ressorts (5) développant une force axiale  $F_r = 600 \text{ N}$

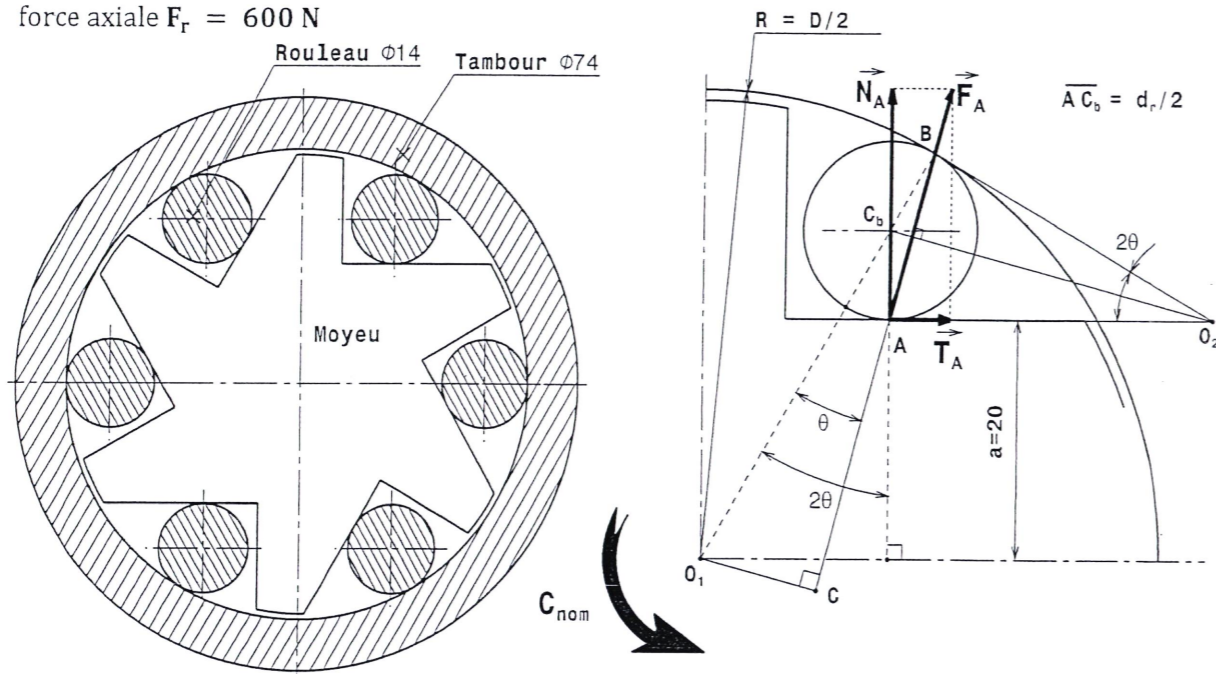


Figure. 1- Roue libre (24)

A.23. Déterminer puis calculer l'angle  $\theta$  en fonction des paramètres géométriques de la roue libre (24).

$\cos 2\theta = \frac{a + \frac{d}{2}}{R - \frac{d}{2}}$  .....

$\cos 2\theta = \frac{20 + \frac{14}{2}}{37 - \frac{14}{2}}$  donc  $\theta = 12,92^\circ$  .....

AN:  $\theta = 12,92 \dots \dots \dots^\circ$

Dans la suite on prendra  $\theta = 13^\circ$ .

A.24. Donner l'expression du couple nominal sur la roue libre  $C_{nom}$  en fonction de la force  $\vec{F}_A$ , du rayon du tambour  $R$ , de l'angle  $\theta$  et du nombre de rouleaux  $n$ .

$C_{nom} = n \cdot F_A \cdot \overline{O_1C}$  .....

$C_{nom} = n \cdot F_A \cdot R \sin \theta$  .....

Expression:  $C_{nom} = C_{nom} = n \cdot F_A \cdot R \sin \theta \dots \dots$

A.25. Exprimer le couple  $C_{nom}$  en fonction des forces  $N_A$  et  $T_A$ , du rayon  $R$ , de l'angle  $\theta$  et du nombre de rouleaux  $n$ .

$F_A = \sqrt{N_A^2 + T_A^2}$  .....

$C_{nom} = n \cdot \sqrt{N_A^2 + T_A^2} \cdot R \sin \theta$  .....

Expression:  $C_{nom} = n \cdot \sqrt{N_A^2 + T_A^2} \cdot R \sin \theta \dots \dots$

A.26. Exprimer le couple  $C_{nom}$  en fonction de la force  $N_A$ , du coefficient de frottement  $f$ , du rayon  $R$ , de l'angle  $\theta$  et du nombre de rouleaux  $n$ .

$F_A = \sqrt{N_A^2 + T_A^2} = N_A \sqrt{1 + f^2}$  .....

$C_{nom} = n \cdot N_A \sqrt{1 + f^2} \cdot R \sin \theta$  .....

Expression:  $C_{nom} = n \cdot N_A \sqrt{1 + f^2} \cdot R \sin \theta \dots \dots$

A.27. Calculer le couple nominal transmis par la roue libre  $C_{nom}$ .

$C_{nom} = 6.5300 \cdot \sqrt{1 + 0,1^2} \cdot 37 \cdot 10^{-3} \sin 13 = 266 \text{ Nm}$  .....

AN:  $C_{nom} = 266 \dots \dots \dots \text{N.m}$

A.28. Comparer la valeur du couple nominal  $C_{nom}$  à celle du couple d'entrée à l'overdrive  $C_e$ , puis déterminer le rendement du système.

$C_{nom} < C_e$  .....

$\eta = \frac{C_{nom} \times \omega_{19}}{C_e \times \omega_1}$  or pour la phase prise directe  $\omega_{19} = \omega_1$  .....

$\eta = \frac{C_{nom}}{C_e} = \frac{266}{\frac{30 \times P}{\pi \times N}} = \frac{266}{\frac{30 \times 70 \times 10^3}{\pi \times 2500}} = 0,99$  .....

◆ Section A.III- Analyse des mécanismes

A.29-A-30. Tracer le graphe de liaisons (Figure 2) relatif à la phase « Vitesse surmultipliée » en se référant au schéma cinématique Figure 04 (Page 5/7), sachant que l'engrènement entre les dents des roues est modélisé par une liaison ponctuelle.

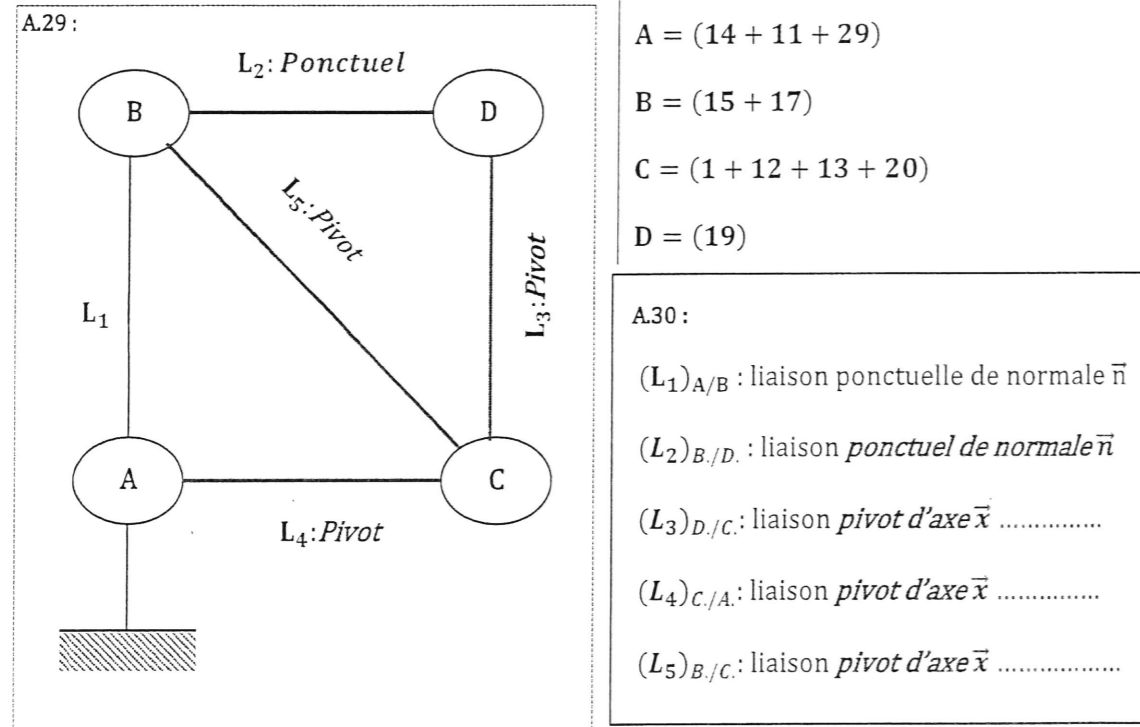


Figure. 2- Graphe de liaisons

A.31. Exprimer le nombre cyclomatique ( $\gamma$ ) en fonction du nombre de pièces et des liaisons. Donner la valeur de  $\gamma$ .

Expression:  $\gamma = L - p + 1 = 5 - 4 + 1 = 2$  γ = 2

A.32. Sachant que le degré de mobilité global du système  $m = 2$ , déterminer le degré d'hyperstatistité  $h$  du mécanisme.

$m - h = 6(p - 1) - N_s$

Expression:  $2 - h = 6(4 - 1) - 17$  h = 1

A.33. Proposer une solution pour rendre le système isostatique.

Remplacer la liaison pivot ..... par une liaison pivot glissant .....

A.19. Calculer l'effort presseur  $F_a$  permettant de produire un couple d'adhérence  $C_{ad} = Cf = 200 \text{ N.m}$ .

$F_a = \frac{3}{2} \frac{\sin \alpha}{f} \frac{R^2 - r^2}{R^3 - r^3} C_{ad}$  .....

$F_a = \frac{3}{2} \frac{\sin(11)}{0.3} \frac{68^2 - 65^2}{68^3 - 65^3} 200 \cdot 10^3 = 1912,54 \text{ N}$  .....

AN: F<sub>a</sub> = 1912,54 .....N

A.20. Calculer la pression de contact  $P$  au niveau de la surface de friction du frein puis conclure sur la résistance de cette surface.

$P = \frac{F_a}{\pi(R^2 - r^2)} = \frac{1912,54}{\pi(68^2 - 65^2)} = 1,52 \text{ MPa}$  .....

AN: P = 1,52 .....MPa

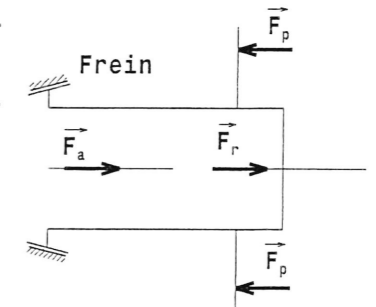
Conclusion:  $P < P_{add}$ : les garnitures résistent en toute sécurité .....

A.21. Pour une pré-charge  $F_r = 600 \text{ N}$  au niveau des quatre ressorts (5), calculer l'effort  $F_p$  que doit fournir chacun des deux pistons (27) des deux vérins commandant le frein.

$F_a + F_r - 2 \cdot F_p = 0$  .....

$F_p = \frac{F_a + F_r}{2}$  .....

$F_p = \frac{1912,54 + 600}{2} = 1256,27 \text{ N}$  .....



AN: F<sub>p</sub> = 1256,27 .....N

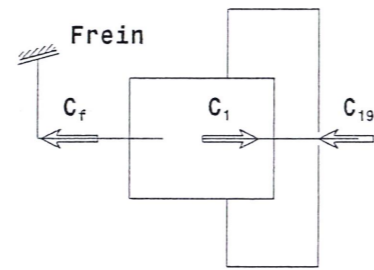
A.22. Calculer la pression de commande de l'huile  $P_h$  alimentant les deux vérins commandés par les deux pistons (27).

$P_h = \frac{2 \cdot F_p}{S} = \frac{2 \cdot F_p}{\frac{\pi d^2}{4}}$  .....

$P_h = \frac{2 \cdot 1256,25}{\frac{\pi \cdot 25^2}{4}} = 1,45 \text{ MPa}$  .....

