République Tunisienne
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Concours Nationaux d'Entrée aux Cycles de Formation d'Ingénieurs
Session 2025

الجمهورية التونسية
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
المناظرات الوطنية للدخول إلى مراحل تكوين المهندسين
دورة 2025

Concours de Technologie

Épreuve de Conception & Fabrication Mécanique

Date : Mardi 04 Juin 2025 **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.

DT-Concours 2025

Dossier
Mise en situation, Données et Hypothèses

Ce dossier comporte **12** pages, numérotées de **1** à **12**

et **5** documents techniques **DT-01 à DT- 05.**

♦	**Mise en situation**	**Page 3/12**
	Documents Techniques	**DT-01 à DT-05**
♦	**Données et hypothèses**	
	A- Conception Mécanique	**Pages 4/12 à 7/12**
	B- Fabrication Mécanique	**Pages 8/12 à 1/12**

DT-Concours Techno CFM 2025

ÉTUDE D'UNE EXTRUDEUSE

1- Mise en Situation

L'extrusion plastique est un procédé en continu qui consiste à faire fondre un polymère (sous forme de pâte) à l'aide d'une vis sans fin, de le pousser à travers une matrice pour le refroidir et le couper en longueur. L'extrusion plastique avec une **extrudeuse monovis** utilise qu'une seule vis pour écraser la matière plastique et la modeler. Le processus d'extrusion commence par l'alimentation de granulés de plastique, pouvant provenir de sources recyclées, dans l'extrudeuse. Les granulés de plastique sont ensuite fondus par la friction d'une vis rotative. Le plastique fondu (pâte) est ensuite conduit vers une filière qui est conçue pour donner au matériau sa forme spécifique, des fils par exemples.

On se propose, dans ce sujet, d'étudier les différents systèmes de transmission de puissance permettant l'entraînement de la vis de l'extrudeuse.

Principe de fonctionnement

Le document (**DT-01**) représente le dessin d'ensemble du **mécanisme d'entraînement** de la vis de l'extrudeuse. Le moteur électrique (1) entraîne, par l'intermédiaire de la poulie (2) et les courroies (3), la rotation de la poulie (67) qui est normalement embrayée à (16). Ce dernier transmet le mouvement et la puissance à l'arbre de sortie (38) par l'intermédiaire d'un train épicycloïdal (16, 17, 49, 52), un système pignons-chaîne (21, 23, 45) et un couple d'engrenages cylindrique à dentures droites (27, 41). L'alimentation de l'électroaimant (8) entraîne le freinage du pignon-arbré (16).

Le **mécanisme d'entraînement** comporte :

- Un moteur électrique ;
- Un système poulies-courroies (02, 03, 67)
- Un embrayage à disque (55, 58, 59) ;
- Un frein à disque (8, 57, 58) ;
- Un réducteur à engrenages (16, 17, 49, 52) ;
- Une transmission par chaîne (21, 23, 45).

L'épreuve comporte deux parties :

A. Conception Mécanique dont l'objectif est de :

1. Analyser les solutions technologiques adoptées pour ce système ;
2. Choisir un système de transmission de mouvement et de puissance poulies-courroies ;
3. Étudier l'embrayage-frein à disque ;
4. Etudier la transmission par engrenages ;
5. Etudier la transmission par chaînes ;
6. Etudier l'extrusion d'un fil en matière plastique ;
7. Calculer la durée de vie des roulements type (BC) ;
8. Compléter le guidage en rotation de l'arbre de sortie (38).

B. Fabrication Mécanique dont l'objectif est de :

1. Étude des matériaux et Procédé d'élaboration du brut du pignon-arbré (16);
2. Élaboration partielle de l'Avant-Projet d'Étude de Fabrication (APEF) du pignon-arbré (16) ;
3. Etude de la coupe ;
4. Mise en forme du couvercle (63).

DT-Concours Techno CFM 2025

2-Données et Hypothèses

Partie A : Conception Mécanique

Les données nécessaires pour répondre aux différentes questions sont reportées dans les tableaux et les figures ci-après.

Remarque : *Certaines dimensions utiles aux calculs doivent être prisent directement du dessin d'ensemble* ***DT-01*** *(à l'échelle 1 :1).*

Tableau A-1 : données.

Moteur électrique usuel couple de démarrage normal	• Puissance $\mathbf{P_m}$ = 3Kw • Fréquence de rotation $\mathbf{N_m}$ = 1455 tr/mn
Poulies-courroies (2, 3, 67)	• Rendement de transmission poulies-courroies : η_{pc} =1 • Coefficient de frottement entre courroies et poulies : f = 0,3 • Le demi angle au sommet de la courroie : β = 20 ° • Le diamètre primitif de la petite poulie (2) : d_2 = 90 mm • Le diamètre primitif de la grande poulie (67) : D_{67} = 125 mm • L'entraxe souhaité entre (2) et (67) : E′= 420 ± 1mm
Embrayage à disque (58, 59)	• Rayon extérieur de la garniture (R_{59}) *à mesurer directement sur DT-01* • Rayon intérieur de la garniture (r_{59}) *à mesurer directement sur DT-01* • Coefficient de frottement moyen entre (58) et (59) est $\mathbf{f_1}$ = 0.3 • Pression de contact admissible entre les disques P_{adm} = 1 MPa • Rendement : η_{emb} = 1
Frein à disque (8, 57, 58)	• Rayon extérieur de la garniture (R_{57}) *à mesurer directement sur DT-01* • Rayon intérieur de la garniture (r_{57}) *à mesurer directement sur DT-01* • Coefficient de frottement moyen entre (57) et (58) est $\mathbf{f_1}$ = 0.3
Engrenage (27, 41)	• Roues dentées de module **m** =1.5 mm • Rendement : η_e = 0.95 • Z_{27}= 24 dents, Z_{41} = 48 dents
Train épicycloïdal (16, 17, 49, 52)	• Rendement global : η_g **= 0.9** • Roues dentées de module : **m** =1.5 mm • Entraxe : a = 45 mm.
	• Rapport : $\boldsymbol{r_1 = \frac{N_{49}}{N_{16}} = 1/5}$
	• Z_{16} , Z_{17} et Z_{52} : nombre de dents à déterminer
Ressort (55)	• Force du ressort : F_r = 300 N.
Transmission par chaines (21, 23, 45)	• Rendement de transmission par chaîne : η_{ch} =0.95 • Nombre des dents : Z_{45} = 15 dents ; Z_{21} = 30 dents • Entraxe des roues (21) et (45) : a = 52 mm • Pas au primitif : p = 6.35 mm
Service	Nombre d'heures de fonctionnement est 16h/jour (couple uniforme)

❖ ***Expression de la longueur théorique d'une courroie (ou d'une chaîne) :***

$$L_{th} = 2E + \frac{\pi\left(D_p + d_p\right)}{2} + \frac{\pi\left(D_p - d_p\right)^2}{4E}$$

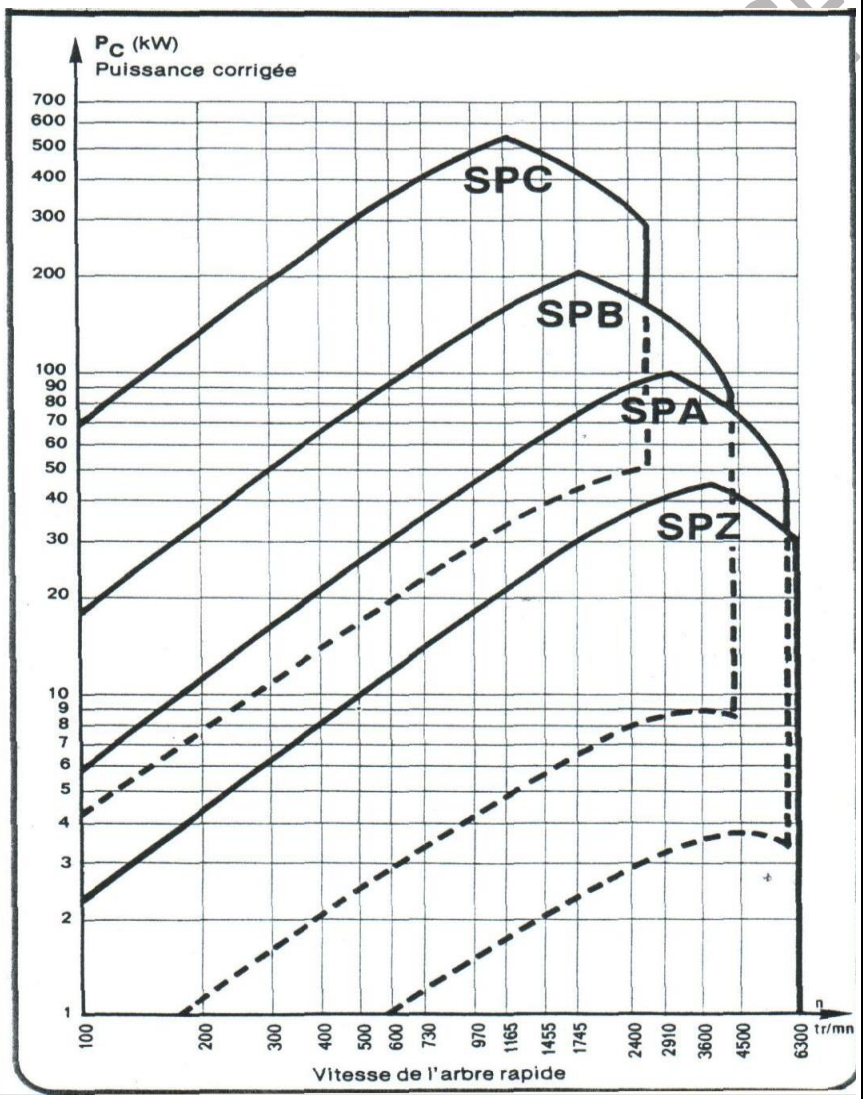
DT-Concours Techno CFM 2025

Tableau A-2 : Facteurs de service « S »

Facteurs de service S	Conditions de fonctionnement								
	8heures/jour			16heures/jour			24heures/jour		
	Couple U	Couple V	Couple TV	Couple U	Couple V	Couple TV	Couple U	Couple V	Couple TV
Moteur électrique usuel couple de démarrage normal	1	1,12	1,25	1,12	1,25	1,40	1,18	1,32	1,50
Démarrages fréquents ou inversions de sens fréquentes	1,12	1,25	1,40	1,25	1,40	1,60	1,32	1,40	1,70
Moteur électrique à couple de démarrage élevé ou moteur synchrone. Moteur diesel à1 ou 2 cylindres	1,18	1,32	1,50	1,32	1,50	1,70	1,40	1,60	1,80
Inversions de sens ou démarrages fréquents avec moteur à fort couple de démarrage	1,32	1,50	1,70	1,50	1,70	1,90	1,60	1,80	2

U : Uniforme ; V : Variable ; TV : Très variable

Tableau A-3 : Sections des courroies et facteur d'arc



Facteur d'arc a		
$\frac{D-d}{E}$	a	a
0,00	180	1,00
0,04	178	0,99
0,11	173	0,98
0,19	169	0,97
0,26	165	0,96
0,32	161	0,95
0,39	158	0,94
0,45	154	0,93
0,51	151	0,92
0,56	147	0,91
0,62	144	0,90
0,67	141	0,89
0,72	138	0,88
0,77	135	0,87
0,82	132	0,86
0,86	129	0,85
0,91	126	0,84
0,95	123	0,83
0,99	121	0,82
1,03	118	0,81
1,07	116	0,80
1,10	113	0,79
1,14	111	0,78
1,17	108	0,77
1,21	106	0,76
1,24	104	0,75
1,27	101	0,74
1,30	99	0,73
1,32	97	0,72
1,35	95	0,71
1,38	93	0,70
1,40	91	0,69
1,43	89	0,68
1,45	87	0,67
1,48	85	0,66
1,50	83	0,65
1,52	81	

Tableau A-4 : Puissance brute (P_0) transmissible par courroie et le facteur de correction de longueur C_L

SPZ courroies TEXROPE® VP 2 (3V)

Puissance brute transmissible P_o par courroie (kW) sur la base d'une durée de vie théorique de 24000 heures.

Nombre de courroies $N = \frac{P_c}{P_o \times a \times C_L}$

P_c = puissance de calcul
P_o = puissance brute transmissible par courroie
a = facteur d'arc
C_L = facteur de longueur

P_o = puissance brute transmissible (kW)

n_d (tr/min)	$R = \frac{D}{d}$	d (mm) = 71	75	80	85	90	95	100	106	112	118	125	132	140	150	160	180	200
200	R < 1,06	0,2	0,3	0,3	0,3	0,4	0,4	0,4	0,5	0,5	0,5	0,6	0,6	0,7	0,8	0,8	0,9	1,1
	1,06 à 1,11	0,2	0,3	0,3	0,3	0,4	0,4	0,4	0,5	0,5	0,5	0,6	0,6	0,7	0,8	0,8	1,0	1,1
	1,12 à 1,24	0,2	0,3	0,3	0,3	0,4	0,4	0,4	0,5	0,5	0,6	0,6	0,6	0,7	0,8	0,8	1,0	1,1
	1,25 à 1,59	0,2	0,3	0,3	0,3	0,4	0,4	0,4	0,5	0,5	0,6	0,6	0,7	0,7	0,8	0,8	1,0	1,1
	1,6 ≤ R	0,2	0,3	0,3	0,3	0,4	0,4	0,4	0,5	0,5	0,6	0,6	0,7	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1
400	R < 1,06	0,4	0,5	0,5	0,6	0,6	0,7	0,8	0,9	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,8	2,0
	1,06 à 1,11	0,4	0,5	0,5	0,6	0,7	0,7	0,8	0,9	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,8	2,0
	1,12 à 1,24	0,4	0,5	0,5	0,6	0,7	0,7	0,8	0,9	1,0	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,6	1,8	2,1
	1,25 à 1,59	0,4	0,5	0,6	0,6	0,7	0,8	0,8	0,9	1,0	1,1	1,1	1,2	1,3	1,5	1,6	1,8	2,1
	1,6 ≤ R	0,4	0,5	0,6	0,6	0,7	0,8	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,9	2,1
730	R < 1,06	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,5	1,6	1,7	1,9	2,0	2,2	2,4	2,6	3,1	3,5
	1,06 à 1,11	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,5	1,6	1,7	1,9	2,1	2,2	2,4	2,7	3,1	3,5
	1,12 à 1,24	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,3	1,4	1,5	1,6	1,8	1,9	2,1	2,3	2,5	2,7	3,1	3,5
	1,25 à 1,59	0,7	0,8	0,9	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,7	1,8	2,0	2,1	2,3	2,5	2,7	3,1	3,6
	1,6 ≤ R	0,7	0,8	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,6	1,7	1,8	2,0	2,1	2,3	2,5	2,8	3,2	3,6
970	R < 1,06	0,8	1,0	1,1	1,2	1,4	1,5	1,7	1,9	2,0	2,2	2,4	2,6	2,8	3,1	3,4	3,9	4,5
	1,06 à 1,11	0,9	1,0	1,1	1,3	1,4	1,6	1,7	1,9	2,1	2,2	2,4	2,6	2,9	3,1	3,4	4,0	4,5
	1,12 à 1,24	0,9	1,0	1,2	1,3	1,5	1,6	1,7	1,9	2,1	2,3	2,5	2,7	2,9	3,2	3,4	4,0	4,5
	1,25 à 1,59	0,9	1,0	1,2	1,3	1,5	1,6	1,8	2,0	2,1	2,3	2,5	2,7	2,9	3,2	3,5	4,0	4,6
	1,6 ≤ R	0,9	1,1	1,2	1,4	1,5	1,7	1,8	2,0	2,2	2,4	2,6	2,8	3,0	3,3	3,6	4,1	4,7
1165	R < 1,06	1,0	1,1	1,3	1,5	1,6	1,8	2,0	2,2	2,4	2,6	2,8	3,0	3,3	3,6	4,0	4,6	5,2
	1,06 à 1,11	1,0	1,1	1,3	1,5	1,7	1,8	2,0	2,2	2,4	2,6	2,9	3,1	3,4	3,7	4,0	4,6	5,3
	1,12 à 1,24	1,0	1,2	1,4	1,5	1,7	1,9	2,0	2,3	2,5	2,7	2,9	3,1	3,4	3,7	4,0	4,7	5,3
	1,25 à 1,59	1,1	1,2	1,4	1,6	1,7	1,9	2,1	2,3	2,5	2,7	2,9	3,1	3,4	3,7	4,0	4,7	5,3
	1,6 ≤ R	1,1	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0	2,1	2,3	2,6	2,8	3,0	3,2	3,5	3,8	4,2	4,8	5,5
1455	R < 1,06	1,1	1,3	1,5	1,7	2,0	2,2	2,4	2,6	2,9	3,1	3,4	3,7	4,0	4,4	4,8	5,6	6,3
	1,06 à 1,11	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0	2,2	2,4	2,7	2,9	3,2	3,5	3,7	4,1	4,5	4,8	5,6	6,4
	1,12 à 1,24	1,2	1,4	1,6	1,8	2,1	2,3	2,5	2,7	3,0	3,2	3,5	3,8	4,1	4,5	4,9	5,7	6,4
	1,25 à 1,59	1,3	1,5	1,7	1,9	2,1	2,3	2,5	2,8	3,0	3,3	3,6	3,9	4,2	4,6	5,0	5,7	6,5
	1,6 ≤ R	1,3	1,5	1,7	1,9	2,1	2,4	2,6	2,8	3,1	3,3	3,6	3,9	4,3	4,7	5,1	5,8	6,6
1745	R < 1,06	1,3	1,5	1,8	2,0	2,3	2,5	2,8	3,1	3,3	3,6	4,0	4,3	4,7	5,1	5,6	6,4	7,3
	1,06 à 1,11	1,4	1,6	1,8	2,1	2,3	2,6	2,8	3,1	3,4	3,7	4,0	4,4	4,7	5,2	5,6	6,5	7,4
	1,12 à 1,24	1,4	1,6	1,9	2,1	2,4	2,6	2,9	3,2	3,5	3,8	4,1	4,4	4,8	5,2	5,7	6,6	7,4
	1,25 à 1,59	1,5	1,7	1,9	2,2	2,4	2,7	2,9	3,2	3,5	3,8	4,2	4,5	4,9	5,3	5,8	6,7	7,5
	1,6 ≤ R	1,5	1,7	2,0	2,2	2,5	2,8	3,0	3,3	3,6	3,9	4,2	4,6	5,0	5,4	5,9	6,8	7,6