AN: P<sub>h</sub> = 1,45 .....MPa

A.13. Établir la relation, en mesure algébrique, traduisant l'équilibre des moments des actions mécaniques ( $C_1, C_{19}, C_f$ ) exercées sur l'ensemble du train d'engrenages.



Expression :  $\overline{C_1} + \overline{C_{19}} + \overline{C_f} = 0$  .....

A.14. Écrire la relation, en mesure algébrique, entre  $C_1$  et  $C_{19}$ , issue de l'application du théorème de la conservation de l'énergie cinétique à l'ensemble du train d'engrenages (les vitesses des différentes pièces sont supposées constantes).

Expression :  $\overline{C_m} \cdot \overline{\omega_m} + \overline{C_s} \cdot \overline{\omega_s} = 0$  .....

A.15-A16. Déduire alors les équations permettant de calculer les couples  $C_{19}$  et  $C_f$  en fonction de  $C_1$ .

$\overline{C_{19}} = -\frac{\overline{\omega_1}}{\overline{\omega_{19}}} \cdot \overline{C_1}$  .....

$\overline{C_f} = -\overline{C_1} - \overline{C_{19}}$  .....

$\overline{C_f} = \left(\frac{\overline{\omega_1}}{\overline{\omega_{19}}} - 1\right) \cdot \overline{C_1} = \frac{z_{15} \cdot z_{19}}{z_{15} \cdot z_{19} + z_{29} \cdot z_{17}} \cdot \overline{C_1}$  .....

A.15: Expression :  $C_{19} = -\frac{\overline{\omega_1}}{\overline{\omega_{19}}} \cdot \overline{C_1}$  .....

A.16: Expression :  $C_f = \frac{z_{15} \cdot z_{19}}{z_{15} \cdot z_{19} + z_{29} \cdot z_{17}} \cdot \overline{C_1}$  .....

A.17. Calculer le couple de freinage  $C_f$

$$C_f = \frac{22 \times 56}{22 \times 56 + 19 \times 15} \times \frac{30 \times 70 \times 10^3}{\pi \times 2500} = 217,147 \text{ Nm}$$

A.18. Établir l'expression du couple d'adhérence  $C_{ad}$  développé par le frein conique.

Expression :  $C_{ad} = \frac{2}{3} \frac{f}{\sin \alpha} F a \frac{R^3 - r^3}{R^2 - r^2}$  .....

♦ Section A.IV- Cotation fonctionnelle

A.34. Proposer un ajustement qualitatif pour chacun des assemblages suivants :

(35)/(36)	(1)/(39)	(1)/(7)	(9)/(11)	(13)/(20)
$\varnothing H7 g6$ .....	$\varnothing H7 g6$	$\varnothing H7 f6$	$\varnothing k6$ ou $m6$	$\varnothing H7 m6$

A.35. Justifier l'existence de la cote condition  $J_a$  entre (20') et (17) (Voir Figure 3)

Eviter le contact entre une pièce fixe et une pièce mobile .....

A.36. Tracer la chaîne de cotes relative à la cote condition  $J_a$ .

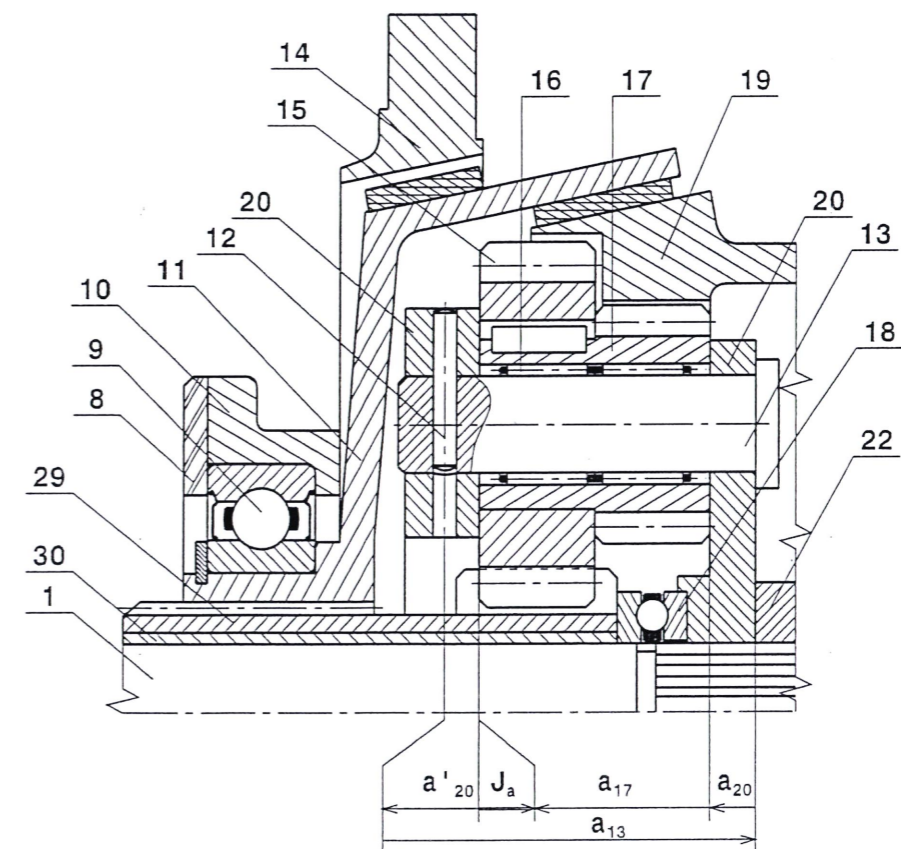


Figure. 3- Chaîne de cotes

A.37. Écrire la relation permettant d'exprimer la cote condition  $J_a$ .

$J_a = J_a = a_{13} - a_{20} - a_{17} - a'_{20}$  .....

A.38. Établir la relation qui permet de déterminer l'intervalle de tolérance (IT) de la cote condition  $J_a$ .

$IT = IT = IT_{13} + IT_{20} + IT_{17} + IT_{20'}$  .....

◆ Section A.V- Étude graphique

▪ Étude de conception

On donne le dessin d'ensemble incomplet du bout de l'overdrive. En se basant sur la nomenclature de la Feuille page 10/19, on demande de :

A.39. Compléter le guidage en rotation entre la pièce (19) et les pièces (23) et (44).

A.40. Compléter la liaison encastrement entre la pièce (19) et la roue (45).

A.41. Compléter la liaison encastrement entre la pièce (19) et la cloche (50).

A.42. Prévoir le réglage entre la vis sans fin (53) et la roue (45).

A.43. Prévoir le réglage pour le montage du roulement (47).

A.44. Indiquer les ajustements nécessaires pour les solutions proposées.

▪ Dessin de définition

On donne le dessin de définition du guide (35) représenté par :

- La vue de face incomplète,
- La vue de dessus complète.

En se basant sur les données de la Feuille page 11/19, on demande de:

A.45. Compléter à l'échelle 3 : 1, la vue de face en demi-coupe F-F;

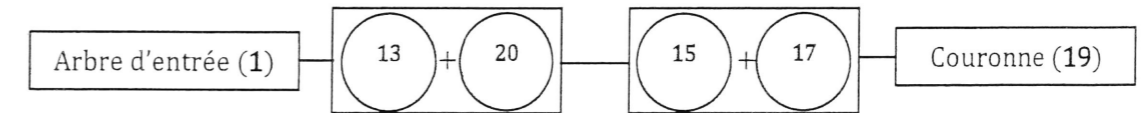
A.46. Représenter la section sortie,

A.47. Mettre en place les tolérances géométriques et dimensionnelles demandées.

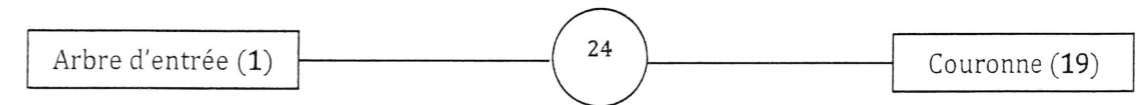
◆ Section A.II- Étude de la chaîne de transmission de mouvement et de puissance

A.10. En se référant au dessin d'ensemble (DT-01), compléter le diagramme fonctionnel associé à la chaîne de transmission de puissance pour chacune des deux phases.

- Phase « Vitesse surmultipliée »



- Phase « Prise directe » :



▪ Étude de la phase «Vitesse surmultipliée»

Pour cette phase, l'actionnement du frein permet, à travers l'ensemble du train d'engrenages composé par les pièces {13, 15, 17, 19, 20, 29}, de multiplier la vitesse angulaire fournie par l'arbre d'entrée (1). On désignera par :

- $C_1$  : le couple moteur exercé sur l'arbre d'entrée (1) tournant à une vitesse  $\omega_e$ .
- $C_{19}$  : le couple résistant exercé sur l'arbre de sortie (19) tournant à une vitesse  $\omega_s$ .
- $C_f$  : le couple de freinage exercé sur le tambour conique (11).

A.11. Identifier les repères relatifs aux organes constituant le train épicycloïdal (se référer au dessin d'ensemble DT-01).

Organes	planétaires		Satellites	Porte satellite
Repères	29	19	15 et 17	20

A.12. En appliquant la formule de Willis, établir la relation entre les vitesses angulaires de l'arbre d'entrée (1) et la couronne de sortie (19) en fonction de leurs nombres des dents.

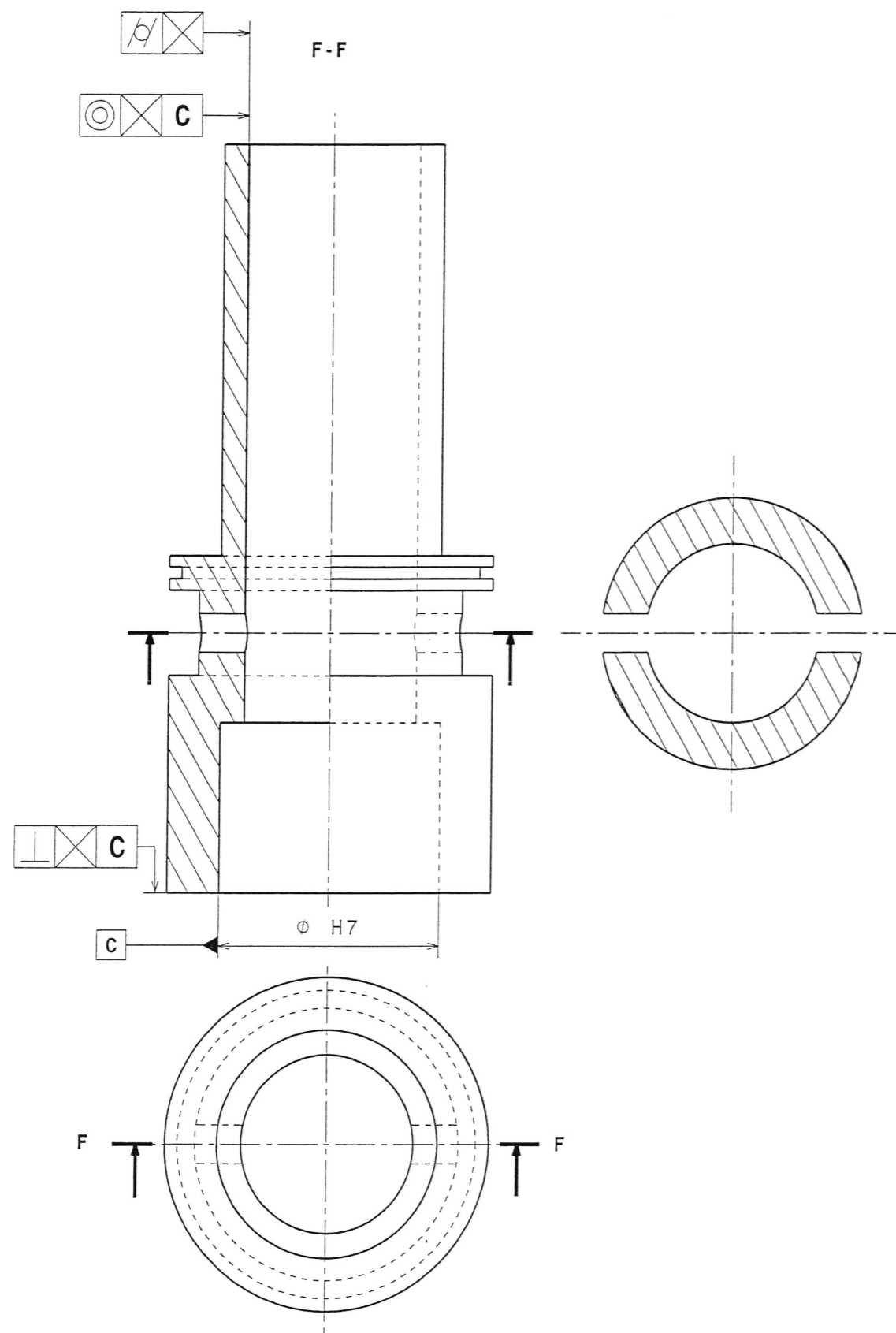
$$\frac{\omega_{19} - \omega_{20}}{\omega_{29} - \omega_{20}} = \frac{\omega_{19} - \omega_1}{\omega_{29} - \omega_1} = (-1) \frac{Z_{29} \cdot Z_{17}}{Z_{15} \cdot Z_{19}} \dots \dots \dots$$

$$\text{Or } \omega_{29} = 0 \quad \omega_{20} = \left(1 + \frac{Z_{29} \cdot Z_{17}}{Z_{15} \cdot Z_{19}}\right) \omega_1 \dots \dots \dots$$