L (mm)	630	740	800	900	1000	1120	1250	1400	1600	1800	2000	2240	2500	2800	3150	3550
C_L	0,80	0,83	0,86	0,89	0,91	0,93	0,95	0,98	1,00	1,02	1,04	1,06	1,08	1,10	1,12	1,14

Tableau A-5 : Longueurs primitives des courroies

VP 2 SPZ — **L = longueur de référence standard (mm)**

500	580	662	722	775	862	937	1024	1090	1171	1250	1337	1437	1550	1662	1800	1937	2137	2430	3000
512	600	670	730	787	875	950	1030	1112	1180	1262	1347	1450	1562	1687	1812	1950	2180	2500	3070
515	612	687	737	800	887	962	1037	1120	1187	1280	1360	1462	1587	1700	1837	1987	2187	2580	3150
530	615	690	750	812	900	975	1047	1127	1202	1287	1362	1487	1600	1737	1850	2000	2240	2650	3250
545	630	697	758	825	912	987	1060	1137	1212	1312	1387	1500	1612	1750	1862	2037	2287	2720	3350
560	637	710	762	837	922	1000	1077	1150	1220	1320	1400	1512	1637	1762	1887	2060	2300	2800	3450
562	650	717	772	850	925	1012	1087	1162	1237	1327	1412	1537	1650	1787	1900	2120	2360	2900	3550

Tableau A-6 : Données pour le calcul des roulements

roulements rigides à billes (à contact radial)

si $\frac{F_a}{F_r} \leqslant e$ alors $P = F_r$ ($X = 1$ et $Y = 0$)

si $\frac{F_a}{F_r} > e$ alors $P = 0{,}56.F_r + Y.F_a$

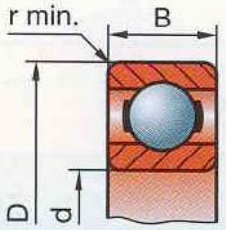
les valeur de e et Y dépendent du rapport $\frac{f_0.F_a}{C_0}$ ou $\frac{F_a}{C_0}$ (voir ci-dessous)

$\frac{f_0.F_a}{C_0}$*	0,172	0,345	0,689	1,03	1,38	2,07	3,45	5,17	6,89
$\frac{F_a}{C_0}$**	0,014	0,028	0,056	0,084	0,110	0,170	0,283	0,42	0,5
X*	0,56	0,56	0,56	0,56	0,56	0,56	0,56	0,56	0,56
Y*	2,30	1,99	1,71	1,55	1,45	1,31	1,15	1,04	1,00
e*	0,19	0,22	0,26	0,28	0,30	0,34	0,38	0,42	0,44

* : valeurs NF ISO 281 ; ** : valeurs usuelles

Roulements ouverts
Roulements à flasques
Roulements à joints

C_0 : charge statique de base
C : charge dynamique de base



d	D	B	r	C_0 N	C N	n max.* tr/min
17	47	14	1	6 550	13 500	19 000
20	42	12	0,6	5 000	9 360	20 000
20	47	14	1	6 550	12 700	18 000
20	52	15	1,1	7 800	15 900	16 000
25	47	12	0,6	6 550	11 200	18 000
25	52	15	1	7 800	14 000	15 000
25	62	17	1,1	11 600	22 500	14 000

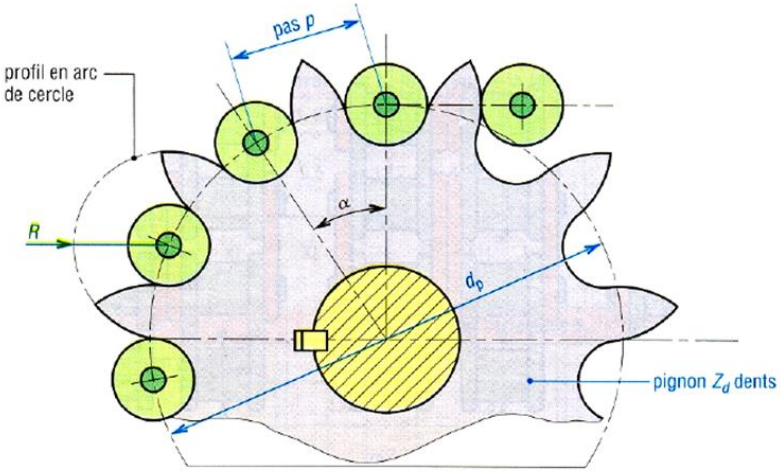


Figure A-1 : Roue d'une transmission par chaine

Partie B : Fabrication Mécanique

Cette partie est composée de **quatre sections** désignées successivement par :

1. Étude des matériaux et Procédé d'élaboration du brut du pignon-arbré (16);
2. Élaboration partielle de l'Avant-Projet d'Étude de Fabrication (APEF) du pignon-arbré (16) ;
3. Etude de la coupe ;
4. Mise en forme du couvercle (63)..

Section B.I- Étude des matériaux

L'objectif principal de cette section est de :

- Choix et caractérisation des matériaux,

On a réalisé un essai de traction sur une éprouvette normalisée, prélevée du matériau choisi, de longueur utile initiale **L_0 = 100 mm** ; et de diamètre initial **d_0 = 10 mm.** Au cours de l'essai de traction ; le matériau passe par différents domaines. Le tableau (**Tableau B-1**) présente les trois décharges effectuées à partir de trois niveaux de chargement différents.

Tableau B-1 : Caractéristiques de différents niveaux de décharges

Domaine	*Force limite atteinte avant décharge (N)*	*Longueur limite atteinte avant décharge (mm)*	*Longueur après suppression de la charge (mm)*
Elastique	F1 = 37 287	L1 = 100,228	L0 = 100
Elasto-plastique	F2 = 45 844	L2 = 102,620	L'2 = 102
Rupture	F3 = 61 622	-	L_{finale} = 121

La courbe de traction (**Figure B-1**) décrit l'évolution de la contrainte appliquée sur l'éprouvette en fonction de la déformation enregistrée du matériau testé.

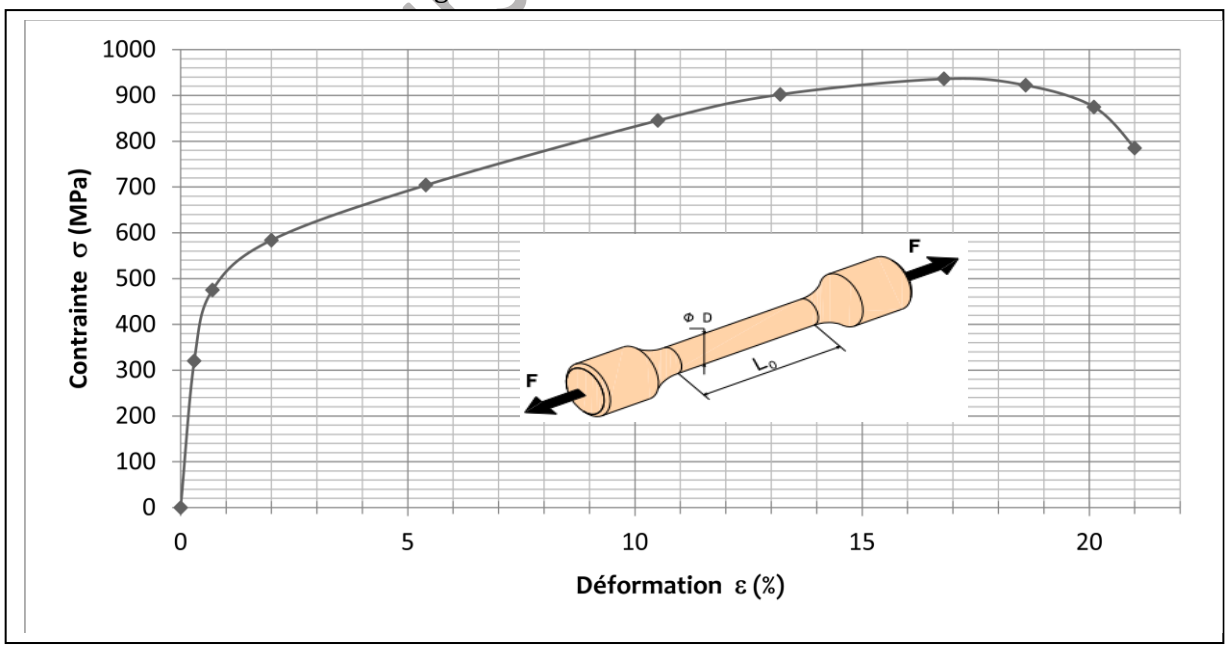


Figure B-1 : Courbe de traction du matériau de l'arbre (**16**)

- Procédé d'élaboration du brut de pignon-arbré (16)

Concours Techno CFM 2025

Section B.II - Élaboration du brut et de l'Avant-Projet d'étude de Fabrication du pignon-arbré (16)

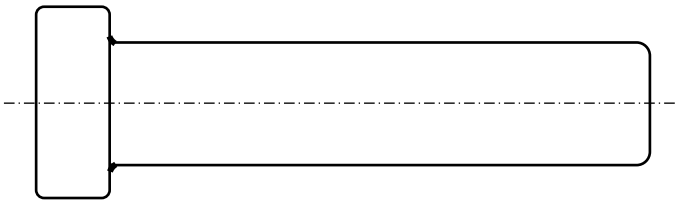
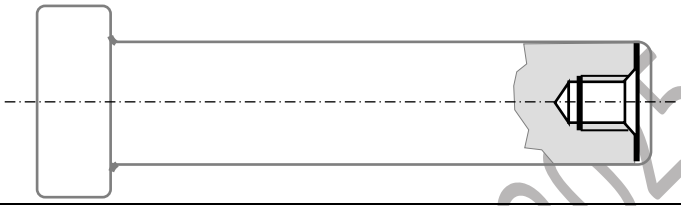
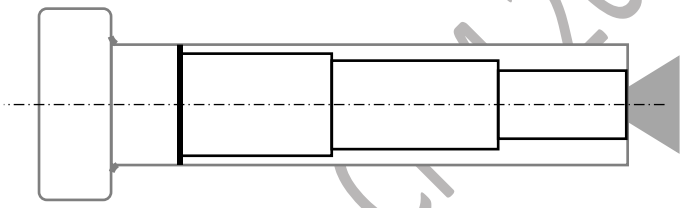
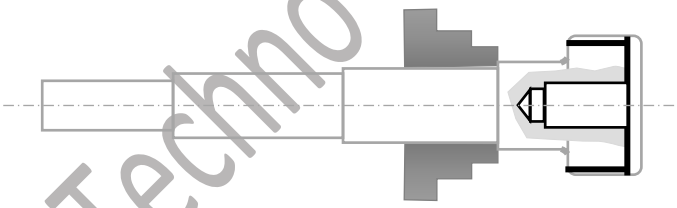
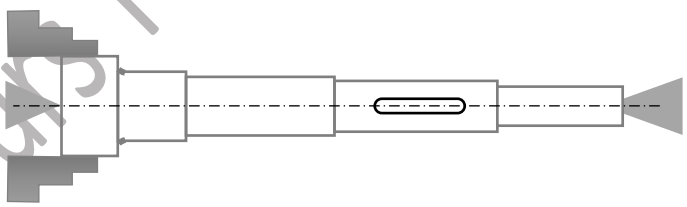
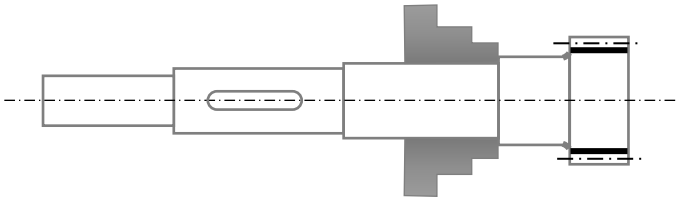
Dans cette section, on se propose d'étudier l'obtention du brut et l'usinage du pignon-arbré (16) représenté par le document **DT-03** et **les tableaux B-2 et B-3**.
Nous voulons réaliser une série de 200 pièces. Nous supposons que le brut de cet arbre est élaboré par un procédé de forgeage par refoulage à partir d'une barre cylindrique de diamètre de 25mm.
La réalisation du **pignon-arbré** (**16**) est effectuée sur des machines-outils conventionnelles et que la **gamme prévisionnelle de fabrication** comporte 6 phases indiquées dans les **Tableaux B-2** et **B3**.

Tableau B-2. Gamme prévisionnelle de fabrication proposée

Phases	Opérations	Procédés
Phase **10**	*Contrôle des pièces brutes*	
Phase **20**	Usinage des surfaces : **F1 ; D1** ; **F3** ; **T1 ; F2** ; **C1**	Tournage
Phase **30**	Usinage des surfaces : **D2** ; **C2** ; **D3** ; **D4 ; F4 ; F5 ; F6**	Tournage
Phase **40**	Usinage des surfaces : **F9** ; **D8** ; **D5 ; D6 ; F7 ; F8**	Tournage
Phase **50**	Usinage des surfaces : **F10** ; **F11** ; **F12**	Fraisage
Phase **60**	Usinage de la surface : **D7**	Fraisage
Phase **70**	*Contrôle final des pièces usinées*	

DT-Concours Techno CFM 2025

Tableau B-3. Croquis des différentes phases

Phase	CROQUIS
Phase 10 : Contrôle du brut	
Phase 20	
Phase 30	
Phase 40	
Phase 50	
Phase 60	
Phase 70 *Contrôle final*	**DT-03**

DT-Concours Techno CFM 2025

Section B-III. Etude de la coupe

Dans cette section, on s'intéresse à l'étude de la coupe associée à une opération d'usinage du pignon-arbré (**16**). L'opération consiste à effectuer le taillage des dents de l'engrenage du pignon-arbré (16) à l'aide d'une fraise module montée horizontalement sur la broche de la fraiseuse (**Figure B-2**). On s'intéresse au calcul :

- Du temps d'usinage,
- Et de la durée de vie de l'outil.

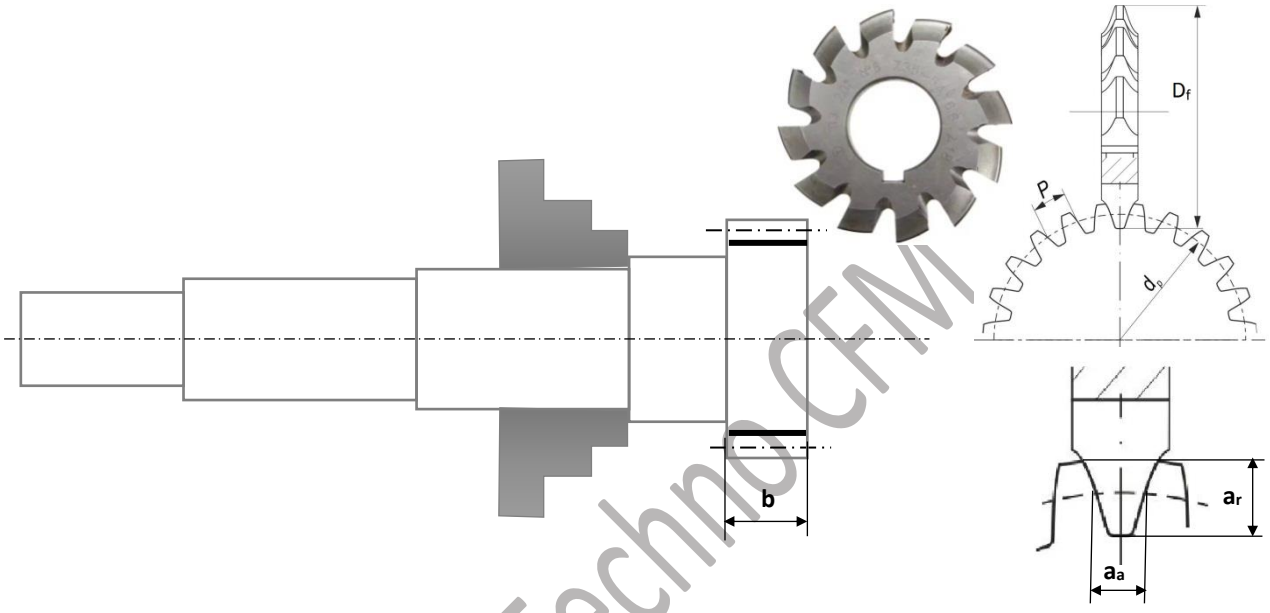


Figure B-2 : Schéma du montage d'usinage

Les paramètres de coupe sont reportés dans le **tableau B-4** :

Tableau B-4 : Paramètres de coupe utilisés

Machine	Fraiseuse	**Pm = 2 Kw**	**η = 0,6**	
	Montage en l'air sur diviseur			
Outil	Fraise module en **ARS**	D_f = 56 mm	m = 1.5 mm	Z_f = 15 dents
	V_c = 20 m/mn	f_Z = 0,03 mm/dent/tr		K_S = 345 daN/mm²
Pièce	Pignon à denture droite	dp = 36 mm	Z_{16} = 24 dents	m = 1.5 mm
		b = 12 mm	a_a = 2.36 mm	a_r = 3.37 mm

DT-Concours Techno CFM

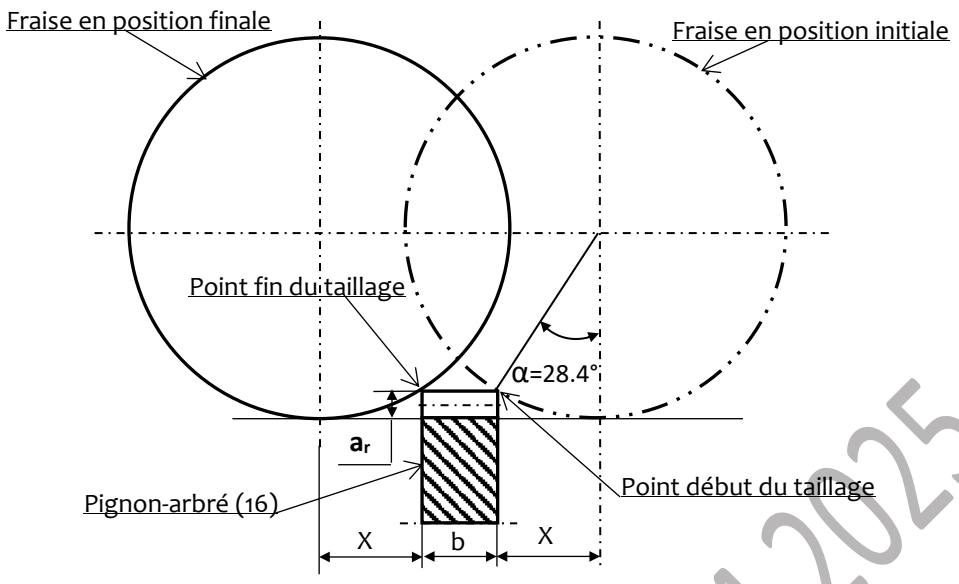


Figure B-3: Positions limites de la fraise en début et fin de l'opération de taillage

Section B-IV. Mise en forme du couvercle (63)

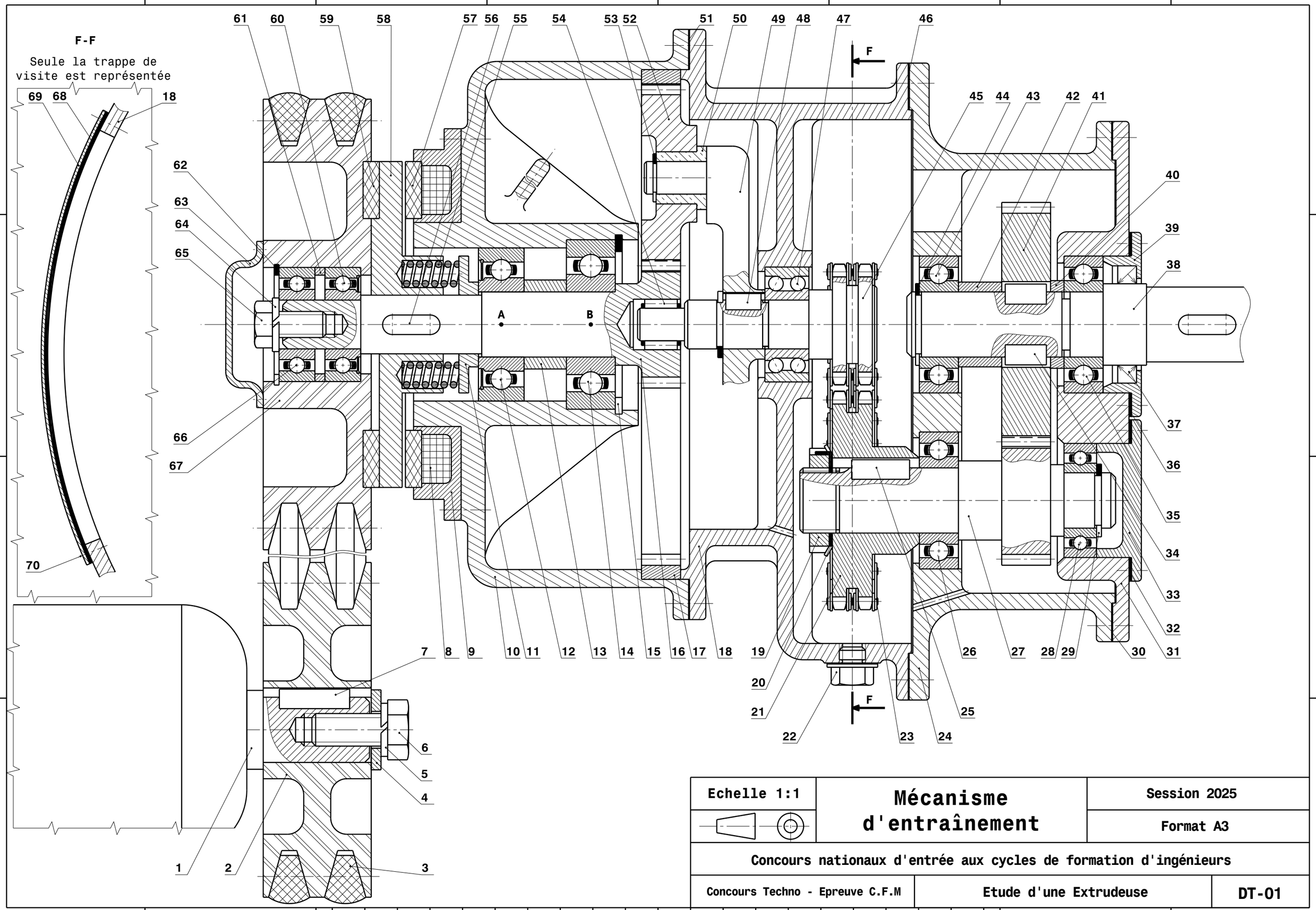
L'objectif de cette partie est d'étudier la production de 200 couvercles (**63**). Le couvercle représenté par le dessin de définition (**DT-04**) est obtenu à partir d'une tôle en acier **S235 JR** d'épaisseur **2 mm**. La spécificité de cette pièce exige son obtention sur une presse hydraulique par les opérations suivantes :

1) Découpage d'un flan de diamètre $\mathbf{D}_f$;
2) Emboutissage du flan ;
3) Perçage des trous sur l'embouti.

Les surfaces élémentaires en emboutissage sont données dans le document technique (**DT-05**).

NB : Pour le calcul des surfaces élémentaires, les côtes du couvercle seront considérées par rapport à la fibre moyenne.

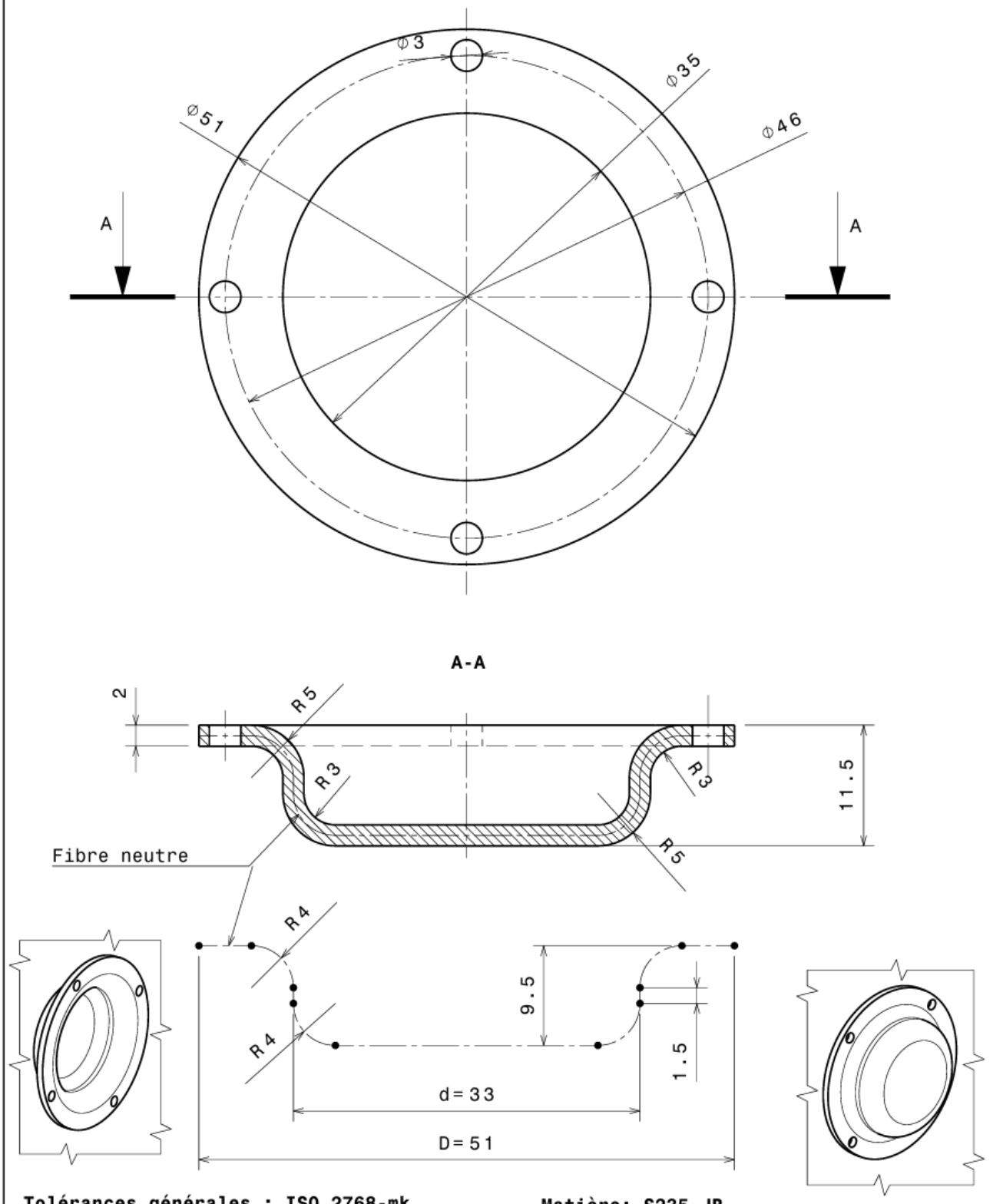
DT-Concours Techno CFM 2025



Echelle 1:1	**Mécanisme d'entraînement**	Session 2025
		Format A3
Concours nationaux d'entrée aux cycles de formation d'ingénieurs		
Concours Techno - Epreuve C.F.M	Etude d'une Extrudeuse	DT-01