Expression :

$$\frac{\omega_{19}}{\omega_1} = \left(1 + \frac{Z_{29} \cdot Z_{17}}{Z_{15} \cdot Z_{19}}\right) \dots \dots \dots$$





# Dossier

## Document Réponses

- ◆ Ce dossier comporte 19 pages numérotées de 1 à 19
  - Partie A- Conception Mécanique : Page 1/19 à 11/19
  - Partie B- Fabrication Mécanique : Page 12/19 à 19/19

### Recommandations aux candidats

- ◆ Si le texte du sujet, de ses questions ou de ses données vous conduit à formuler une ou plusieurs hypothèses, il vous est demandé de la (les) mentionner explicitement dans votre copie.
- ◆ 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 tentative de fraude.
- ◆ Le renouvellement ou la reproduction de ce dossier sont strictement interdits.

Echelle 3:1

Guide (35)

Session 2023

Matière: X2 Cr Ni Mo 18 8

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

Concours Techno - Epreuve C.F.M

Etude d'un Overdrive

Format A4



Signature des enseignants

## Partie B : Fabrication Mécanique

### ◆ Section B.I – Étude des Matériaux

B.1-B.6. En se référant aux données de la Figure 05 (Page 6/7), déterminer les caractéristiques mécaniques relatives au matériau du couvercle de support (8). Préciser les unités.

Tableau. 2- Caractéristiques mécaniques

N°	Caractéristique	Désignation	Valeur	Unité
B.1:	Module d'Young	E	50-60 .....	MPa.....
B.2:	Limite d'élasticité	R <sub>e</sub>	190-230 .....	MPa.....
B.3:	Limite d'élasticité proportionnelle	R <sub>e0,2%</sub>	260-270 .....	MPa.....
B.4:	Résistance à la traction	R <sub>m</sub>	320-330 .....	MPa.....
B.5:	Contrainte à 1% de déformation	R <sub>1%</sub>	285-295 .....	MPa.....
B.6:	Déformation permanente après rupture	A	5,9-6,0 .....	% .....

B.7-B.9. Parmi les propriétés mécaniques suivantes, compléter le Tableau 3, en précisant la (les) caractéristique(s) mécanique(s) associée(s).

Caractéristiques mécaniques proposées :

- E Faible
- Allongement faible ou nul
- E élevé
- R<sub>m</sub> ou R<sub>e</sub> élevé
- Allongement élevé.
- R<sub>m</sub> ou R<sub>e</sub> faible.

Tableau. 3- Propriétés et caractéristiques mécaniques des matériaux

N°	Propriété mécanique	Caractéristique mécanique
B.7:	Ductilité	Allongement élevé .....
B.8:	Fragilité	A% faible ou nul .....
B.9:	Faible résistance	R <sub>m</sub> ou R <sub>e</sub> faible.....

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

Session : 2023

Concours : Technologie

Épreuve de : Conception & Fabrication Mécanique

Date : Mardi 06 Juin 2023 à 8H 00

Durée : 4 Heures

## Document Réponses

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

Session : 2023

Concours : Technologie

Épreuve de : Conception & Fabrication Mécanique

Date : Mardi 06 Juin 2023 à 8H 00

Durée : 4Heures

Nom : .....

Prénom : .....

Date & Lieu de naissance : .....

Établissement d'origine : .....

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

--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Série : 

--	--	--

Identifiant : 

--	--	--	--	--	--

Ne rien écrire ici

Nombre de Cahiers remis
01

Nombre de Cahiers remis
01

Ne rien écrire ici

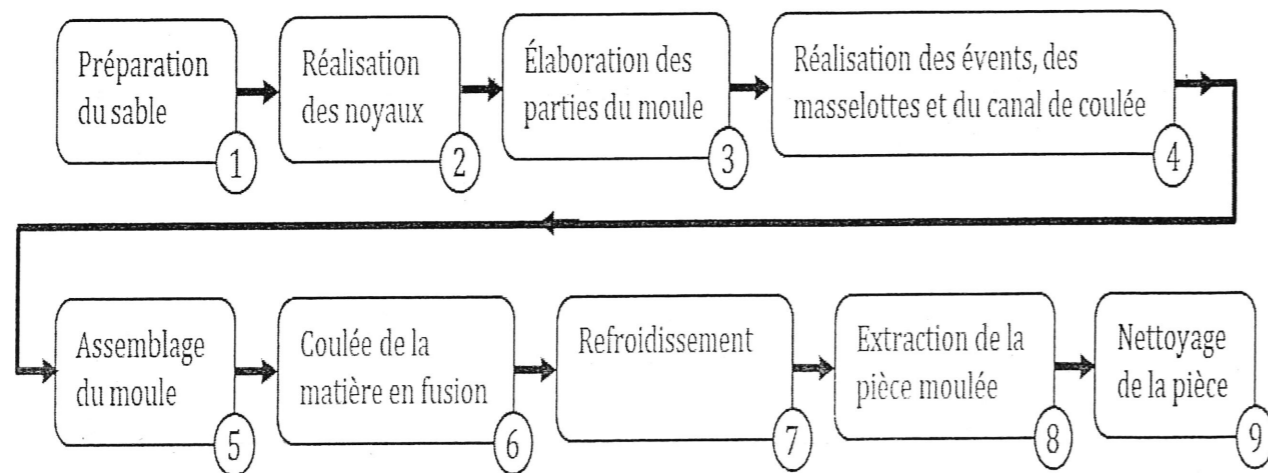
B.10-B.15. Donner la signification détaillée des désignations des alliages suivants définis dans le Tableau 4.

Tableau. 4- Désignation des matériaux

N°	Désignation	Explication de la désignation
B.10 :	36 Ni Cr Mo 16	Acier faiblement allié à 0,36% de carbone, 4% de nickel..... et quelques traces de chrome et de molybdène. ....
B.11 :	GC40	Acier moulé non allié à 0.4% de carbone. ....
B.12 :	EN GJN X300 Cr Ni Si 9-5-2	Fonte blanche sans graphite à 3% de carbone, 9% de Chrome, 5% de nickel et 2% de silicium. ....
B.13 :	EN AW-Al Mg1Cu 5 Si 1	Alliages d'aluminium corroyé à 1% de Magnésium, 5% de cuivre et 1% de silicium. ....
B.14 :	Cu Zn 39 Pb 2	Alliage de cuivre (laiton) à 39% de zinc et 2% de plomb. ....
B.15 :	X 5 Cr Ni Mo 17-12	Acier fortement allié à 0,05% de carbone, 17% de chrome, 12% de nickel et quelque trace de molybdène .....
	42CrMo4	Acier faiblement allié à 0.42% de carbone, 1% de chrome ..... et quelque trace de molybdène. ....

♦ Section B.II- Étude de la coupe en fraisage

B.16-B.21. La cloche (50) est obtenue par le procédé de moulage en sable. Indiquer les différentes étapes de ce procédé dans l'ordre chronologique.



Le principe de l'enlèvement de copeaux lors d'une opération de fraisage en bout est présenté dans le document DT-05. Les points 1, 2, 3 et 4, au milieu des arcs, représentent les points de passages respectivement des dents 1, 2, 3 et 4.

Pour simplifier l'étude, on suppose que :

- Les trajectoires des dents de la fraise sont assimilées à des arcs de cercle,
- La composante de l'effort de coupe suivant le mouvement d'avance est négligeable, ce qui se traduit par  $(V_c \gg V_f)$ .

L'effort de coupe maximal en fraisage en bout par dent engagée  $F_{C_{Max}}$  est donné par l'expression suivante :

$$F_{C_{Max}} = K_c \cdot \frac{a_p \cdot a_e \cdot f_z}{\pi \cdot D}$$

Avec :

- $a_p$  : profondeur de passe axiale,
- $a_e$  : engagement en coupe (largeur fraisée),
- $f_z$  : avance par dent,
- $K_c$  : pression spécifique de coupe,
- $D$  : diamètre de la fraise.

Par ailleurs, l'évolution de l'effort de coupe par dent d'une fraise 2T, au cours de l'usinage d'une rainure droite, pendant un tour, est représentée par la courbe de la Figure 06.

$t_\beta$  représente le temps d'engagement d'une dent (la durée d'engagement).

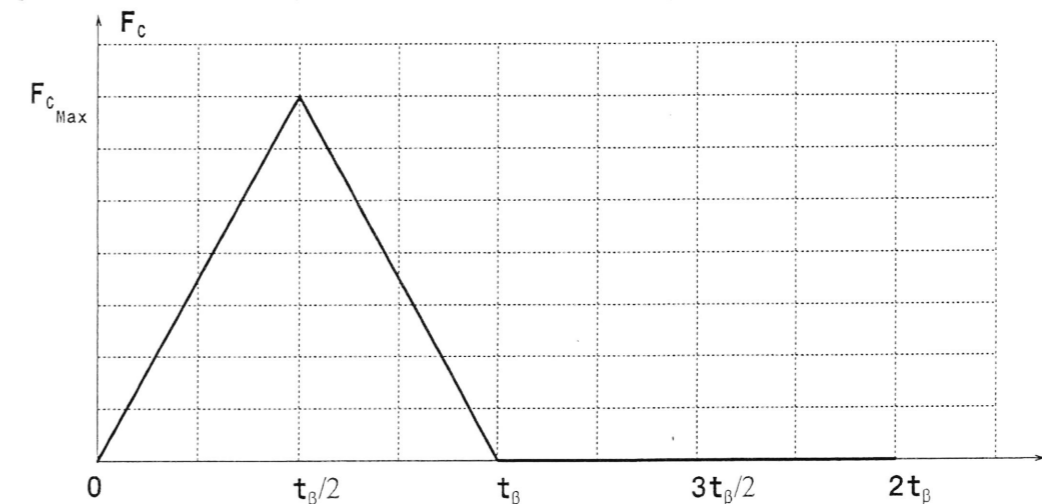


Figure. 06- Évolution de l'effort de coupe par dent pendant un tour de la fraise

Section B.III-Élaboration d'un contrat de phase

Dans cette section on se propose d'élaborer le contrat de phase de la cloche (50) permettant l'usinage des deux rainures A et A' (DT-04) sur un centre d'usinage vertical à 4 axes. Le candidat est appelé à compléter la feuille du contrat de phase (Page 19/19).

### Partie B : Fabrication Mécanique

Cette partie est composée de trois sections désignées successivement par :

- Étude des matériaux,
- Étude de la coupe en fraisage,
- Élaboration d'un contrat de phase.

#### Section B.I- Étude des matériaux

L'objectif principal de cette section est de déterminer les caractéristiques mécaniques du couvercle de support (8) à partir de la courbe conventionnelle de traction d'une éprouvette normalisée du matériau de cette pièce (Figure 05).

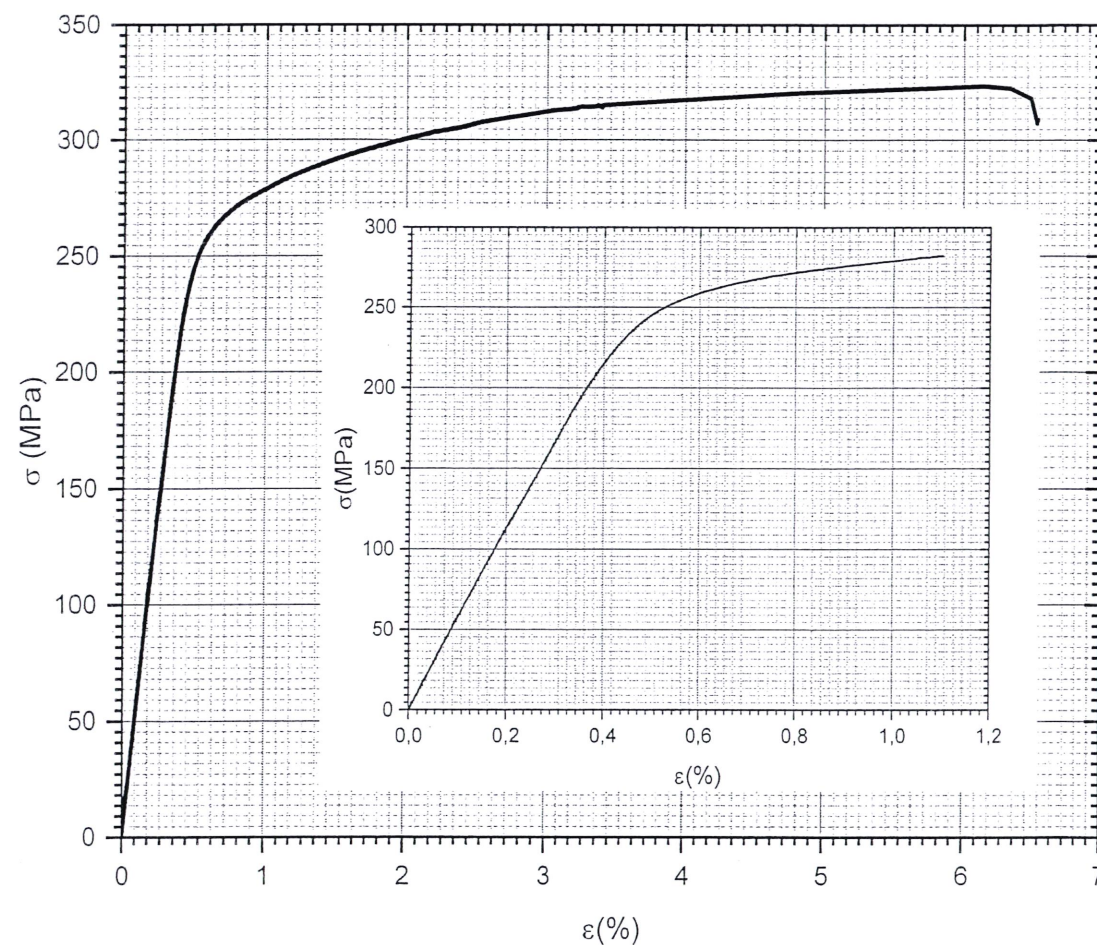


Figure. 05- Courbe de traction conventionnelle

Dans la suite :

- Toutes les grandeurs ayant un indice 2 (par exemple  $B_2$ ) sont associées à la fraise 2T à 2 dents, tandis que les grandeurs ayant un indice 4 (par exemple  $B_4$ ) sont associées à la fraise 2T à 4 dents.
- Le résultat du calcul numérique sera présenté avec une précision de deux chiffres décimaux

B.22. En utilisant le Tableau (Document DT-05), choisir la vitesse de coupe  $V_c$  et l'avance par dent  $f_z$ , pour l'usinage des deux rainures A et A' (DT-04) en finition directe (en une seule passe).

$V_c = 20$  ..... m/min

$f_z = 0,06$  ..... mm/dent

B.23. Calculer la vitesse de rotation N en tr/min, nécessaire pour cette opération d'usinage.

$N = 1000 \cdot V_c / (\pi \cdot D) = 1000 \cdot 20 / (3.1415 \cdot 16) = 397,89$  tr/min .....

$N = 397,89$  ..... tr/min

B.24. Calculer les vitesses d'avance  $V_{f_2}$  et  $V_{f_4}$ , en mm/min.

$V_{f_2} = Z_2 \cdot N \cdot f_{z2} = 2 \cdot 397,89 \cdot 0,06 = 47,95$  mm/min .....

$V_{f_4} = Z_4 \cdot N \cdot f_{z4} = 4 \cdot 397,89 \cdot 0,06 = 95,49$  mm/min .....

$V_{f_2} = 47,75$  ..... mm/min

$V_{f_4} = 95,49$  ..... mm/min

B.25. Calculer le temps de coupe  $T_{c_2}$  et  $T_{c_4}$  en seconde (on prendra la distance de coupe lorsque l'outil est en contact avec la pièce).

$T_{c_2} = L_c / V_{f_2} = 60 \cdot (20 + 16) / 47,75 = 45,24$  s .....

$T_{c_4} = L_c / V_{f_4} = 60 \cdot (20 + 16) / 95,49 = 22,62$  s .....

$T_{c_2} = 45,24$  ..... s

$T_{c_4} = 22,62$  ..... s

B.26. Calculer le nombre de pièces  $N_{p_2}$  et  $N_{p_4}$  que peut réaliser chaque outil avant son changement. Chaque pièce comporte deux rainures identiques et opposées (A et A'), réalisées dans la même phase d'usinage et avec le même outil. (La durée de vie d'une arête de coupe est donnée dans le tableau document DT-05).

Les vitesses de coupe sur l'abaque sont données pour une durée de vie de de l'arête de 90.min....

$N_{p_2} = 60 \cdot 90 \cdot Z_2 / T_{c_2} / 2 = 60 \cdot 90 \cdot 2 / 45,24 / 2 = 119$  pièces .....

$N_{p_4} = 60 \cdot 90 \cdot Z_4 / T_{c_4} / 2 = 60 \cdot 90 \cdot 4 / 22,62 / 2 = 477$  pièces .....

$N_{p_2} = 119$  ..... pièces

$N_{p_4} = 477$  ..... pièces

#### Section B.II-Étude de la coupe en fraisage

Dans cette section, on cherche à optimiser les conditions de coupe en fraisage. Nous souhaitons choisir une fraise 2 tailles (2T) en acier rapide supérieur (ARS). Nous disposons de deux fraises de même diamètre, la première à deux dents et la deuxième à quatre dents.

B.27. Calculer le nombre d'outils  $N_{02}$  et  $N_{04}$ , nécessaire pour réaliser une série de 500 pièces.

$N_{02} = 500/N_{p2} = 500/119 = 5$  outils .....

$N_{04} = 500/N_{p4} = 500/477 = 2$  outils .....

$N_{02} = 5$  ..... outils

$N_{04} = 2$  ..... outils

B.28. Calculer le temps technologique d'usinage  $T_{u2}$  et  $T_{u4}$  en seconde, sachant que les distances d'approche et de dégagement sont de 3 mm.

$T_{u2} = L_u/V_{f2} = 60*(3+20+3+16)/47,75 = 52,78$  s .....

$T_{u4} = L_u/V_{f4} = 60*(3+20+3+16)/95,49 = 26,39$  s .....

$T_{u2} = 52,78$  ..... s

$T_{u4} = 26,39$  ..... s

B.29. Calculer le coût machine  $C_{m2}$  et  $C_{m4}$ , relatif à l'usinage de la série de 500 pièces, sachant le coût de la machine par heure d'utilisation est de 100 DTN.

*Il est important de noter que la pièce possède de deux rainures identiques et symétriques, placées en opposition l'une par rapport à l'autre.*

$C_{m2} = 2*T_{u2}*500*100 = 2*52,78*500*100/3600 = 1466,08$  DT .....

$C_{m4} = 2*T_{u4}*500*100 = 2*26,39*500*100/3600 = 733,04$  DT .....

$C_{m2} = 1466,08$  ..... DTN

$C_{m4} = 733,04$  ..... DTN

B.30. Calculer le coût total  $C_{t2}$  et  $C_{t4}$  (des outils de coupe et d'utilisation de la machine). Les coûts des fraises à 2 dents et à 4 dents sont estimés respectivement à 600 DTN et à 800 DTN.

$C_{t2} = N_{02}*600 + C_{m2} = 5*600 + 1466,08 = 4466,08$  DT .....

$C_{t4} = N_{04}*800 + C_{m4} = 2*800 + 733,04 = 2333,04$  DT .....

$C_{t2} = 4466,08$  ..... DTN

$C_{t4} = 2333,04$  ..... DTN

B.31. Quel est l'outil qui permet d'optimiser le coût d'usinage ? Mettre une croix "X" devant la case correspondante.

Fraise 2T à 2 dents

Fraise 2T à 4 dents

X

Section A.III- Analyse de mécanisme

On se propose dans cette section d'analyser la mobilité du mécanisme overdrive dans la phase « Vitesse surmultipliée ».

Pour simplifier l'étude, on modélisera le mécanisme par le schéma cinématique minimale de la Figure 04, où l'on considèrera 4 classes d'équivalence définies par A, B, C et D. Les liaisons sont considérées parfaites.

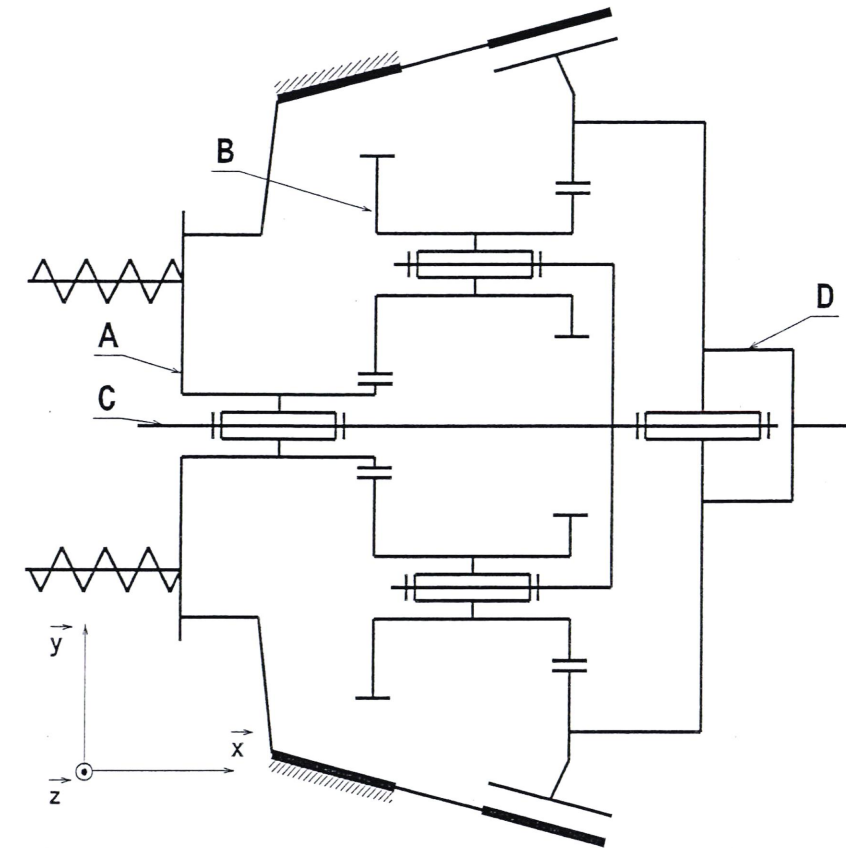


Figure. 04- Schéma cinématique minimal du mécanisme (Position « Vitesse surmultipliée »)

Section A.IV- Cotation fonctionnelle

Cette section servira pour l'étude des ajustements qualitatifs d'un certain nombre d'assemblage des pièces du mécanisme overdrive et la détermination de la cote condition afin de respecter les conditions de montage.

Section A.V- Étude graphique

On se propose dans cette section de compléter le dessin d'ensemble (Page 10/19) en exploitant les documents Techniques DT-01, DT02 et DT-03. Le candidat est appelé aussi à compléter le dessin de définition du guide (35) (Page 11/19).

▪ Étude de la phase « Vitesse surmultipliée »

La phase «Vitesse surmultipliée» (Figure 03) est assurée par les deux pistons (27). Ces derniers sont activés par une pompe (35), (36) et (37) actionnée par une came (39). L'acheminement du fluide hydraulique aux deux pistons (27) est tributaire de l'alimentation électrique d'une électrovanne (non représentée). Cette alimentation est réalisée soit par l'action du conducteur sur un interrupteur généralement intégré dans le pommeau du levier de vitesses, soit automatiquement.