Rep	Nbre	Désignation	Matériaux	Obs.
43	1	Roulement à billes type 20 BC 10		SKF
42	1	Bague		
41	1	Roue dentée	35 Cr Mo 4	
40	1	Bague		
39	1	Couvercle	S 235	
38	1	Arbre de sortie	35 Cr Mo 4	
37	1	Joint à lèvres type AS, 25 x 36 x 6		
36	1	Joint plat		
35	1	Roulement à billes type 20 BC 10		
34	2	Clavette parallèle		
33	1	Couvercle	S 235	
32	1	Joint plat		
31	1	Boîtier	GE 360	Moulé
30	1	Joint plat		
29	1	Anneau élastique pour arbre		
28	1	Roulement à billes type 17 BC 10		SKF
27	1	Pignon arbré	35 Cr Mo 4	
26	1	Roulement à billes type 20 BC 10		SKF
25	1	Clavette parallèle		
24	1	Carter	GE 360	Moulé
23	1	Chaîne		
22	1	Bouchon de vidange		
21	1	Roue de chaîne	35 Cr Mo 4	
20	1	Rondelle frein		
19	1	Ecrou à encoches type KM – M20		
18	1	Carter intermédiaire	GE 360	Moulé
17	1	Couronne	35 Cr Mo 4	
16	1	Pignon arbré		
15	1	Anneau élastique pour alésage		
14	1	Roulement à billes type 20 BC 03		SKF
13	1	Bague		
12	1	Roulement à billes type 20 BC 02		SKF
11	1	Plateau	S 235	
10	1	Carter	GE 360	Moulé
9	1	Support Electro-aimant		
8	1	Electro-aimant		
7	1	Clavette parallèle		
6	1	Vis H M10- 25		
5	1	Rondelle Grower		
4	1	Rondelle plate		
3	2	Courroie trapézoïdale		
2	1	Poulie motrice	EN AW-1050A	
1	1	Arbre moteur	35 Cr Mo 4	

Rep	Nbre	Désignation	Matériaux	Obs.
70	8	Vis de fixation		
69	1	Cache	S235 JR	Tôle
68	1	Joint		
67	1	Poulie receptrice	EN AW-1050A	
66	1	Roulement à billes type 15 BC 02		SKF
65	1	Vis H M8		
64	1	Rondelle Grower		
63	1	Couvercle	S 235	
62	1	Anneau élastique		
61	1	Bague		
60	1	Roulement à billes type 15 BC 02		SKF
59	1	Garniture embrayage	Ferodo	
58	1	Disque	S 235	
57	1	Garniture frein	Ferodo	
56	1	Clavette parallèle		
55	4	Ressort	51 Si 7	
54	1	Cage à aiguilles Type NES		
53	1	Anneau élastique		
52	3	Satellite	35 Cr Mo 4	
51	1	Joint plat		
50	1	Coussinet	Cu Sn 8	
49	1	Bras porte-salettlite	EN-GJL-250	Moulé
48	1	Clavette parallèle		
47	1	Roulement à billes type 15 BE 32		SKF
46	1	Joint plat		
45	1	Pignon arbré	35 Cr Mo 4	
44	1	Anneau élastique		



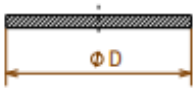
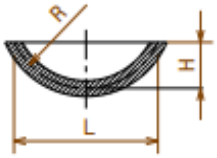
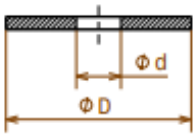
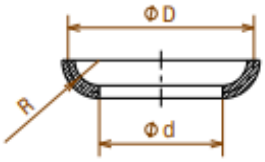
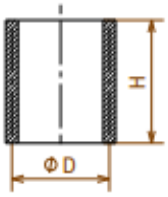
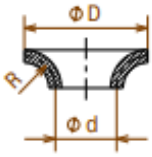
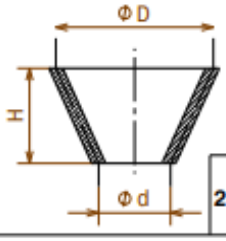
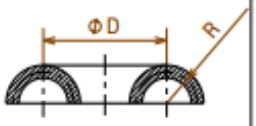
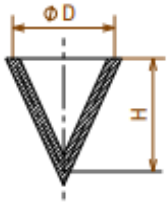
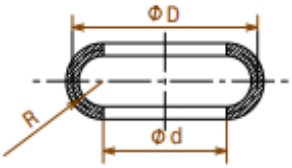
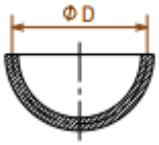
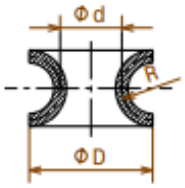
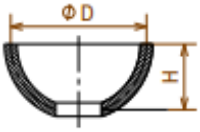
Tolérances générales : ISO 2768-mk **Matière: S235 JR**

Echelle 2:1	Couvercle (63)	**Session 2025**
		Format A4

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

Concours Techno - Epreuve C.F.M	**Mécanisme d'Entraînement**	**DT-04**

Calculs des surfaces élémentaires

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

Effort de poinçonnage : $F_p = \pi.D_f.e.R_c$

Effort d'emboutissage : $F_E = k.\pi.D.e.R_r$

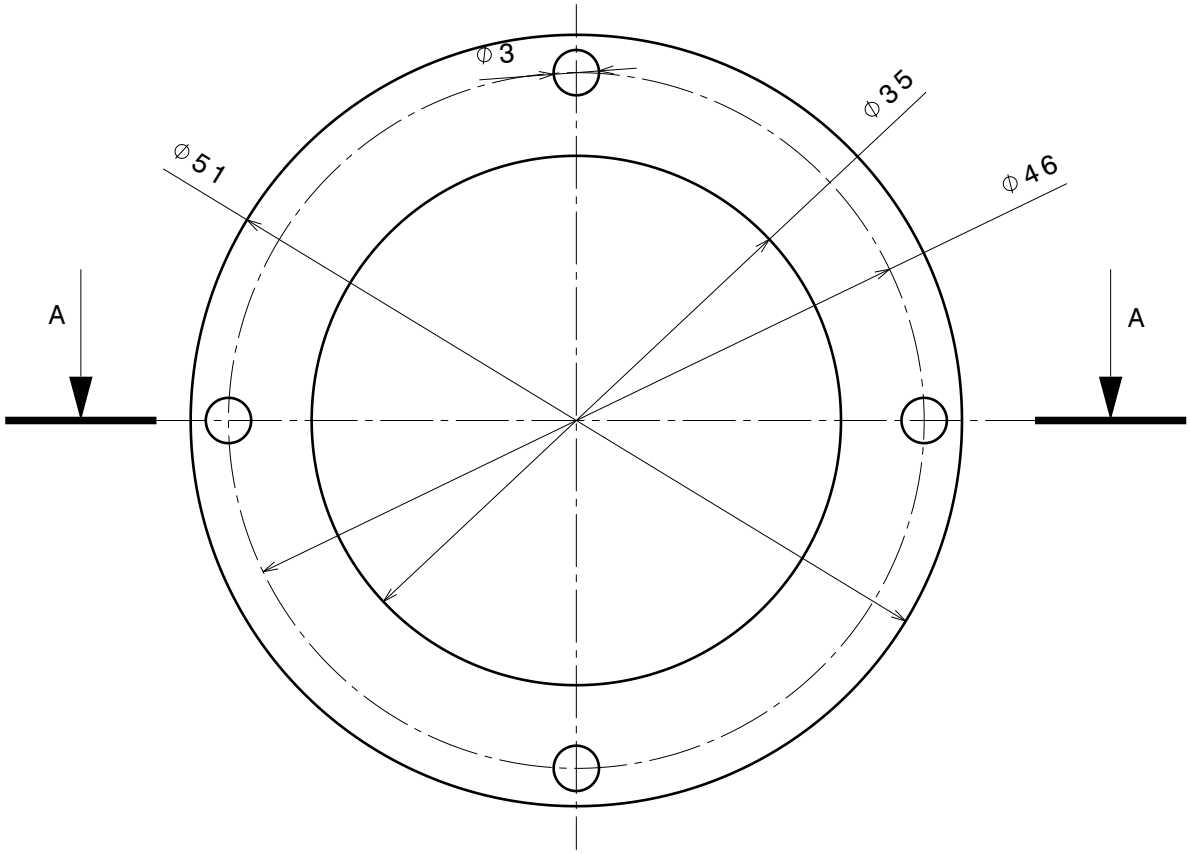
Effort du serre-flan : $F_{sf} = \frac{\pi}{4}(D^2-d^2).P_{sf}$

avec: $R_c = 0,8.R_r$

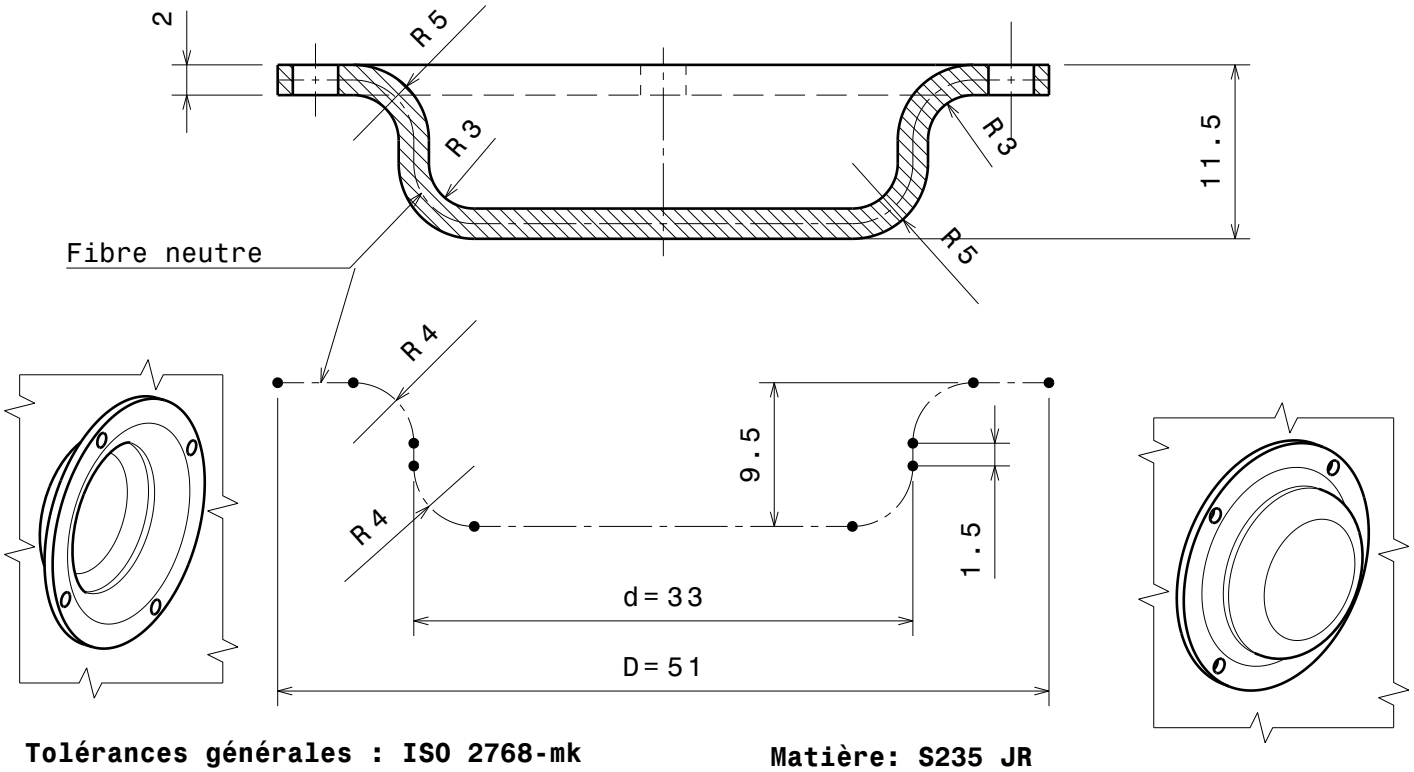
$k = 0,55$

$P_{sf} = 2,5$ MPa

DT-05



A-A



Tolérances générales : ISO 2768-mk

Matière: S235 JR

Echelle 2:1	Couvercle (63)	**Session 2025**
		Format A4

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

Concours Techno - Epreuve C.F.M	**Mécanisme d'Entraînement**	**DT-04**

DOSSIER

DOCUMENT REPONSES

- ✓ Ce dossier comporte 21 pages numérotées de 1 à 21.
- ✓ Un seul dossier document réponse est fourni au candidat et doit être rendu en totalité, même sans réponses, à la fin de l'épreuve.
- ✓ Le renouvellement de ce dossier est interdit

Partie A : Conception Mécanique

♦ Section A.I- Étude technologique

A.1. Compléter le tableau ci-dessous.

Pièces/entité	Rôle
Ressort (55)	……
Bobine (8)	……
Joint (37)	……
Nervure dans (10)	……

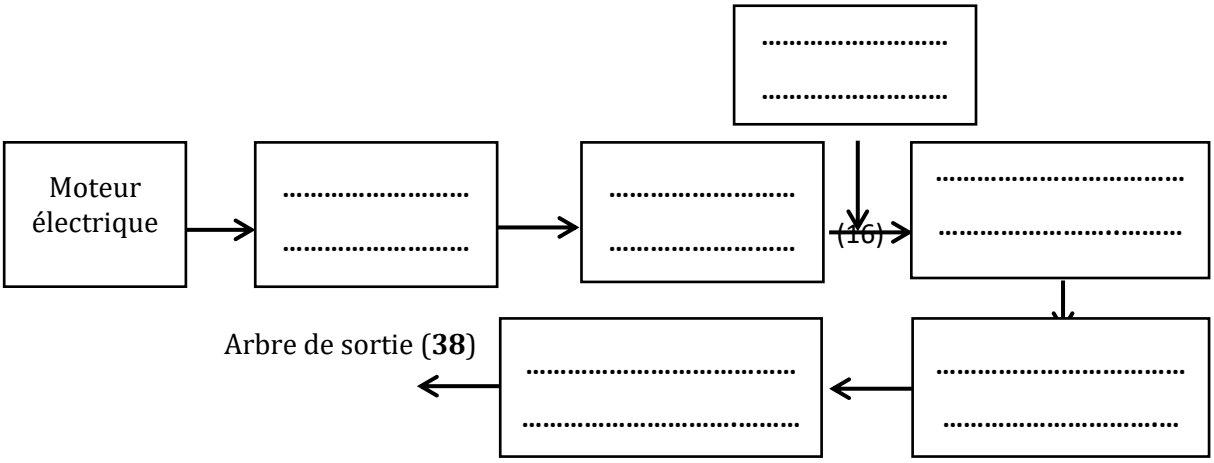
A.2. Comment est assurée la lubrification du mécanisme.

……

A.3. Compléter le **Tableau ci-dessous**, en précisant **les ajustements** entre les pièces suivantes :

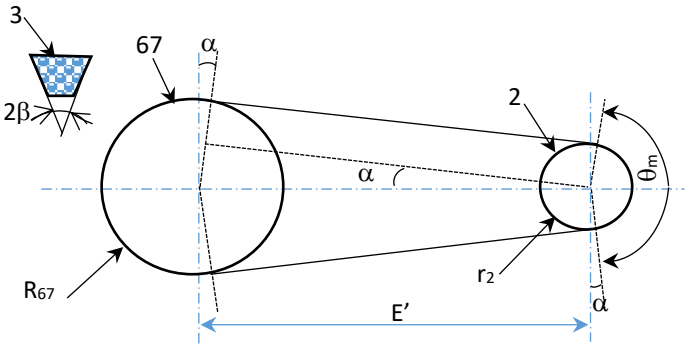
Pièces	Ajustement
31/33	……ϕ H7/h6……
12/16	……
49/50	……
17/10	……
58/16	……

A.4. En se basant sur le document technique (**DT-01**), compléter le diagramme fonctionnel associé à la chaîne de transmission de puissance entre le moteur et l'arbre de sortie (38).



♦Section A.II- Etude du système poulies-courroies (2, 3, 67)

On schématise la transmission par :



A.5. Calculer l'angle d'enroulement θ_m de la courroie (3) sur la petite poulie motrice.

……

……

…… θ_m =…… rd

A.6. Calculer la tension sur le brin mou de la courroie, si on considère que la masse de la courroie est négligeable.

……

……

……

……

…… t = …… N

A.7. Calculer la tension sur le brin tendu de la courroie.