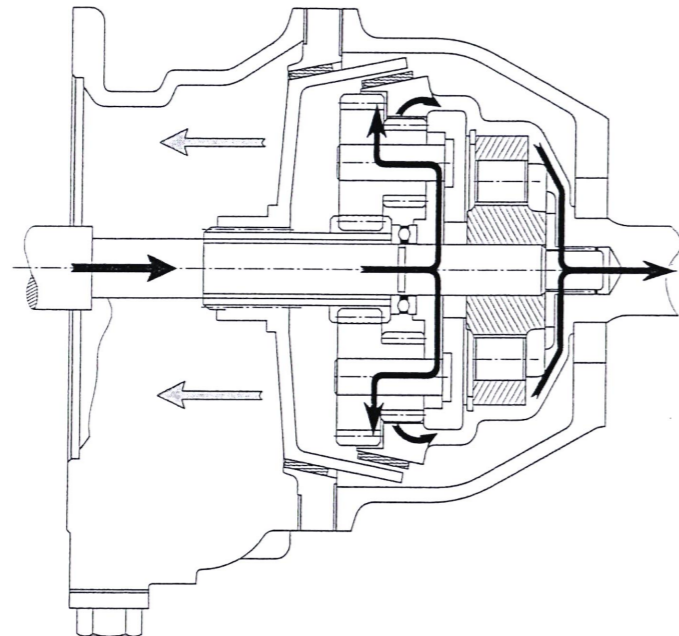


Figure. 03- Phase de « Vitesse surmultipliée »

Tableau.01- Données et caractéristiques des pièces

Entrée de l'overdrive	$P_e = 70 \text{ kW}, N_e = 2500 \text{ tr/min}, \eta = 1$			
Engrenages	$Z_{29} = 19$	$Z_{19} = 56$	$Z_{17} = 15$	$Z_{15} = 22$
Frein conique (11) (14)	Rayons $R_F = 68 \text{ mm}, r_F = 65 \text{ mm}$ Conicité $2\alpha = 22^\circ$ Coefficient de frottement $f = 0,3$ Pression admissible $p_{adm} = 2 \text{ MPa}$			
Embrayage conique (11), (19)	Rayons $R_E = 64 \text{ mm}, r_E = 61 \text{ mm}$ Conicité $2\alpha = 22^\circ$ Coefficient de frottement $f = 0,15$ Pression admissible $p_{adm} = 2 \text{ MPa}$			
Mécanisme de commande (2), (3), (4), (5), (27)	Nombre des ressorts : 4 Diamètre des pistons $\phi d_p = 25 \text{ mm}$			
Roue libre (24)	Nombre des rouleaux $n = 6$ Diamètre intérieur du tambour $\phi D = 74 \text{ mm}$ Diamètre des rouleaux $\phi d_r = 14 \text{ mm}$ Coefficient d'adhérence $f = 0,1$ Effort normal : $N_A = 5300 \text{ N}$			

B.32. Déterminer l'angle de travail  $\beta$ , en rad, d'une dent de coupe (voir document DT-05).

La largeur de la rainure est le diamètre de l'outil :  $\beta = \pi = 3,14$  .....

$\beta = \pi$  ou  $3,14$  ..... rad

B.33. Déterminer l'angle inter-dent  $\alpha_2$  et  $\alpha_4$ , en rad.

$\alpha_2 = 2\pi/2 = \pi = 3,14$  .....

$\alpha_4 = 2\pi/4 = \pi/2 = 1,75$  .....

$\alpha_2 = \pi$  ou  $3,14$  ..... rad

$\alpha_4 = \pi/2$  ou  $1,75$  ..... rad

B.34. Calculer la vitesse angulaire  $\omega$  de la fraise en rad/s.

$\omega = 2\pi \cdot N/60 = 2\pi \cdot 397,89/60 = 41,67 \text{ rad/s}$  .....

$\omega = 41,67$  ..... rad/s

B.35. Déterminer et calculer l'intervalle de temps de coupe  $t_\beta$ , en seconde, d'une dent de l'outil pendant un tour. Il convient de rappeler que le déplacement d'une dent de l'outil est assimilé à un arc de cercle.

$t_\beta = \beta / \omega = \pi / \omega = \pi / 41,67 = 0,08 \text{ s}$  .....

$t_\beta = 0,08$  ..... s

B.36. Calculer l'intervalle de temps de coupe  $t_{\alpha_2}$  et  $t_{\alpha_4}$ , en seconde, entre deux dents qui se suivent.

$t_{\alpha_2} = \alpha_2 / \omega_2 = \pi / \omega = \pi / 41,67 = 0,08 \text{ s}$  .....

$t_{\alpha_4} = \alpha_4 / \omega_4 = \pi / (2 \cdot \omega) = \pi / (2 \cdot 41,67) = 0,04 \text{ s}$  .....

$t_{\alpha_2} = 0,08$  ..... s

$t_{\alpha_4} = 0,04$  ..... s

B.37. Calculer l'effort maximal de coupe par dent engagé dans l'usinage ( $F_{C_{Max2}}$  et  $F_{C_{Max4}}$ ) pour chaque d'outil, sachant que la pression spécifique de coupe  $K_c = 300 \text{ daN/mm}^2$ .

Utiliser  $K_c$  sans correction en fonction de  $h_m$  (épaisseur moyenne de copeau).

$F_{cm2} = K_c \cdot a_p \cdot f_z \cdot b / (\pi \cdot D) = 300 \cdot 5 \cdot 0,06 \cdot 16 / (\pi \cdot 16) = 28,65 \text{ daN}$  .....

$F_{cm4} = K_c \cdot a_p \cdot f_z \cdot b / (\pi \cdot D) = 300 \cdot 5 \cdot 0,06 \cdot 16 / (\pi \cdot 16) = 28,65 \text{ daN}$  .....

$F_{C_{Max2}} = 28,65$  ..... daN

$F_{C_{Max4}} = 28,65$  ..... daN

B.38. En se basant sur les données de la Figure 06 (Page 7/7), représenter l'évolution de l'effort de coupe  $F_{c2}$  (sur la Figure 4) et  $F_{c4}$  (sur la Figure 5) de chaque dent de l'outil, en respectant la légende proposée ( $F_{c_{Total}}$  représente la somme des efforts de coupe des dents engagées). Commencer par la dent numéro 1 (comme présenté dans le document DT-05).

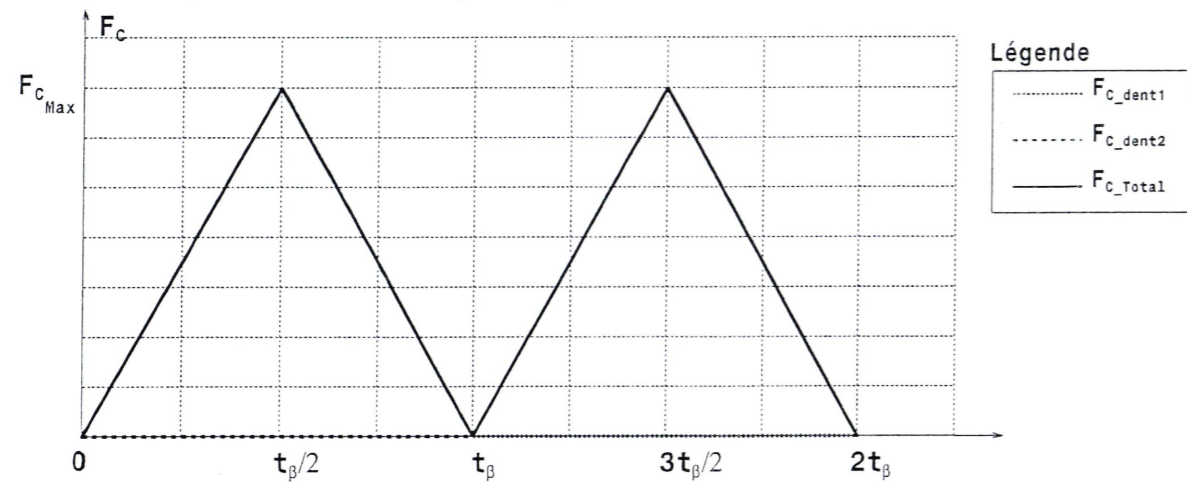


Figure. 4-Effort de coupe relatif à la fraise 2 dents

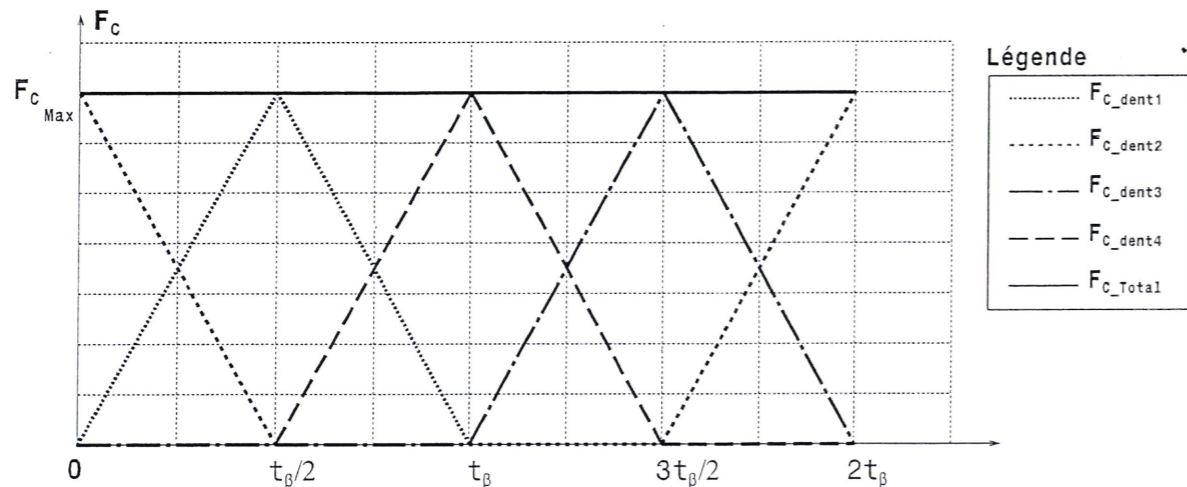


Figure. 5-Effort de coupe relatif à la fraise 4 dents

B.39. En se basant sur les Figures 4 et 5, choisir l'outil qui permet d'avoir les conditions optimales d'usinage. Justifier votre réponse.

Le choix sera sur la fraise à quatre dents. ....

Elle réalise un usinage plus stable sans vibration, vu que l'effort de coupe reste constant. ....

B.40. Calculer la puissance minimale  $P_m$  de la fraiseuse permettant l'usinage de la rainure, sachant que le rendement est de 80%.

$P_m = F_c * V_c / \eta = 10 * 38,20 * 20 / (60 * 0.8) = 159,15 \text{ W}$  .....

$P_m = 159,15 \text{ W}$

## 2-Données et Hypothèses

### Partie A : Conception Mécanique

Cette partie est composée de cinq sections ayant pour intitulées respectives :

- Étude technologique,
- Étude de la chaîne de transmission de mouvement et de puissance,
- Analyse du mécanisme,
- Cotation Fonctionnelle,
- Étude graphique.

#### Section A.I- Étude technologique

Cette section traite les aspects technologiques du mécanisme overdrive présenté par les documents techniques DT-01 et DT-02.

#### Section A.II- Étude de la chaîne de transmission de mouvement et de puissance (DT-01)

Dans cette section on s'intéressera à l'étude de la chaîne de transmission de mouvement et de puissance dans les deux phases de l'overdrive. En effet, le mouvement de rotation de sortie de la boîte des vitesses est communiqué de l'arbre d'entrée (1) vers la couronne de sortie (19), selon le passage à travers la roue libre (24) ou le train épicycloïdale. La position du tambour conique (11) permet d'obtenir soit une prise directe quand elle est embrayée à (19), soit une surmultiplication quand elle est freinée par adhérence avec (14).

#### ▪ Etude de la phase « Prise directe »

La phase « Prise directe » (Figure 02) est assurée par les 4 ressorts (5). Dans ce cas, la transmission du mouvement est assurée directement par la roue libre (24).