……

…… T = …… N

A.8. Calculer la tension de pose T_0 à installer lors du montage de la courroie.

…… T_0 = …… N

A.9. Déterminer, en se référant au tableau A-2, le facteur de service **«S»** puis calculer la puissance totale à transmettre dans ces conditions de service (nommée puissance corrigée **Pc**).

……

…… S = …… …… Pc = ……kW

A. 10. Choisir, en se référant au tableau A-3, les sections de courroie convenables en fonction de Nm et Pc : …… Sections : ……

Dans la suite, on utilise la courroie de type SPZ

A.11. Calculer la longueur théorique L_{th} de la courroie correspondante à la transmission et choisir une longueur standard Lp.

……

……

……

…… L_{th} =……mm .....Choix : Lp =……mm

A.12. Calculer la nouvelle valeur de l'entraxe E.

……

……

……

…… E =……mm

A.13. Déterminer, en se basant sur le tableau A-3, le facteur d'arc **a** et le facteur de longueur $\mathbf{C_L}$ (on prendra toujours la valeur approchée juste supérieure).

…… a = …… …… C_L = ……

A.14. Déterminer, en se basant sur le tableau A-4, la puissance brute transmissible par une seule courroie P_0.

…… P_0 = ……kW

A.15. Déterminer le nombre de courroies **n** nécessaire pour cette transmission.

…… n =……

♦Section A.III- Etude de l'embrayage-frein.

Supposons que la pression entre les surfaces frottantes reste constante,

A.16. Calculer le couple d'adhérence (C_{ad}) de l'embrayage.

……

……

…… C_{ad} =…… Nm

A**.17.** Calculer la pression **p** de contact exercée sur la garniture (59) et conclure.

……

…… **P** =…… MPa

Conclusion : ……

A.18. Supposons que l'inertie des parties tournantes du récepteur $\mathbf{I_r = 1.5\ kgm^2}$ et le système doit s'arrêter en un temps **t =10s**. Calculer le couple de freinage (C_f) nécessaire pour arrêter le système.

……

……

…… C_f =…… Nm

A.19. En déduire l'effort presseur (N_p) entre (57) et (58).

……

…… N_P =…… N

A.20. Calculer l'effort F_{bo} que doit exercer la bobine (8) pour assurer le freinage.

……

…… F_{bo} =…… N

♦ Section A.IV- Etude du train épicycloïdal (16, 17, 49, 52)

A.21. Exprimer le rapport de transmission $\frac{N_{49}}{N_{16}}$ en fonction du nombres de dents du train en utilisant la relation de Willis.

……

……

……

A.22. Etablir une relation entre les nombres de dents du train traduisant la condition géométrique d'engrènement.

……

……

……

A.23. Ecrire la relation, entre les nombres des dents du train, déduite de la condition de montage des roues du train.

……

……

……

A.24- Calculer les nombres de dents $\mathbf{Z_{16}}$ et $\mathbf{Z_{17}}$ et $\mathbf{Z_{52}}$ pour ce train.

……

……

……

……

……

…… $\mathbf{Z_{16}}$ = …….…… dents …… $\mathbf{Z_{17}}$ =…….……dents …… $\mathbf{Z_{52}}$ =……dents

Section A.V- Etude de la transmission par chaîne (21, 23, 45) *(figure A-1 ; page 7/12)*

A.25. Donner l'expression puis calculer la vitesse linéaire V de la chaîne.

……

…… V =…… m/s

A.26. Exprimer puis calculer l'angle du pas α en fonction du nombre des dents du pignon (45).

…… α =…… degrés

A.27. Exprimer puis calculer le diamètre **d** primitif du pignon (45) en fonction de l'angle du pas α.

……

…… d=…… mm

A.28. Donner l'expression puis calculer l'angle d'enroulement $\boldsymbol{\theta_{45}}$ du pignon (45).

……

…… $\boldsymbol{\theta_{45}}$ =…… degrés

A.29. Calculer la longueur primitive théorique de la chaîne $\mathbf{L_{pt}}$.

……

…… L_{pt} =…… mm

♦ Section A.VI- Etude de l'extrusion d'un fil en matière plastique

A.30. Calculer la vitesse $\mathbf{N_{38}}$ de l'arbre de sortie (38) (vitesse de la vis d'Archimède).

……

…… N_{38} =…… tr/mn

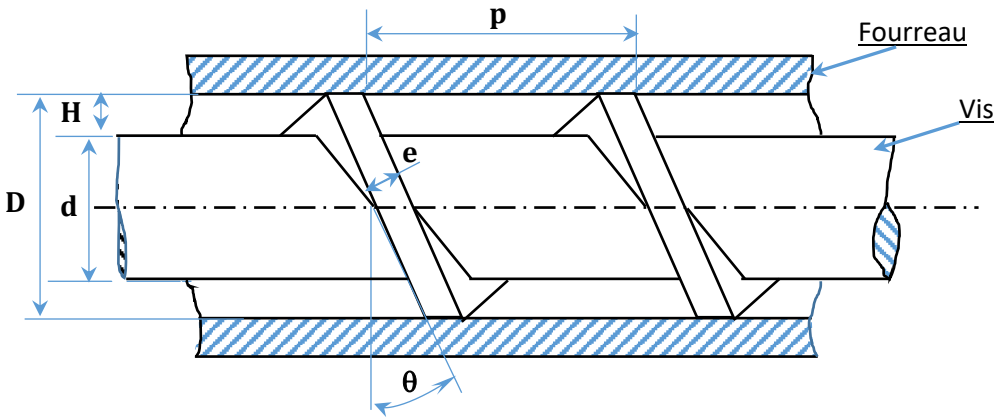
A.31. Calculer la puissance $\mathbf{P_{38}}$ au niveau de l'arbre de sortie (38).

……

…… P_{38} =…… W

On donne la géométrie de la vis (voir figure ci-dessous) :

*Diamètre intérieur du fourreau **D** = 25 mm ; diamètre du corps de la vis **d** = 22 mm ; Pas de la vis **p**=12mm ; La longueur de la vis **l** = 336 mm, l'épaisseur «**e**» est supposé négligeable.*



A.32. Calculer le nombre **n** de filets de cette vis.

……

……

…… n =……

A.33. Calculer le volume V de la pâte, supposée incompressible, par pas.

……

…… V=……mm^3

On suppose que le diamètre du fil à la sortie de la buse est d_b =2 mm.

A.34. Calculer la longueur du fil produite par un tour de la vis.

……

…… L =……mm/tr

A.35. Calculer le temps **t** nécessaire pour produire une bobine de 1000 m.

…… t = ……mn

A.36. Calculer l'angle d'inclinaison de la vis **θ**.

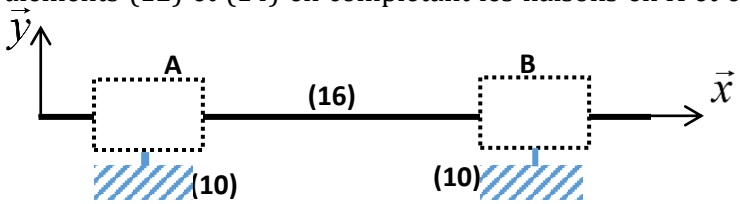
……

……

…… θ =…… degrés

♦ Section A.VII- Etude de la durée de vie des roulements (60 et 66)

A.37. Modéliser les roulements (12) et (14) en complétant les liaisons en A et en B dans la figure ci-dessous.



On donne les torseurs des actions mécaniques aux points A et B.

$$\{\tau_{L_A}\}_A = \begin{Bmatrix} 0 & 0 \\ -1250 & 0 \\ -870 & 0 \end{Bmatrix}_A \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad \{\tau_{L_B}\}_B = \begin{Bmatrix} -858 & 0 \\ 1930 & 0 \\ -90 & 0 \end{Bmatrix}_B \quad \text{(Les forces en N)}$$

A.38. Calculer, pour chacune des deux liaisons, l'effort axial F_a et l'effort radial F_r.

……

……

……

……

…… F_{rA} = ……N ; F_{aA} = ……N ; F_{rB} = ……N ; F_{aB} = ……N

A.39. Déterminer les valeurs des coefficients **X** et **Y** pour le roulement (12) (liaison en A) (utiliser le tableau A-6) : ……

…… X = …… ; Y = ……

A.40. Déterminer la charge équivalente $\mathbf{P_{12}}$ appliquée sur le roulement (12).

…… P_{12} = ……N

A.41. Calculer la durée de vie en heures de fonctionnement $\mathbf{L_{10h}}$ du roulement (12).

……

…… L_{10h} = ……heures

A.42. Déterminer les valeurs des coefficients **X** et **Y** pour le roulement (14) (liaison en B).

……

…… e = …… ; X = …… ; Y = ……

A.43. Déterminer la charge équivalente $\mathbf{P_{14}}$ appliquée sur le roulement (14).

……

…… P_{14} = ……N

A.44. Calculer la durée de vie en heures de fonctionnement $\mathbf{L_{10h}}$ du roulement (14**).**

……

……

……

……

……

……

L_{10h} = ……heures

A.45. Interpréter les résultats des durées de vie obtenues.

……

……

……

♦ Section A.VIII - Étude graphique

<u>Étude de conception</u> : L'arbre (38) est soumis à une charge axiale exercée par la vis d'Archimède, on se propose alors de remplacer les roulements existants par des roulements à rouleaux coniques et de prévoir un roue-arbrée à la place de la solution existante.

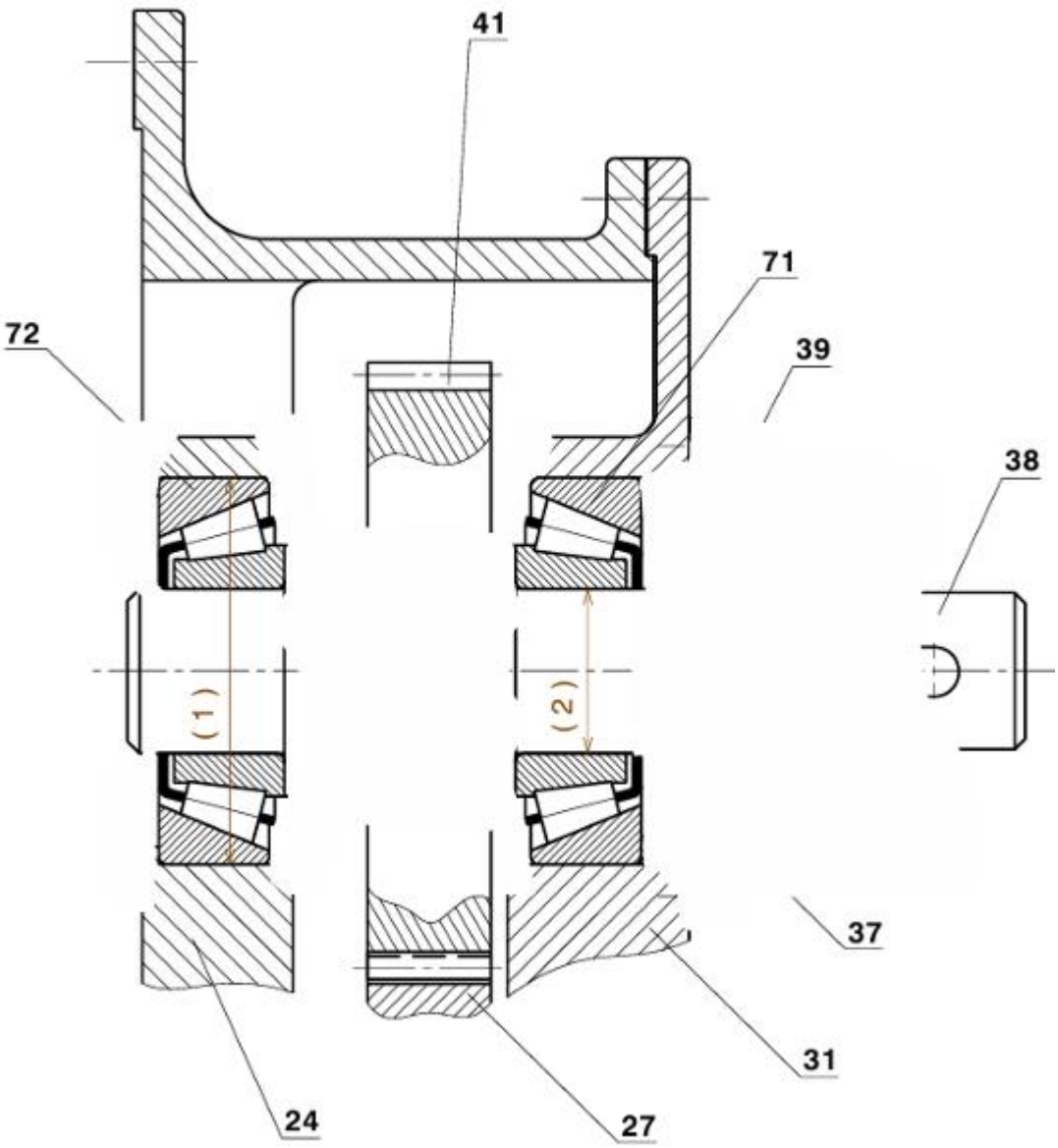
On donne le dessin incomplet d'un montage et **on demande de :**

A.46. Compléter le montage des roulements à rouleaux coniques.

A.47. Compléter la liaison roue-arbré (41) avec l'arbre (38).

A.48. Prévoir l'étanchéité du système.

A.49. Indiquer, dans le tableau ci-après, les ajustements nécessaires pour les solutions proposées**.**



A.49.	id	**Ajustement**
Ajustements pour les roulements (71) et (72)	(1)	……
	(2)	……
Ajustements pour le joint (37)	(3)	……
	(4)	……
Ajustements pour le couvercle (39)	(5)	……

72	1	Roulement à rouleaux coniques Type 20 KB 02		SKF
71	1	Roulement à rouleaux coniques Type 20 KB 02		SKF
41	1	Roue arbrée	35 Cr Mo 4	
39	1	Couvercle	S235 JR	
38	1	Arbre de sortie	35 Cr Mo 4	
37	1	Joint à lèvres type AS, 25 x 36 x 6		
31	1	Boîtier	GE 360	Moulé
27	1	Pignon arbré	35 Cr Mo 4	
24	1	Carter	GE 360	Moulé
Rep.	**Nbre**	**Désignation**	**Matériaux**	**Obs.**
		Mécanisme d'Entraînement	**Echelle 1:1**	**Session 2025**

Partie B : Fabrication Mécanique

✦ Section B.I Etude des matériaux

B-1 – B-4 Désignation des matériaux :
Donner la signification des désignations normalisées de chacun des matériaux mentionnés dans les tableaux suivants :

- **B-1**. Matériau : **EN-GJMB-480-8**

Type de matériau	EN	GJMB	480	8
…… ……	Préfixe	…… ……	…… ……	…… ……

- **B-2**. Matériau : **EN AC-Al Cu4 Mg Ti**

Type de matériau	EN AC	Al	Cu 4	Mg Ti
…… ……	***Préfixe***	…… ……	…… ……	…… ……

- **B-3**. Matériau : 4**340 [36 Cr Ni Mo 6-4]**

Type de matériau	4340	36	Cr Ni Mo	6 - 4
…… ……	*Code commercial*	…… ……	…… …… ……	**6** : …… **4** : …… ……

- **B-4**. Matériau : **[S 235 JR]**

Type de matériau	JR	S	235
Acier doux	*Limite de l'énergie de rupture (27 J)*	…… ……	…… ……

B-5. En se référant aux exigences fonctionnelles imposées sur le pignon-arbré (**16**), proposer un matériau qui lui convient au mieux parmi les quatre matériaux indiqués dans les **questions B-1 – B-4**. Justifier votre réponse :
Choix : ……

Justification : ……

……

B-6. L'obtention du brut du pignon-arbré (**16**) peut-il être obtenu par l'un des procédés suivants ? Répondre dans le tableau suivant en cochant le procédé correspondant.