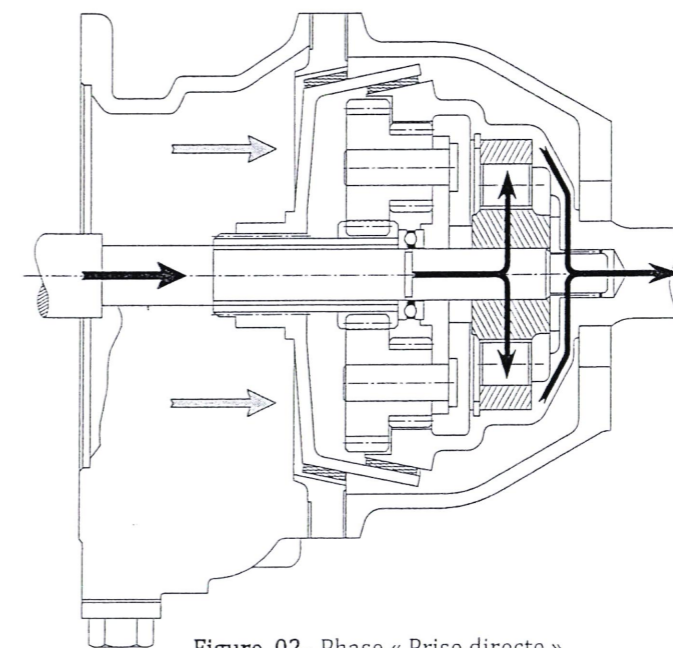


Figure. 02- Phase « Prise directe »

Ce sujet s'intéresse à l'étude d'un overdrive monté sur certains véhicules automobiles entre la boîte des vitesses et l'arbre de transmission (Figure 01).

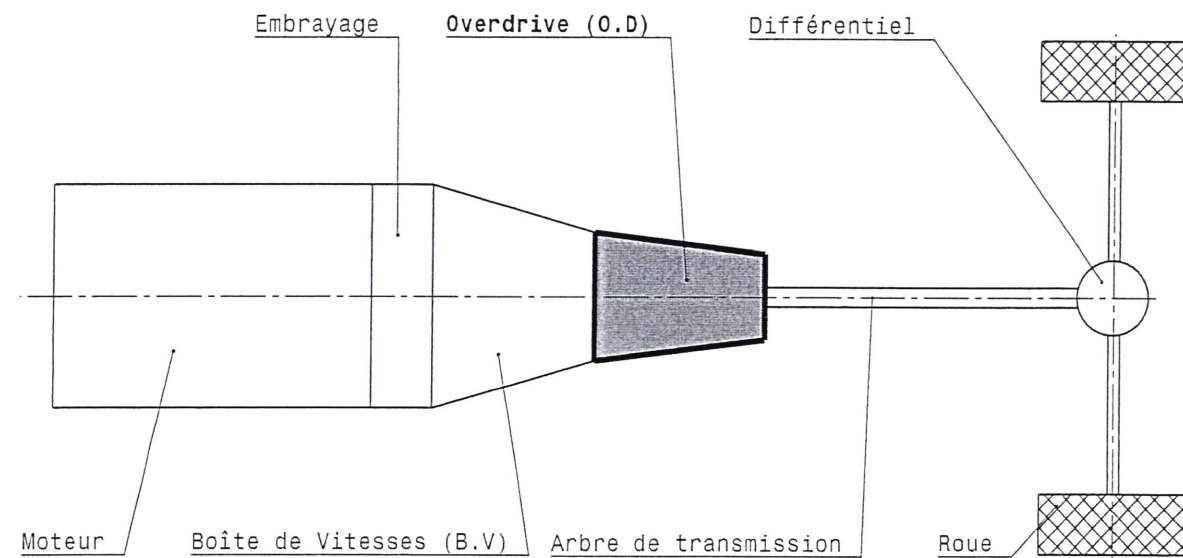


Figure. 01- Schéma d'implantation d'un Overdrive

Les objectifs visés par ce sujet consistent à :

1. Étudier la chaîne de transmission de mouvement et de puissance associée à l'overdrive,
2. Analyser la mobilité du mécanisme et la cotation fonctionnelle,
3. Compléter le dessin d'ensemble du mécanisme et de définition d'une pièce,
4. Étudier les propriétés et la désignation des matériaux des pièces,
5. Étudier la coupe en fraisage et élaborer un contrat de phase.

L'épreuve comporte deux parties :

- A. Conception Mécanique où l'on traite les composantes mécaniques afin de répondre aux objectifs 1, 2 et 3.
- B. Fabrication Mécanique qui visera à atteindre les objectifs 5 et 6.

B.41. Nous avons l'intention de choisir la fraise à 4 dents pour la production d'une série de 500 pièces, mais nous souhaitons réduire davantage les coûts d'usinage. Déterminer alors la vitesse de coupe optimale  $V_{C_{Op}}$  pour l'usinage de la rainure, sachant que le coefficient de Taylor relatif à la matière de l'outil est  $n = -4,5$  (utiliser la loi de Taylor simplifiée).

$$T = C_v \cdot (V_c)^n \text{ et } T_4 = 2 \cdot T_{c4} \cdot N_p = C_v \cdot (V_{c4})^n \dots\dots\dots$$

$$C_v = 90 \cdot (20)^{4,5} \text{ et } 2 \cdot 22,62 \cdot 500 = C_v \cdot (V_{c4})^{-4,5} \dots\dots\dots$$

$$V_c = 20 \cdot (90 \cdot 60 / (2 \cdot 22,62 \cdot 500))^{1/4,5} = 14,55 \text{ m/min} \dots\dots\dots$$

$$V_{C_{Op}} = 14,55 \dots\dots\dots \text{m/min}$$

◆ Section B.III- Élaboration d'un contrat de phase

Dans cette section, nous utiliserons une vitesse de coupe  $V_c = 15 \text{ m/min}$  et une avance par dent  $f_z = 0,05 \text{ mm/dent}$ .

Les réponses aux questions suivantes seront présentées sur la feuille de contrat de phase (page 19/19)

B.42. Indiquer et mentionner le repérage isostatique de la cloche (50).

B.43. Indiquer la cotation de fabrication permettant l'usinage de la rainure (A et A').

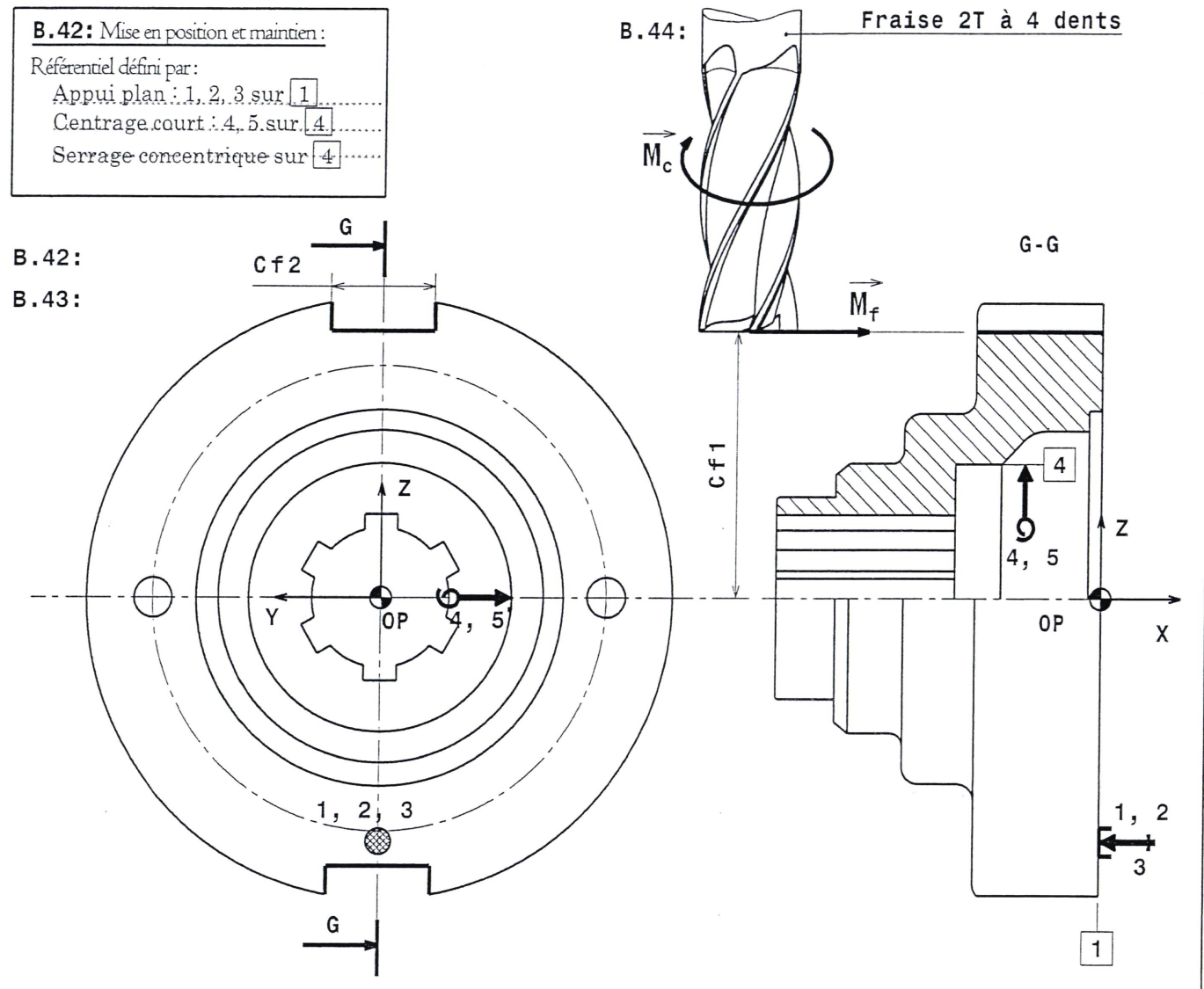
B.44. Indiquer les mouvements de coupe ( $\vec{M}_c$ ) et d'avance ( $\vec{M}_f$ ).

B.45. Remplir la colonne des opérations d'usinage.

B.46. Remplir les colonnes des paramètres de coupe.

B.47. Mentionner les outillages de fabrication et de vérification.

Contrat de Phase  <b>PHASE 40</b>	Ensemble : Overdrive		1/1
	Pièce : Cloche (50)	Machine : Centre d'usinage vertical à 4 axes	
	Matière : GC40	Série : 500 pièces	B.M



N°	Désignation des opérations	B.46: Paramètres de coupe					B.47: Outillage	
		V <sub>c</sub> (mn/min)	N (tr/min)	f (mm/tr)	f <sub>z</sub> (mm/dent)	V <sub>f</sub> (mm/min)	Fabrication	Vérification
1	<b>B.45:</b> Usinage de A et A' successivement en finition direct  Cf1 = 40 ±0.2  Cf2 = 16 ±0.1  Ra = 3.2	15	298	0.2	0.05	30	Fraise 2T Ø16 en A.R.S	P.C 1/10  Rugosimètre  Montage de contrôle

## ÉTUDE D'UN OVERDRIVE

### 1- Mise en Situation

▪ **Présentation**

Overdrive est un terme qui peut avoir plusieurs significations, selon le contexte dans lequel il est utilisé. En général, il se réfère à une accélération ou une augmentation de la vitesse ou de l'intensité d'une activité ou d'un processus.

Dans le domaine automobile, l'overdrive est un terme qui désigne un rapport de vitesse supérieur à celui de la boîte de vitesses. Il permet de réduire la vitesse de rotation du moteur à une vitesse donnée de la voiture, ce qui entraîne une réduction de la consommation de carburant et une réduction du bruit du moteur. Ceci peut améliorer le confort de conduite à haute vitesse. Elle est souvent identifiée par un symbole « O.D » sur le levier de vitesses de la voiture.

▪ **Principe de fonctionnement d'un overdrive**

Les moteurs modernes sont souvent équipés d'un capteur qui détecte la charge du moteur et la vitesse du véhicule pour décider de l'activation ou de la désactivation de l'overdrive, afin d'optimiser la consommation de carburant et les performances de conduite.