Procédé	**Réponse**
Moulage en sable par gravité	……..
Mécano-soudure (assemblage par soudure de deux parties)	……..
Usinage dans la masse	……..
Forgeage	……..

Caractérisation du matériau

En s'appuyant sur les résultats expérimentaux du **Tableau B-1** :

B-7. Calculer le module d'Young **E** du matériau choisi (domaine élastique) :

……

……

……

…… **E** = …… (GPa)

B-8. Calculer la déformation élasto-plastique (ε_p) atteinte après le deuxième chargement (domaine élasto-plastique):

……

……

…… ε_p = ……

B-9. Calculer la contrainte à la rupture σ_r :

……

……

…… σ_r = …… (MPa)

B-10. Calculer l'allongement permanent **A** :

……

…… **A** = …… (%)

❖ Procédé d'élaboration du brut du pignon-arbré (16) :

On suppose que le brut du pignon-arbré (16) est obtenu par forgeage. Pour des raisons économiques, cette pièce initialement débitée à partir d'une barre de diamètre 25 mm, subit une opération de refoulage afin d'augmenter le diamètre nécessaire à la réalisation des dents du pignon (**Figure B-2**).

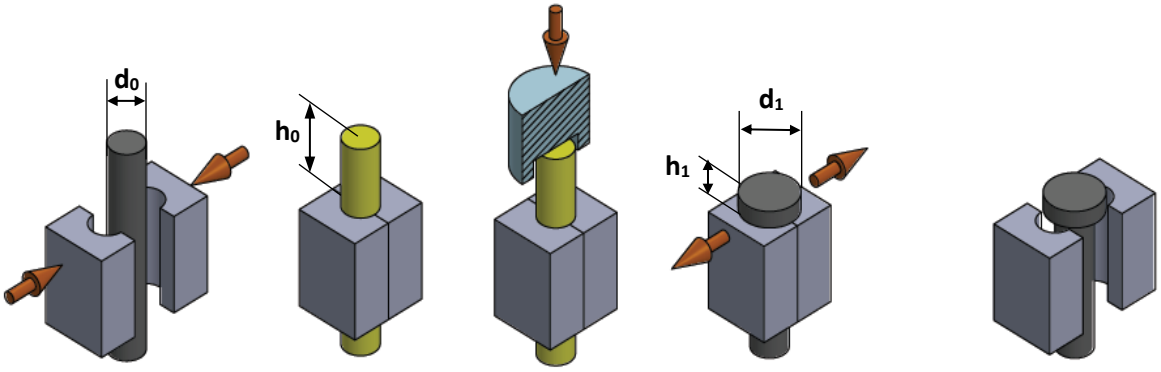


Figure B-2. Différentes étapes de l'opération de refoulage

B-11. Citer deux avantages des pièces obtenues par forgeage en comparaison à celles obtenues par usinage à partir de barres.

Avantage 1 : ……

……

Avantage 2 : ……

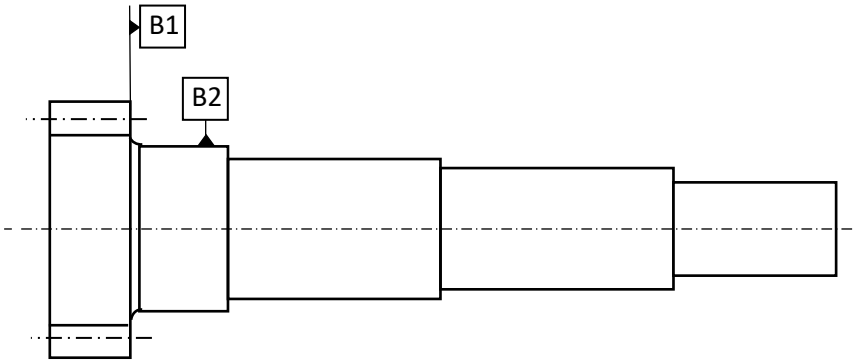
……

B-12. Quels sont les effets de la formation des fibres dans le matériau au cours du procédé de forgeage ?

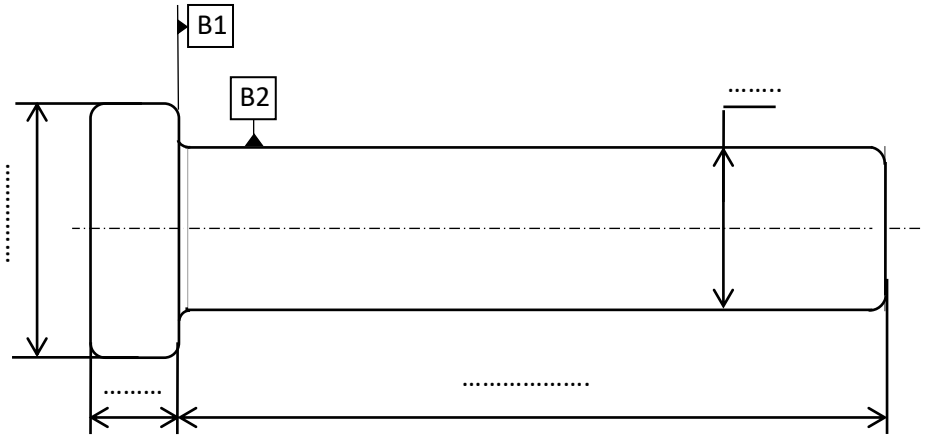
……

……

B-13. En se basant sur le dessin de définition du pignon-arbré (16) (**Document DT-03**), représenter sur la **figure ci-dessous**, les surépaisseurs d'usinage afin d'obtenir sa forme brute.



B-14. Indiquer, sur la **Figure ci-dessous**, les dimensions du brut nécessaires pour l'usinage du pignon-arbré (16). On impose une surépaisseur d'usinage égale à 1 mm.



B-15. En appliquant le principe de la conservation du volume de la pièce avant et après refoulage, déterminer la longueur initiale (**L_0**) de la pièce découpée à partir d'une barre de diamètre 25 mm.

……

……

……

……

……

…… **L_0** = …….mm

Section B.II. Élaboration partielle de l'Avant-Projet d'Étude de Fabrication (APEF) du pignon-arbré (16).

<u>Analyse du dessin de définition (DT-03) :</u>

B-16 – B-19. Compléter le tableau suivant en précisant le type et la désignation de chacune des conditions géométriques suivantes :

	Tolérances géométriques	Type	Interprétations
B-16	D6 ⌭ 0.05	…… ……	…… …… …… ……
B-17	F6 ↗ 0.05 D4	…… ……	…… …… …… ……
B-18	F9 ⊥ 0.1 D4	…… ……	…… …… …… ……
B-19	D4 ◎ ϕ0.2 B1	…… ……	…… …… …… ……

B-20 – B-21. Compléter le tableau suivant :

	Spécification	Type	Explication
B-20	ϕ**18H7**	…… ……	…… …… ……
B-21	Ra 0.8	…… ……	…… …… ……

<u>Etude partielle de la phase 20</u> : (Usinage des surfaces : **F1 ; D1** ; **F3** ; **T1 ; F2**; **C1**)

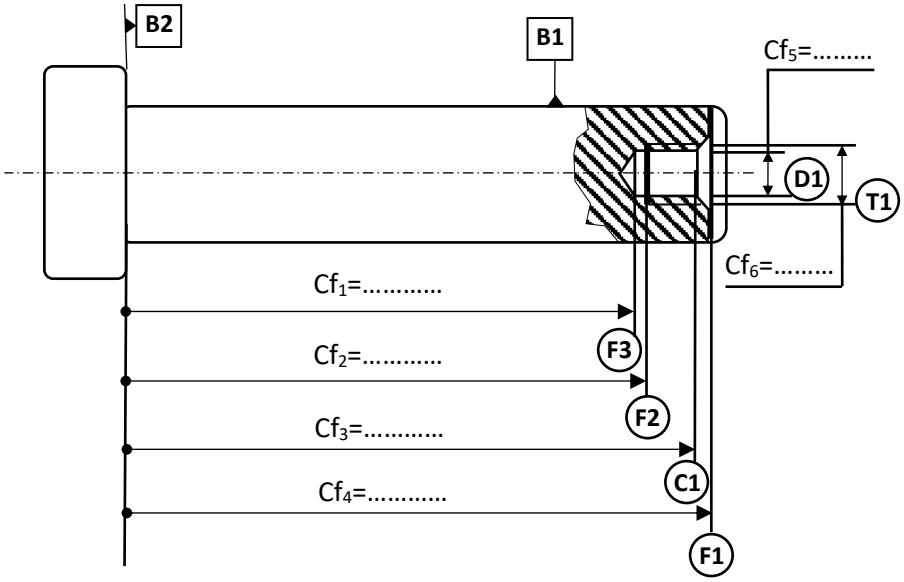
B-22. Préciser le type de montage d'usinage pour la **phase 20**.

……

……

B-23. A partir des spécifications dimensionnelles et géométriques indiquées sur le **document DT-03** du pignon-arbré (16), représenter sur la figure ci-dessous l'**isostatisme** adéquat pour la **phase 20**.

B-24. Compléter sur la figure ci-dessus les **côtes de fabrication** correspondantes à cette **phase 20**.



B-25. Donner la liste des opérations d'usinage dans l'ordre chronologique prévues pour la phase 20.

Opération 1 : ……

Opération 2 : ……

Opération 3 : ……

Opération 4 :……

B-26. Identifier les outils d'usinage nécessaires à la réalisation des opérations de la phase 20.

Outil 1 :……

Outil 2 :……

Outil 3 :……

Outil 4 :……

B-27. Indiquer les instruments de mesure et de contrôle utilisés pour vérifier la conformité des côtes réalisées.

……

……

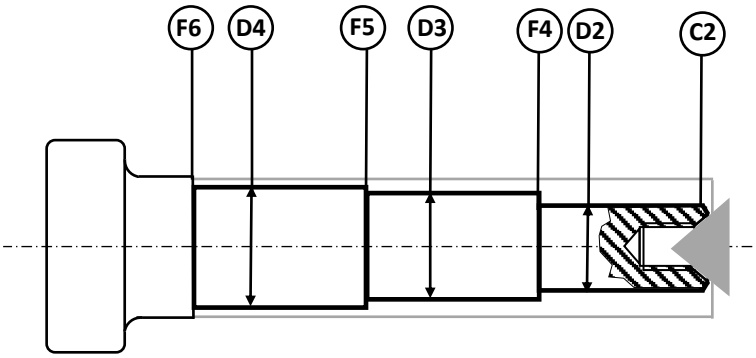
❖ **<u>Etude partielle de la phase 30</u>** : (Usinage des surfaces : **D2** ; **C2** ; **D3** ; **D4 ; F4 ; F5 ; F6**)

B-28. Quel type de montage d'usinage retenu pour cette phase 30 ?

……

B-29. A partir des spécifications dimensionnelles et géométriques indiquées sur le document **DT-03, représenter** sur la <u>figure ci-dessous</u> **l'isostatisme** adéquat pour la **phase 30**.

B-30. Représenter, <u>sur la même figure ci-dessous</u>, les côtes de fabrication relatives à cette phase 30.



<u>Traçage des côtes</u>:

……

……

……

……

……

……

B-31. Donner les côtes de fabrication en effectuant le transfert de côtes si nécessaire.

<u>Calcul des côtes :</u>

……

……

……

……

……

……

B-32. Rappelons qu'il s'agit d'un travail sériel, indiquer pour la même pièce, le nombre d'outils de chariotage.

<u>Section B-III</u>. Etude de la coupe (en phase 60 : Usinage de la surface **D7)**

❖ **<u>Temps d'usinage :</u>**

B-33. Donner l'expression de la vitesse d'avance $\mathbf{V_f}$ en fonction de la vitesse de coupe $\mathbf{V_c}$, du diamètre $\mathbf{D_f}$ et les autres paramètres.

……

B-34. Calculer la valeur de $\mathbf{V_f}$ en utilisant les données du **<u>tableau B-4</u>** ;

……

……

$\mathbf{V_f}$ = ……. mm/mn

B-35. Montrer, en utilisant la **Figure B-3**, que la course de la fraise (**C**) pour assurer l'usinage d'un seul creux est donnée par :

$$C = b + 2.tg\alpha.\left(\frac{D_f}{2} - a_r\right)$$

……

……

……

……

B-36. Soit $\mathbf{T_{C1}}$ le temps effectif réservé pour l'usinage d'un seul creux, d'une denture du pignon-arbré (**16**) de largeur (**b**) ***<u>en une seule passe.</u>*** Donner l'expression de $\mathbf{T_{C1}}$ en fonction de la vitesse de coupe $\mathbf{V_c}$ et les différents paramètres.

……

……

……

B-37. Calculer le temps $\mathbf{T_{C1}}$.

……

……

……

$\mathbf{T_{C1}}$ = ……. mn

B-38. Calculer l'angle de rotation (**θ**) que doit faire la pièce sur le diviseur pour passer d'un creux à un autre.

……

……

θ = ……. °

B-39. Calculer le temps effectif d'usinage $\mathbf{T_C}$ de l'ensemble des dents du pignon arbré.

……

……

$\mathbf{T_C}$ = ……. mn

❖ Calcul de la durée de vie de l'outil :

On utilise une fraise module en acier rapide supérieur comme un outil multiple de coupe. La durée de vie d'une seule dent de la fraise (T_0) est donnée par la relation suivante :

$$\mathbf{T_o = 2{,}03 \,.\, 10^6 \,.\, V_c^{-4{,}2}} \text{ (en mn)}$$

B-40. Calculer la durée de vie $\mathbf{T_f}$ de la fraise module

……

……

T_f = …… mn

On se propose d'usiner un lot de **200** pièces

B-41. Calculer le temps effectif d'usinage $\mathbf{T_{C200}}$ de l'ensemble des pièces.

……

……

T_{C200} = …… mn

B-42. Déterminer le nombre de fraises ($\mathbf{n_f}$) pour garantir l'usinage de 200 pièces.

……

……

n_f = ……

B-43. Déterminer la nouvelle vitesse de coupe $\mathbf{V'_c}$ qui assure, avec les mêmes conditions imposées, l'usinage de <u>200 pièces</u> avec seulement 8 fraises module.

……

……

……

……

……

……

……

……

……

……

……

……

……

……

……

V'_c = …… m/mn

❖ Section B-IV. Mise en forme du couvercle (63) (DT-04):

B-44 à B-48. En se servant du **document technique** (**DT-05**) ; compléter le *Tableau* ci-dessous en décomposant la forme du couvercle (63) en surfaces élémentaires ?

Questions	Croquis de la surface élémentaire	Expression analytique ($\frac{4}{\pi}S_i$)	Calcul
B-44		…… ……	…… ……
B-45		…… ……	…… ……
B-46		…… ……	…… ……
B-47		…… ……	…… ……
B-48		…… ……	…… ……

B-49. Calculer le diamètre du flan (**D_f**)

……

……

……

D_f = …… mm

B-50. Calculer l'effort du poinçonnage (**F_p**) nécessaire pour assurer le découpage du flan circulaire sachant que la résistance à la rupture du matériau **S235 JR** est **R_r =** 350 MPa.

……

……

……

F_P = …… N

B-51. Calculer l'effort d'emboutissage (**F_E**) nécessaire pour emboutir la partie cylindrique en une seule passe.

……

……

…… **F_E** = …… N

B-52. Calculer l'effort du serre flan (**F_{sf}**) :

……

……

…… **F_{sf}** = …… N

B-53. Calculer l'effort du poinçonnage (**F_{p4}**) nécessaire pour réaliser les 4 trous.

……

……

…… **F_{P4}** = …… N

B-54. On rappelle que les opérations de poinçonnage et d'emboutissage sont réalisées sur une presse hydraulique de **20 tonnes**. En justifiant, conclure sur la capacité de la presse.

……

……

……

……

……

……

DOSSIER

DOCUMENT REPONSES

- ✓ Ce dossier comporte 21 pages numérotées de 1 à 21.
- ✓ Un seul dossier document réponse est fourni au candidat et doit être rendu en totalité, même sans réponses, à la fin de l'épreuve.
- ✓ Le renouvellement de ce dossier est interdit

Concours CFM- Techno - 2025

Partie A : Conception Mécanique

♦ Section A.I- Étude technologique

A.1. Compléter le tableau ci-dessous.

Pièces/entité	Rôle
Ressort (55)	Créer l'effort presseur pour assurer l'embrayage .....
Bobine (8)	Créer l'effort presseur pour assurer le freinage .....
Joint (37)	Assurer l'étanchéité dynamique .....
Nervure dans (10)	Augmenter la rigidité de la partie cylindrique intérieure de la pièce (10).....

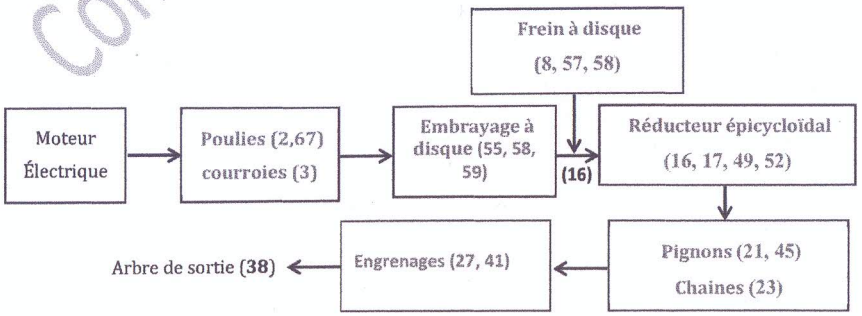
A.2. Comment est assurée la lubrification du mécanisme.

Lubrification par bain d'huile (par barbotage).....

A.3. Compléter le **Tableau ci-dessous**, en précisant **les ajustements** entre les pièces suivantes :

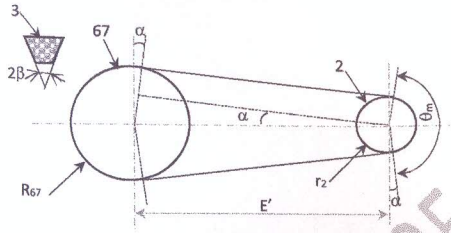
Pièces	Ajustement
31/33	.....ϕ H7/h6.....
12/16	..... ϕ p6 ou m6.....
49/50	..... ϕ H7/f6 .....
17/10	..... ϕ H7/p6 .....
58/16	..... ϕ H7/g6 .....

A.4. En se basant sur le document technique (**DT-01**), compléter le diagramme fonctionnel associé à la chaîne de transmission de puissance entre le moteur et l'arbre de sortie (38).



♦Section A.II- Etude du système poulies-courroies (2, 3, 67)

On schématise la transmission par :



A.5. Calculer l'angle d'enroulement θ_m de la courroie (3) sur la petite poulie motrice.

$$\alpha = arsin\left(\frac{R_{67} - r_2}{E'}\right) = arsin\left(\frac{125-90}{2*420}\right) = 2.39° = 0,042\ rd$$

$$\theta_m = \pi - 2.\alpha = \pi - 2*0,042 = 3,058\ rd$$

..... θ_m =... 3,058 ... rd

A.6. Calculer la tension sur le brin mou de la courroie, si on considère que la masse de la courroie est négligeable.

On a $T = t\,e^{\frac{f.\theta_m}{sin\beta}}$ et P=(T-t)v ➔ $t = \frac{C_2}{r_2.\left(e^{\frac{f.\theta_m}{sin\beta}} - 1\right)}$

Avec : $C_2 = C_m = \frac{30.P_m}{\pi.N_m} = \frac{30*3000}{\pi*1455} = 19,69\ Nm$

$$t = \frac{19,69}{0,045.(e^{\frac{0,3*3,06}{sin20}} - 1)} = 32,068\ N$$

..... t = 32,068 N

A.7. Calculer la tension sur le brin tendu de la courroie.

$$T = t.e^{\frac{f.\theta_m}{sin\beta}} = 32,068 * e^{\frac{0,3*3,06}{sin20}} = 469,61\ N$$

..... T = 469,61 N

A.8. Calculer la tension de pose T_0 à installer lors du montage de la courroie.

$$T_0 = \frac{T+t}{2} = \frac{32,068 + 469,61}{2} = 250,84\ N$$

T_0 = 250,84 N

A.9. Déterminer, en se référant au tableau A-2, le facteur de service **«S»** puis calculer la puissance totale à transmettre dans ces conditions de service (nommée puissance corrigée **Pc**).

$$P_C = P_m.S = 3*1,12 = 3,36\ kW$$

..... S = 1,12 ..... Pc = 3,36 kW

A. 10. Choisir, en se référant au tableau A-3, les sections de courroie convenables en fonction de Nm et Pc : ..... Sections : *SPA ou SPZ*

Dans la suite, on utilise la courroie de type SPZ

A.11. Calculer la longueur théorique L_{th} de la courroie correspondante à la transmission et choisir une longueur standard Lp.

$$L_{th} = 2.E + \frac{\pi.(D_p+d_p)}{2} + \frac{\pi.(D_p-d_p)^2}{4.E}$$

$$L_{th} = 2*420 + \frac{\pi.(125+90)}{2} + \frac{\pi.(125-90)^2}{4*420} = 1180,012\ mm$$

..... L_{th} = 1180,012 mm .....**Choix :** Lp = 1180 mm

A.12. Calculer la nouvelle valeur de l'entraxe E.

Puisque $L_{th} \approx L_p$ donc l'entraxe E = E' = 420 mm

Ou encore : $E = \frac{L_p - 1.57.(D_p+d_p)}{2} - \frac{(D_p-d_p)^2}{4.(L_p - 1.57.(D_p+d_p))} = 420$ mm

..... E = 420 mm

A.13. Déterminer, en se basant sur le tableau A-3, le facteur d'arc **a** et le facteur de longueur C_L (on prendra toujours la valeur approchée juste supérieure).

..... a = 0,98 .. C_L = 0,93

A.14. Déterminer, en se basant sur le tableau A-4, la puissance brute transmissible par une seule courroie P_0.

On a d = 90 mm , N = 1455 tr/mn et $R = \frac{D}{d} = \frac{125}{90} = 1,38$ donc :..... P_0 = 2,1 kW

A.15. Déterminer le nombre de courroies **n** nécessaire pour cette transmission.

$$n = \frac{P_C}{P_0.C_L.a} = \frac{3,36}{2,1*0,93*0,98} = 1,75$$

2 courroies

♦Section A.III- Etude de l'embrayage-frein.

Supposons que la pression entre les surfaces frottantes reste constante,

A.16. Calculer le couple d'adhérence (C_{ad}) de l'embrayage.

$C_{ad} = \frac{2}{3}.n.f.N.\frac{(R_{59}^3 - r_{59}^3)}{(R_{59}^2 - r_{59}^2)}$; *(R_{59} = 50mm ; r_{59} = 32.5mm ; N = 300N ; f = 0.3 ; n = 1).*

$$C_{ad} = \frac{2}{3}.1.0,3.4.300.\frac{(50^3-32,5^3)}{(50^2-32,5^2)}.10^{-3} = 15,07\ Nm$$

..... C_{ad} = 15,07 Nm

A.17. Calculer la pression **p** de contact exercée sur la garniture (59) et conclure.

$$p = \frac{F_r}{S} = \frac{4.F_r}{\pi(R_{59}^2 - r_{59}^2)} = \frac{4*300}{\pi(50^2-32,5^2)} = 0,264\ N/mm^2$$

..... P = 0,264 MPa

Conclusion : P<Padm : la garniture résiste en toute sécurité .....

Concours CFM Techno - 2025

A.18. Supposons que l'inertie des parties tournantes du récepteur I_r **=1.5 kgm²** et le système doit s'arrêter en un temps **t =10s**. Calculer le couple de freinage (C_f) nécessaire pour arrêter le système.

$$C_f = -I_r.\frac{d\omega}{dt} = -I_r.\frac{(\omega_f-\omega_i)}{(t_f-t_i)} = -I_r.\frac{(0-\omega_{67})}{(t_f-0)} = 1,5 * \frac{\frac{2*\pi*1455}{60}*\frac{90}{125}}{(10)} = 16,45\ Nm$$

C_f = 16,45 Nm

A.19. En déduire l'effort presseur (N_p) entre (57) et (58).

$$N_p = \frac{3}{2}.\frac{C_f}{n.f}.\frac{(R_{57}^2-r_{57}^2)}{(R_{57}^3-r_{57}^3)} = \frac{3}{2}.\frac{16,45*10^3}{1*0,3}.\frac{(50^2-32,5^2)}{(50^3-32,5^3)} = 1309,6\ N$$

N_p = 1309,6 N

A.20. Calculer l'effort F_{bo} que doit exercer la bobine (8) pour assurer le freinage.

$$F_{bo} = N_p + 4.F_R = 1309,6 + 4*300 = 2509,6\ N$$

F_{bo} = 2509,6 N

♦ Section A.IV- Etude du train épicycloïdal (16, 17, 49, 52)

A.21. Exprimer le rapport de transmission $\frac{N_{49}}{N_{16}}$ en fonction du nombres de dents du train en utilisant la relation de Willis.

$$\frac{N_{17}-N_{49}}{N_{16}-N_{49}} = (-1)^1\frac{Z_{16}}{Z_{17}} \quad \text{or} \quad N_{17} = 0$$

$$\frac{0-N_{49}}{N_{16}-N_{49}} = -\frac{Z_{16}}{Z_{17}} \Rightarrow \frac{N_{49}}{N_{16}} = \frac{Z_{16}}{Z_{17}+Z_{16}}$$

$$\frac{N_{49}}{N_{16}} = \frac{Z_{16}}{Z_{17}+Z_{16}}$$

A.22. Etablir une relation entre les nombres de dents du train traduisant la condition géométrique d'engrènement.

$$a = \frac{m}{2}(Z_{16}+Z_{52}) = \frac{m}{2}(Z_{17}-Z_{52}) \rightarrow Z_{17} = Z_{16}+2Z_{52}$$

$$Z_{17} = Z_{16}+2Z_{52}$$

A.23. Ecrire la relation, entre les nombres des dents du train, déduite de la condition de montage des roues du train.

$$\frac{Z_{16}}{3}+Z_{52}+\frac{Z_{17}}{3} = entier$$

$$(Z_{16}+Z_{17}) = multiple\ de\ 3$$

$$(Z_{16}+Z_{17}) = multiple\ de\ 3$$

A.24- Calculer les nombres de dents Z_{16} et Z_{17} et Z_{52} pour ce train.

$$\frac{Z_{16}}{Z_{17}+Z_{16}} = \frac{1}{5} \rightarrow Z_{17} = 4\,Z_{16}$$

$$On\ a \begin{cases} \frac{m}{2}(Z_{16}+Z_{52}) = 45 \\ \frac{m}{2}(Z_{17}-Z_{52}) = 45 \end{cases} \Rightarrow m(Z_{16}+Z_{17}) = 90 \Rightarrow m(Z_{16}+4Z_{16}) = 90$$

$$\Rightarrow Z_{16} = 24\ dents \quad et \quad puisque\ Z_{17} = 4\,Z_{16}\ donc \quad Z_{17} = 4*24 = 96\ dents$$

$$On\ a\ Z_{17} = Z_{16}+2Z_{52} \Rightarrow Z_{52} = \frac{Z_{17}-Z_{16}}{2} = \frac{96-24}{2} = 36\ dents$$

Z_{16} = 24 dents ; Z_{17} = 96 dents ; Z_{52} = 36 dents

Section A.V- Etude de la transmission par chaîne (21, 23, 45) *(figure A-1 ; page 7/12)*

A.25. Donner l'expression puis calculer la vitesse linéaire V de la chaîne.

$$V = \frac{N_{45}.p.Z_{45}}{60} \quad or \quad N_{45} = 1455.\frac{90}{125}.\frac{1}{5} = 209,5\ tr/mn$$

$$V = \frac{N_{45}.p.Z_{45}}{60} = \frac{209,5.6,35.15}{60}10^{-3} = 0,333\ m/s$$

V = 0,333 m/s

A.26. Exprimer puis calculer l'angle du pas α en fonction du nombre des dents du pignon (45).

$$\alpha = \frac{2.\pi}{Z_{45}} = \frac{360°}{15} = 24°$$

α = 24° degrés

A.27. Exprimer puis calculer le diamètre **d** primitif du pignon (45) en fonction de l'angle du pas α.

$$d = \frac{p}{sin\left(\frac{\alpha}{2}\right)} = \frac{p}{sin\left(\frac{180}{Z}\right)} = 30,54\ mm$$

d= 30,54 mm

A.28. Donner l'expression puis calculer l'angle d'enroulement θ_{45} du pignon (45).

$$\theta_{45} = 180 - arcsin\left(\frac{D_{p21}-d_{p45}}{2.a}\right) = 180 - arcsin\left(\frac{6,35*(30-15)}{2.52.\pi}\right) = 146°$$

θ_{45} = 146° degrés

A.29. Calculer la longueur primitive théorique de la chaîne L_{pt}.

$$L_{pt} = 2.a + \frac{p.(Z_{21}+Z_{45})}{2} + \frac{p^2}{a}\left(\frac{(Z_{21}-Z_{45})}{2}\right)^2 = 2.52 + \frac{6,35.(30+15)}{2} + \frac{6,35^2}{a}\left(\frac{30-15}{2}\right)^2 = 290,5\ mm$$

L_{pt} = 290,5 mm

♦ Section A.VI- Etude de l'extrusion d'un fil en matière plastique

A.30. Calculer la vitesse N_{38} de l'arbre de sortie (38) (vitesse de la vis d'Archimède).

$$N_{38} = r_G.N_m = \frac{d_2}{D_{67}}.\frac{N_{49}}{N_{16}}.\frac{Z_{45}}{Z_{21}}.\frac{Z_{27}}{Z_{41}}.N_m = \frac{90}{125}*\frac{1}{5}*\frac{15}{30}*\frac{24}{48}*1455 = 52,38\ tr/mn$$

N_{38} = 52,38 tr/mn

Concours CFM- Techno - 2025

A.31. Calculer la puissance P_{38} au niveau de l'arbre de sortie (38).

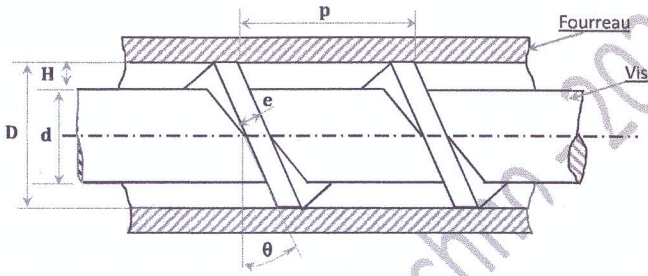
$P_{38} = \eta_T . P_m = \eta_{PC} . \eta_{emb} . \eta_e . \eta_g . \eta_{ch} . P_m$

$P_{38} = \eta_T . P_m = 1 * 1 * 0,95 * 0,9 * 0,95 * 3000 = 2436,75\ watts$

P_{38} =... 2436, 75 ... w

On donne la géométrie de la vis (voir figure ci-dessous) :

*Diamètre intérieur du fourreau **D** = 25 mm ; diamètre du corps de la vis **d** = 22 mm ; Pas de la vis **p**=12mm ; La longueur de la vis **l** = 336 mm, l'épaisseur «**e**» est supposé négligeable.*



A.32. Calculer le nombre **n** de filets de cette vis.