Dans une boîte de vitesses, la prise directe et la vitesse surmultipliée sont deux concepts liés à l'overdrive :

- La prise directe permet de transmettre la puissance du moteur directement aux roues sans perte de puissance. En général, la prise directe correspond à la dernière vitesse dans une boîte de vitesses classique, tandis que l'overdrive est le rapport de vitesse supérieur à la prise directe.
- La vitesse surmultipliée est une configuration qui permet de réduire la vitesse de rotation du moteur à une vitesse donnée de la voiture en utilisant une vitesse supplémentaire plus élevée que la prise directe. Cette vitesse supplémentaire est souvent appelée overdrive. Elle permet de réduire encore plus la consommation de carburant et le bruit du moteur à haute vitesse.

En pratique, la prise directe et l'overdrive sont souvent combinés pour obtenir le meilleur équilibre entre les performances de conduite, la consommation de carburant et le bruit du moteur. Les voitures modernes sont souvent équipées de transmissions automatiques qui peuvent activer et désactiver automatiquement l'overdrive en fonction des conditions de conduite.

# Dossier

## Mise en situation, Données et Hypothèses

Ce dossier comporte **sept** pages, numérotées de 1 à 7 et 5 documents

techniques DT-01 à DT-05

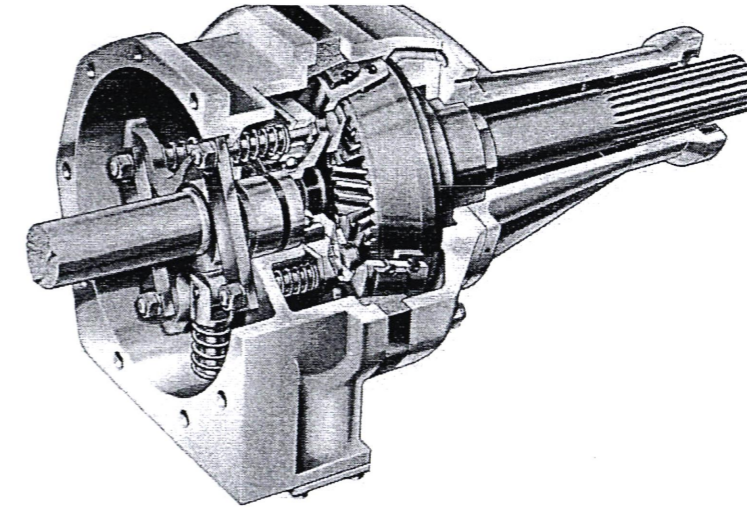
🔥	Mise en situation	Pages 1/7 et 2/7
	<i>Documents Techniques</i>	<i>DT-01 à DT-05</i>
🔥	Données et hypothèses	Pages 3/7 à 7/7
☆	<i>A- Conception Mécanique</i>	<i>Pages 3/7 à 5/7</i>
☆	<i>B- Fabrication Mécanique</i>	<i>Pages 6/7 et 7/7</i>

République Tunisienne  
Ministère de l'Enseignement Supérieur  
et de la Recherche Scientifique  
Concours Nationaux d'Entrées aux  
Cycles de Formation d'Ingénieurs  
Session 2023



الجمهورية التونسية  
وزارة التعليم العالي  
والبحوث العلمية  
الناظرات الوطنية للدخول إلى مراحل تكوين المهندسين  
دورة 2023

Concours de Technologie  
Épreuve de  
Conception & Fabrication Mécanique



Date : Mardi 06 Juin 2023

Heure : 08H 00

Durée : 4 Heures

L'épreuve comporte deux parties :

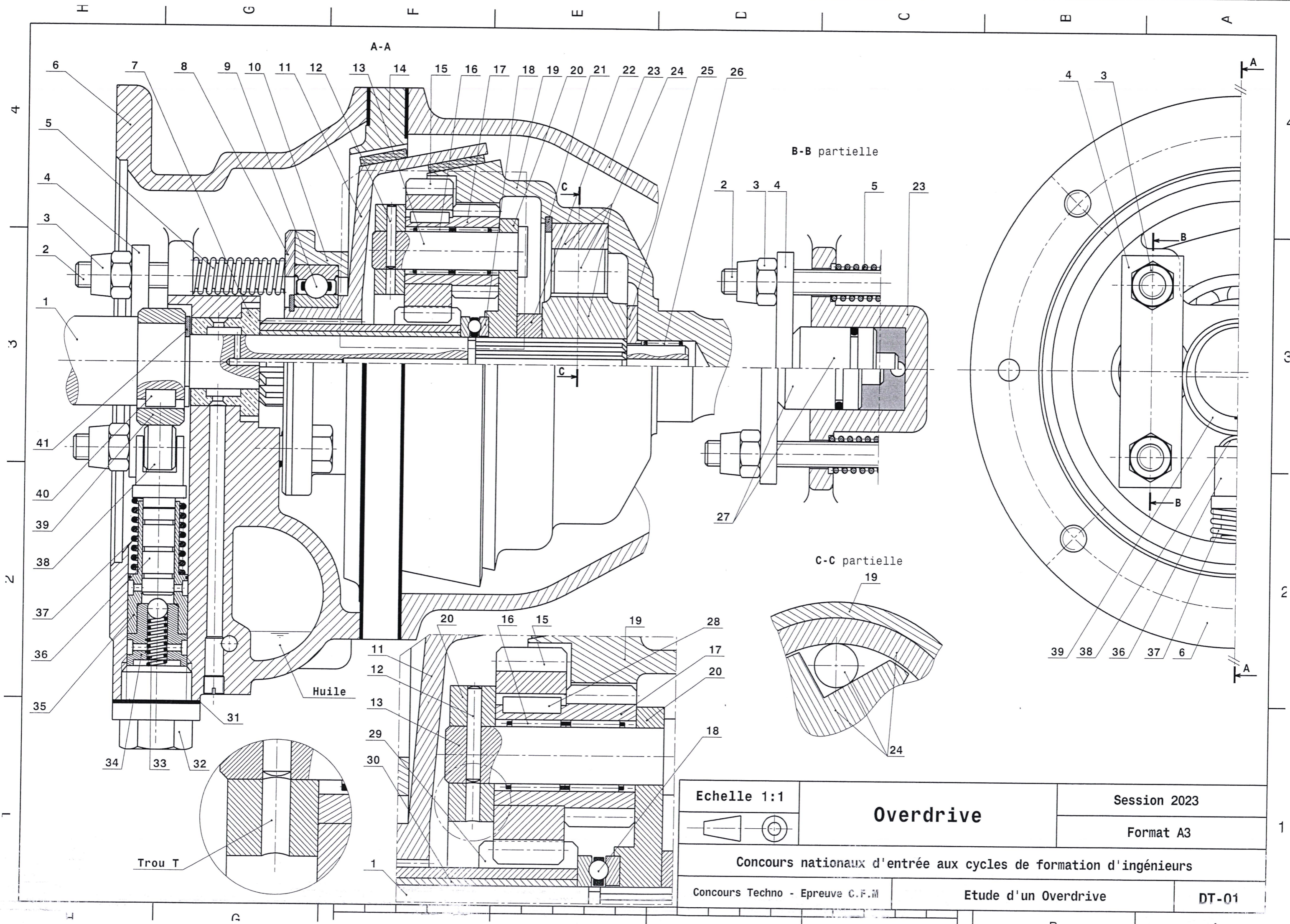
- A- Conception Mécanique
- B- Fabrication Mécanique

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

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

Recommandations aux candidats

- 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 tentative de fraude.

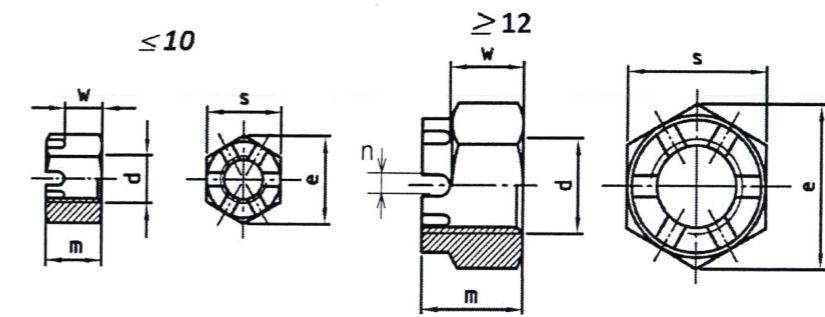


Echelle 1:1	<b>Overdrive</b>	Session 2023
		Format A3
Concours nationaux d'entrée aux cycles de formation d'ingénieurs		
Concours Techno - Epreuve C.F.M	Etude d'un Overdrive	DT-01

41	1	Anneau élastique		
40	1	Clavette		
39	1	Came		
38	1	Galet		
37	1	Ressort de rappel		
36	1	Piston		
35	1	Guide	X2 Cr Ni Mo 18 8	
34	1	Corps du clapet de refoulement		
33	1	Ressort de rappel		
32	1	Bouchon		
31	1	Joint d'étanchéité		
30	1	Bague d'appui		
29	1		35 Cr Mo 4	
28	3	Clavette		
27	2	Piston du vérin	X2 Cr Ni Mo 17 12 02	
26	1	Cage à aiguilles K12x15x10		SKF
25	1	Plaque d'appui		
24	1	Roue libre (6 Rouleaux + Moyeu + Tambour)		
23	1	Carter de sortie	GE360	Moulé
22	1	Cale	C45	
21	1	Anneau élastique		
20	1			
19	1	Couronne	35 Cr Mo 4	
18	1	Butée à billes type AT		SKF
17	3		35 Cr Mo 4	
16	6	Cage à aiguilles K12x15x10		SKF
15	3		35 Cr Mo 4	
14	1	Support de freinage		
13	3			
12	3	Goupille		
11	1	Tambour conique		
10	1	Support de roulement		
9	1	Roulement à billes type BC 02		SKF
8	1	Couvercle de support		
7	1	Coussinet	Cu Sn 8	
6	1	Carter d'entrée		
5	4	Ressort de poussée	55 Si 7	
4	2	Levier de poussée		
3	4	Ecrou MHT	Classe 8.8	
2	4	Vis H M8-75	Classe 8.8	
1	1	Arbre d'entrée	S235	
Rep	Nbre	Désignation	Matériaux	Obs.

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

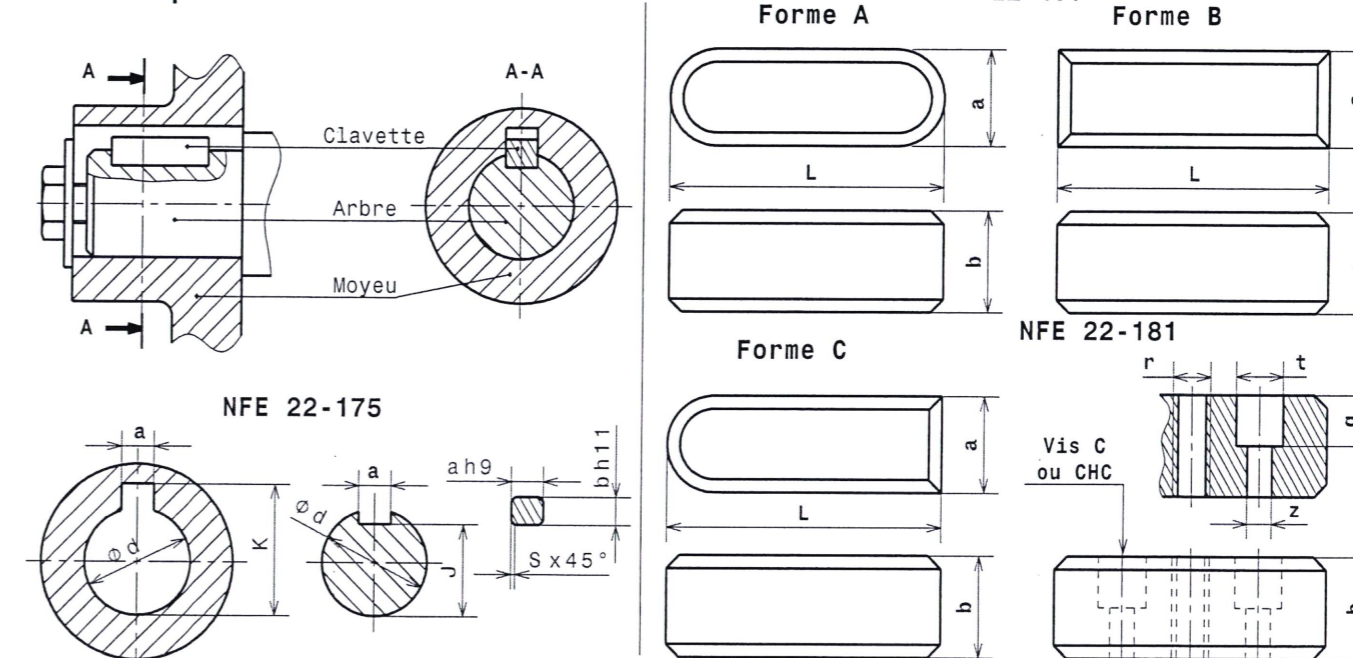
Ecrou hexagonal à créneaux INOX A4 - Din 935



d	e <sub>min</sub>	m <sub>max</sub>	w <sub>max</sub>	n <sub>min</sub>	S
M4	7,66	5,0	3,2	1,2	7
M5	8,79	6,0	4,0	1,4	8
M6	11,05	7,5	5,0	2,0	10
M8	14,38	9,5	6,5	2,5	13
M10	18,90	12	8	2,8	17/16*
M12	21,10	15	10	3,5	19/18*

d	e <sub>min</sub>	m <sub>max</sub>	w <sub>max</sub>	n <sub>min</sub>	S
(M14)	24,49	16	11	3,5	22/21*
M16	26,75	19	13	4,5	24
(M18)	29,56	21	15	4,5	27
M20	32,95	22	16	4,5	30
(M22)	35,03	26	18	5,5	32/34*
M24	39,55	27	19	5,5	36

Clavette parallèle



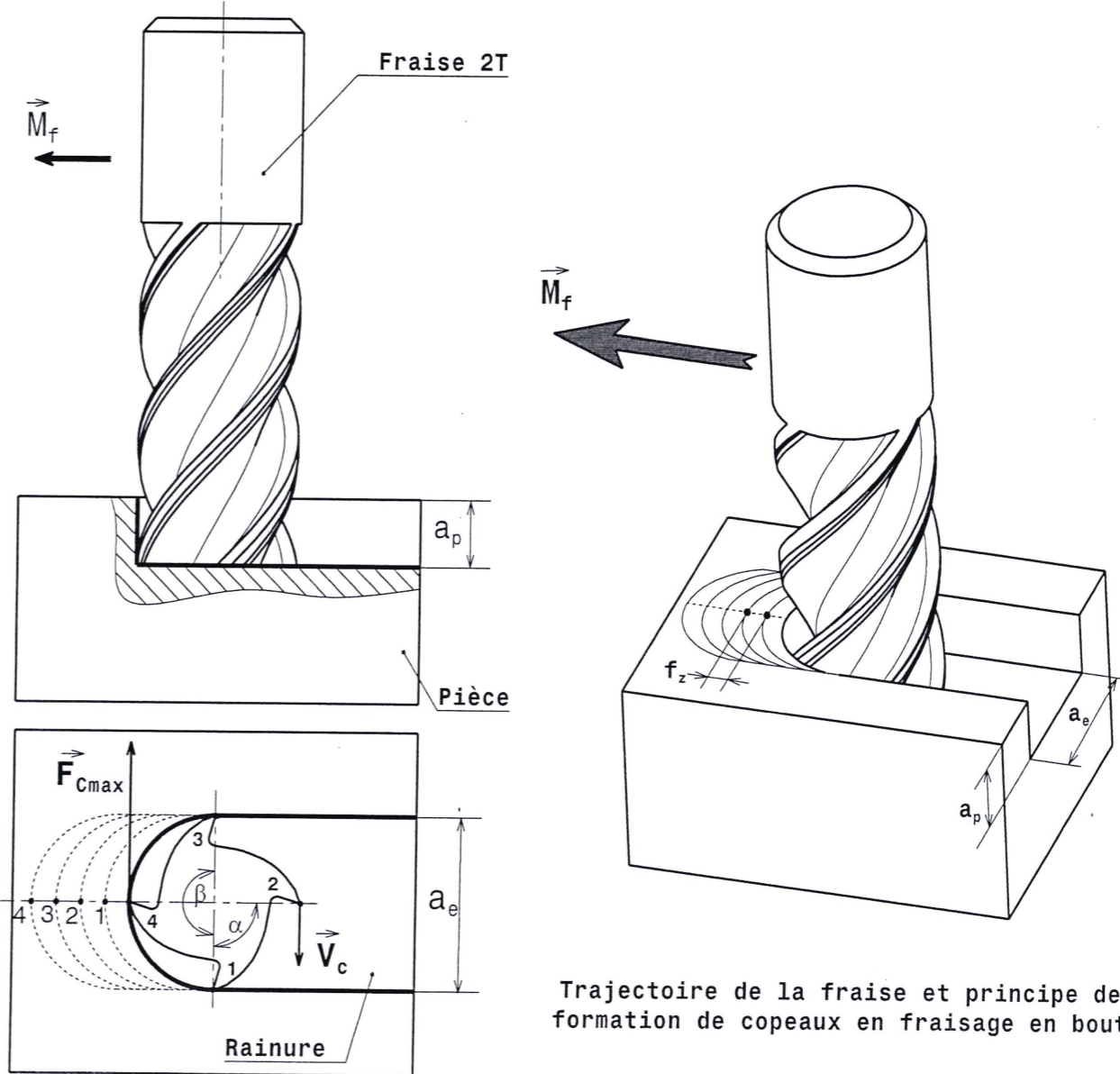
Clavettes parallèles : principales dimensions normalisées

d de-à (inclus)	série normale						série mince			cas d'une fixation par vis				
	a	b	S	J	K	L	b*	J*	K*	vis	t	Z	g	r
6 à 8	2	2	0,16	7-1,2	d + 1	6 à 20								
9 à 10	3	3	à	d-1,8	d + 1,4	6 à 36								
11 à 12	4	4	0,25	7-2,5	d + 1,8	8 à 45								
13 à 17	5	5	0,25	d-3	d + 2,3	10 à 56	3	7-1,8	7+1,4					
18 à 22	6	6	à	7-3,5	d + 2,8	14 à 70	4	7-2,5	7+1,8	M2,5-6	5	2,9	3	2,5
23 à 30	8	7	0,40	d-4	d + 3,3	18 à 90	5	7-3	7+2,3	M3-8	6,5	3,4	3,5	3
31 à 38	10	8	0,40	d-5	d + 3,3	22 à 110	6	7-3,5	7+2,8	M4-10	8	4,5	4,5	4
39 à 44	12	8	à	d-5	d + 3,3	28 à 140	6	7-3,5	7+2,8	M5-10	10	5,5	5,5	5
45 à 50	14	9	0,60	d-5,5	d + 3,3	36 à 160	6	7-3,5	7+2,8	M6-10	12	6,6	6,5	6

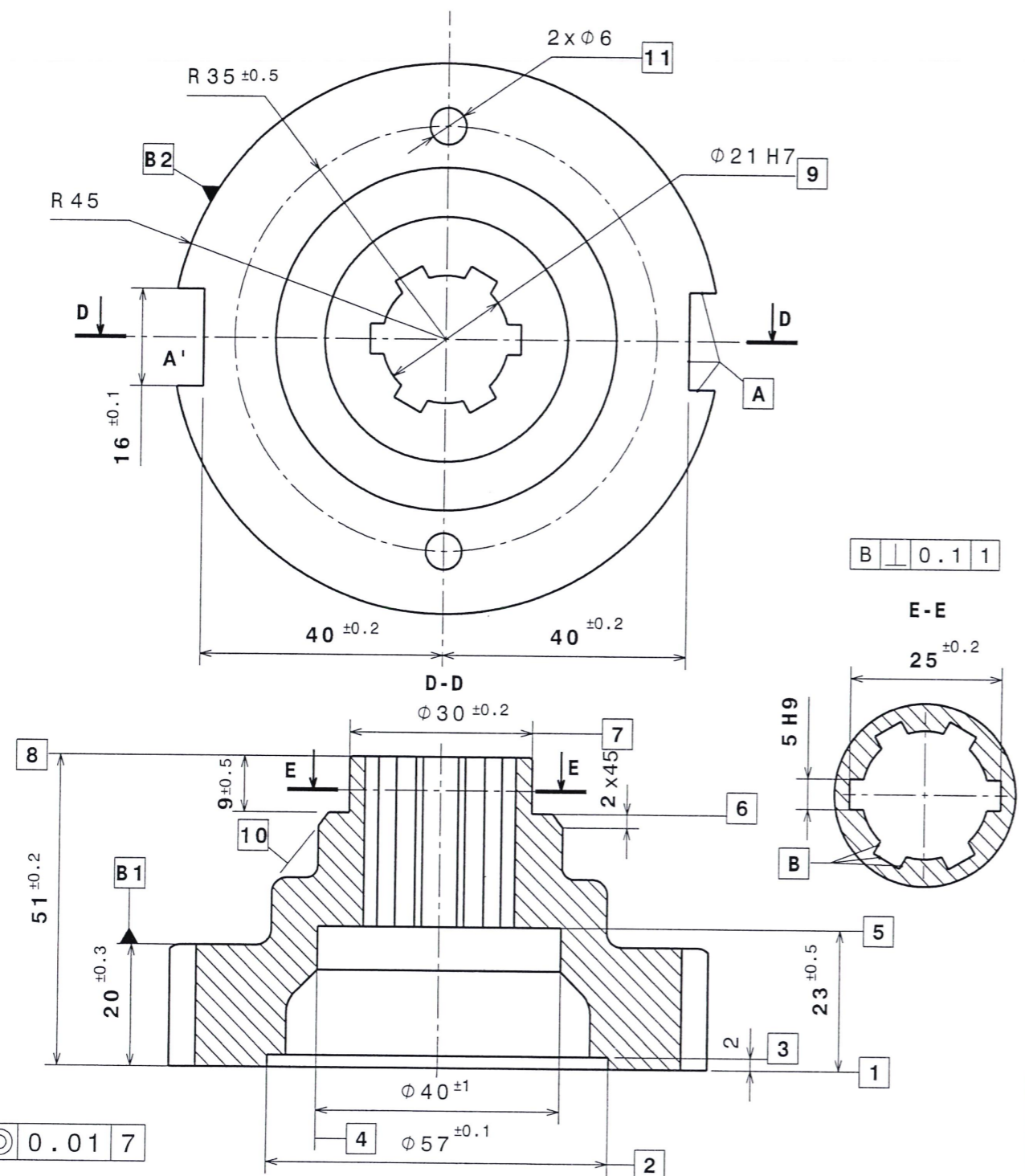
Concours nationaux d'entrée aux cycles de formation d'ingénieurs

Tableau des valeur indicatives des conditions de coupe en fraisage en bout

Matière	Outil monobloc A.R.S.				Outil à plaquettes en carbure			
	Ebauche		Finition		Ebauche		Finition	
	$V_{90}$	$f_z$	$V_{90}$	$f_z$	$V_{45}$	$f_z$	$V_{45}$	$f_z$
S235	25	0,12	30	0,05	85	0,15	100	0,05
35CrMo4	15	0,10	18	0,06	65	0,15	78	0,05
C25	23	0,11	26	0,06	90	0,15	105	0,06
GC40	18	0,10	20	0,06	90	0,15	105	0,06
X2CrNi18-10	18	0,09	15	0,05	75	0,15	85	0,10
EN-GJL-250	14	0,10	16	0,04	90	0,15	100	0,10
EN-GJS-450	10	0,08	15	0,03	60	0,15	66	0,10
CuZn30	40	0,20	45	0,10	300	0,25	350	0,15
Dural AU4G	35	0,12	39	0,08	100	0,25	150	0,15
CuZn12	17	0,08	19	0,04	42	0,12	46	0,08



Trajectoire de la fraise et principe de formation de copeaux en fraisage en bout



- 9  $\odot$  0.01 7
  - 4  $\odot$  0.5 B2
  - 2  $\odot$  0.2 B2
  - 1  $\parallel$  0.2 B1
  - A  $\equiv$  0.2 4
  - A  $\perp$  0.1 1
  - 7  $\odot$  0.1 4
- Ra 3.2 sauf indication  
Tolérances générales ISO 2768 mk sauf indication

<b>Echelle 1:1</b>	<b>Cloche (50)</b>	Session 2023	
		GC40	Format A4
Concours nationaux d'entrée aux cycles de formation d'ingénieurs			
Concours Techno - Epreuve C.F.M	Etude d'un Overdrive	DT-04	

	Etude d'un Overdrive	Session 2023	DT-05
--	----------------------	--------------	-------