$l = n.pas \quad \leftrightarrow \quad n = \frac{l}{pas} = \frac{336}{12} = 28\ filets$

n =..... 28 *filets* ...

A.33. Calculer le volume V de la pâte, supposée incompressible, par pas.

$V = S * pas = \frac{\pi}{4}(D^2 - d^2) * pas = \frac{\pi}{4}(25^2 - 22^2) * 12 = 1329\ mm^3$

V = 1329 mm³

On suppose que le diamètre du fil à la sortie de la buse est d_b =2 mm.

A.34. Calculer la longueur du fil produite par un tour de la vis.

$L = \frac{V}{S_b} = \frac{4*1329}{\pi*2^2} = 423\ mm/tr$

L = 423 mm/tr

A.35. Calculer le temps **t** nécessaire pour produire une bobine de 1000 m.

$cadence = L.N_{38} = 423 * 52,38 = 22156,74\ mm/mn$

$t = \frac{1000\ m}{Cadence} = \frac{1000.1000}{22156,74} = 45,13\ mn$

t = 45, 13 mn

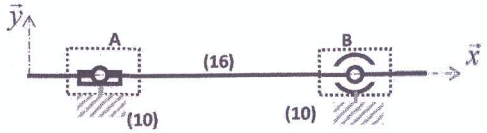
A.36. Calculer l'angle d'inclinaison de la vis **θ**.

$$\theta = arctg\left(\frac{pas}{\pi.D}\right) = arctg\left(\frac{12}{\pi.25}\right) = 8,68°$$

θ = 8, 68° degrés

♦ Section A.VII- Etude de la durée de vie des roulements (60 et 66)

A.37. Modéliser les roulements (12) et (14) en complétant les liaisons en A et en B dans la figure ci-dessous.



On donne les torseurs des actions mécaniques aux points A et B.

$$\{\tau_{L_A}\}_A = \begin{Bmatrix} 0 & 0 \\ -1250 & 0 \\ -870 & 0 \end{Bmatrix}_A \quad \ldots\ldots \quad \{\tau_{L_B}\}_B = \begin{Bmatrix} -858 & 0 \\ 1930 & 0 \\ -90 & 0 \end{Bmatrix}_B$$

(Les forces en N)

A.38. Calculer, pour chacune des deux liaisons, l'effort axial F_a et l'effort radial F_r.

$F_{rA} = \sqrt{(1250)^2 + (870)^2} = 1522,95\ N$ et $F_{aA} = 0\ N$

$F_{rB} = \sqrt{(1930)^2 + (90)^2} = 1932,95\ N$ et $F_{aB} = 858\ N$

F_{rA} = 1522, 95 N | F_{aA} = 0 N | F_{rB} = 1932, 95 N | F_{aB} = 858 N

A.39. Déterminer les valeurs des coefficients **X** et **Y** pour le roulement (12) (liaison en A) (utiliser le tableau A-6) :

Puisque $F_{aA} = 0$ donc $X = 1$ et $Y = 0$

X = 1 | Y = 0

A.40. Déterminer la charge équivalente P_{12} appliquée sur le roulement (12).

$P_{12} = F_{rA} = 1522,95\ N$

P_{12} = 1522, 95 N

A.41. Calculer la durée de vie en heures de fonctionnement L_{10h} du roulement (12).

$L_{10h} = \frac{10^6}{60\ N}\left(\frac{C}{P_{12}}\right)^n = \frac{10^6*125}{60*90*1455}\left(\frac{12700}{1522,95}\right)^3 = 9225\ heures$

L_{10h} = 9225 heures

A.42. Déterminer les valeurs des coefficients **X** et **Y** pour le roulement (14) (liaison en B).

$\frac{F_{aB}}{C_0} = \frac{858}{7800} = 0,110 \rightarrow e = 0,3 \rightarrow X = 0,56 \rightarrow Y = 1,45$

e = 0, 3 | X = 0, 56 | Y = 1, 45

A.43. Déterminer la charge équivalente P_{14} appliquée sur le roulement (14).

$\frac{F_{aB}}{F_{rB}} = \frac{800}{1932,95} = 0,414 > e \Rightarrow P_{14} = X.F_{rB} + Y.F_{aB}$

$P_{14} = 0,56.F_{rB} + 1,45.F_{aB} = 0,56 * 1932,95 + 1,45.858 = 2326,55$ N

P_{14} = 2326, 55 N

Concours CFM- Techno - 2025

A.44. Calculer la durée de vie en heures de fonctionnement L_{10h} du roulement (14).

$$L_{10h} = \frac{10^6}{60\,N}\left(\frac{C}{P_{12}}\right)^n = \frac{10^6 * 125}{60 * 90 * 1455}\left(\frac{15900}{2326,55}\right)^3 = 5078\ heures$$

.....

.....

.....

L_{10h} = 5078 heures

A.45. Interpréter les résultats des durées de vie obtenues.

- Durées de vies différentes des roulements,

- Le changement des roulements sera sur la base de plus petite durée de vie

.....

♦ Section A.VIII - Étude graphique

Étude de conception : L'arbre (38) est soumis à une charge axiale exercée par la vis d'Archimède, on se propose alors de remplacer les roulements existants par des roulements à rouleaux coniques et de prévoir un roue-arbrée à la place de la solution existante.

On donne le dessin incomplet d'un montage et **on demande de :**

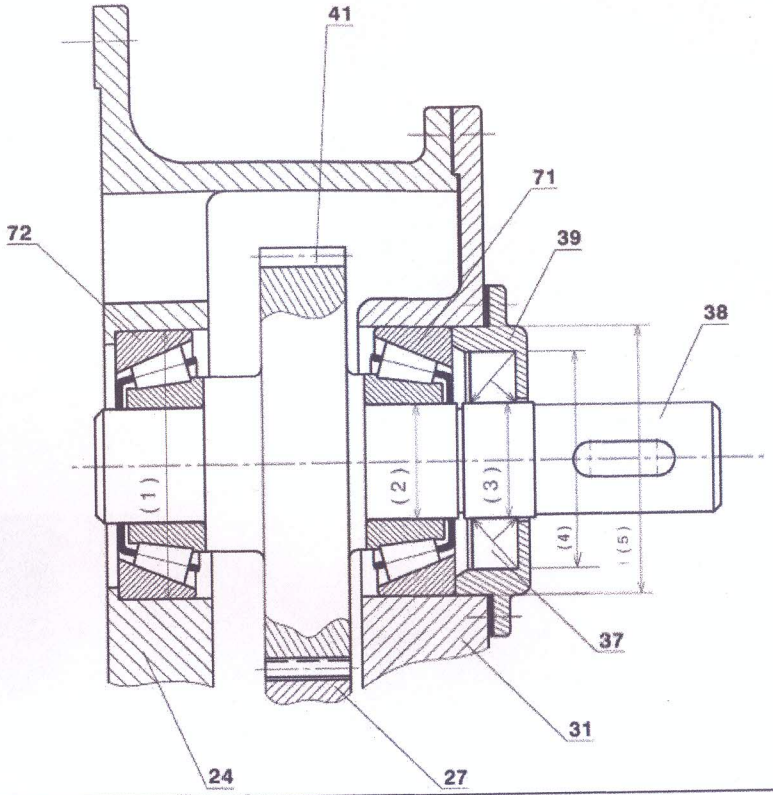
A.46. Compléter le montage des roulements à rouleaux coniques.

A.47. Compléter la liaison roue-arbré (41) avec l'arbre (38).

A.48. Prévoir l'étanchéité du système.

A.49. Indiquer, dans le tableau ci-après, les ajustements nécessaires pour les solutions proposées.

Concours CFM Techno - 2025



A.49.	id	Ajustement
Ajustements pour les roulements (71) et (72)	(1)	ϕ H7
	(2)	ϕ m6 ou k6
Ajustements pour le joint (37)	(3)	ϕ h11
	(4)	ϕ H8
Ajustements pour le couvercle (39)	(5)	ϕ H7h6

Rep.	Nbre	Désignation	Matériaux	Obs.
72	1	Roulement à rouleaux coniques Type 20 KB 02		SKF
71	1	Roulement à rouleaux coniques Type 20 KB 02		SKF
41	1	Roue arbrée	35 Cr Mo 4	
39	1	Couvercle	S235 JR	
38	1	Arbre de sortie	35 Cr Mo 4	
37	1	Joint à lèvres type AS, 25 x 36 x 6		
31	1	Boîtier	GE 360	Moulé
27	1	Pignon arbré	35 Cr Mo 4	
24	1	Carter	GE 360	Moulé

	Mécanisme d'Entraînement	Echelle 1:1	Session 2025

Partie B : Fabrication Mécanique

❖ Section B.I Etude des matériaux

B-1 – B-4 Désignation des matériaux :
Donner la signification des désignations normalisées de chacun des matériaux mentionnés dans les tableaux suivants :

- **B-1.** Matériau : **EN-GJMB-480-8**

Type de matériau	EN	GJMB	480	8
Fonte	*Préfixe*	Fonte malléable à cœur noir	Résistance minimale à la rupture par extension : Rr= 480 MPa	Allongement à la rupture = 8 %

- **B-2.** Matériau : **EN AC-Al Cu4 Mg Ti**

Type de matériau	EN AC	Al	Cu 4	Mg Ti
Alliage d'aluminium	*Préfixe*	Aluminium métal de base	4% de Cuivre	Qq Traces de Magnésium et de Silicium

- **B-3.** Matériau : **4340 [36 Cr Ni Mo 6-4]**

Type de matériau	4340	36	Cr Ni Mo	6 - 4
Acier faiblement allié	*Code commercial*	0,36 % de carbone	Eléments d'addition : Chrome ; Nickel ; Molybdène	6 : 1,5% de chrome 4 : 1% de Nickel Traces de Molybdène

- **B-4.** Matériau : **[S 235 JR]**

Type de matériau	JR	S	235
Acier doux	*Limite de l'énergie de rupture (27 J)*	Acier de construction	$R_{p0,2}$ = 235 MPa Limite élastique minimale

B-5. En se référant aux exigences fonctionnelles imposées sur le pignon-arbré (**16**), proposer un matériau qui lui convient au mieux parmi les quatre matériaux indiqués dans les **questions B-1 – B-4**. Justifier votre réponse :
Choix : ..... Matériau 4340 [36CrNiMo6-4].....

Justification :

Acier de bonnes caractéristiques mécaniques

Acier qui se traite bien superficiellement pour une meilleure résistance à l'usure.

B-6. Le brut du pignon-arbré (**16**) peut-il être obtenu par l'un des procédés suivants ? Répondre dans le tableau suivant en cochant le procédé correspondant.

Procédé	Réponse
Moulage en sable par gravité	.....
Mécano-soudure (assemblage par soudure de deux parties)	.....
Usinage dans la masse	x
Forgeage	x

❖ Caractérisation du matériau

En s'appuyant sur les résultats expérimentaux du **Tableau B-1** :

B-7. Calculer le module d'Young **E** du matériau choisi (domaine élastique) :

$\sigma = E.\varepsilon$ avec : $\sigma = \frac{F_1}{S_0} = \frac{F_1}{\frac{\pi.d_0^2}{4}}$ et $\varepsilon = \frac{L_1 - L_0}{L_0}$

$$E = \frac{\frac{F_1}{\frac{\pi.d_0^2}{4}}}{\frac{L_1 - L_0}{L_0}} = \frac{4.F_1}{\pi.d_0^2} \cdot \frac{L_0}{L_1 - L_0} = \frac{4*37287}{\pi*100} \frac{100}{0,228} = 208\,224\ MPa$$

..... **E = 208,224 GPa**

B-8. Calculer la déformation élasto-plastique (ε_p) atteinte après le deuxième chargement (domaine élasto-plastique):

...$\varepsilon = \frac{L_2 - L_0}{L_0} = \frac{102-100}{100} = 0,02$.....

..... **ε_p = 0,02**

B-9. Calculer la contrainte à la rupture σ_r :

$$\sigma_r = \frac{F_3}{S_0} = \frac{F_3}{\frac{\pi.d_0^2}{4}} = \frac{61622}{\frac{\pi.100}{4}} = 784,6\ MPa.$$

..... **σ_r = 784,6 MPa**

B-10. Calculer l'allongement permanent **A** :

$$A\% = \frac{L_3 - L_0}{L_0}.100 = \frac{121-100}{100} * 100 = 21$$

..... **A = 21 %**

Concours CFM- Techno - 2025

❖ Procédé d'élaboration du brut du pignon-arbré (16) :

On suppose que le brut du pignon-arbré (16) est obtenu par forgeage. Pour des raisons économiques, cette pièce initialement débitée à partir d'une barre de diamètre 25 mm, subit une opération de refoulage afin d'augmenter le diamètre nécessaire à la réalisation des dents du pignon (**Figure B-2**).

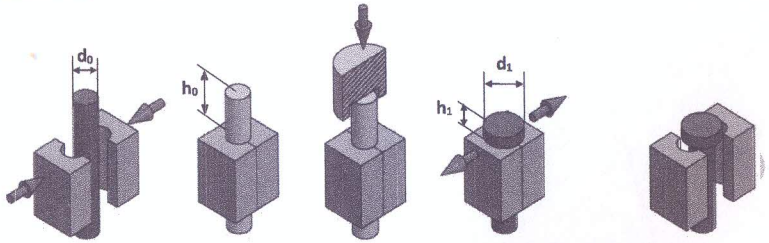


Figure B-2. Différentes étapes de l'opération de refoulage

B-11. Citer deux avantages des pièces obtenues par forgeage en comparaison à celles obtenues par usinage à partir de barres.

Avantage 1 : ... **Meilleure rentabilité ; meilleur écoulement du grain ;....**

.....

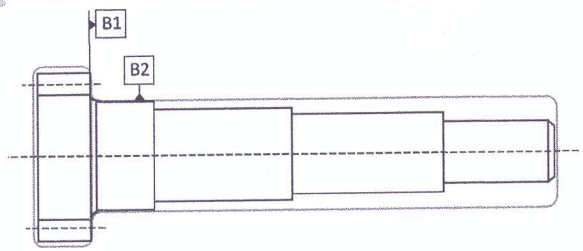
Avantage 2 : ... **Continuité des fibres ;....**

.....

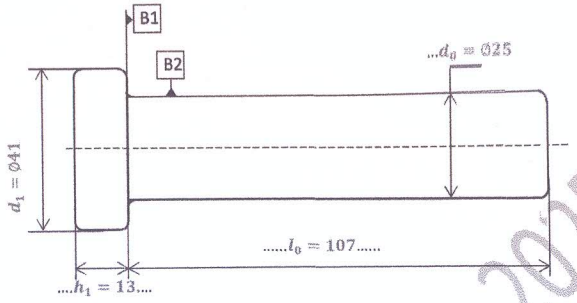
B-12. Quels sont les effets de la formation des fibres dans le matériau au cours du procédé de forgeage ?

Le forgeage améliore la ductilité, la résistance aux chocs, la ténacité à la rupture et la résistance à la fatigue ....

B-13. En se basant sur le dessin de définition du pignon-arbré (16) (**Document DT-03**), représenter sur la **figure ci-dessous**, les surépaisseurs d'usinage afin d'obtenir sa forme brute.



B-14. Indiquer, sur la **Figure ci-dessous**, les dimensions du brut nécessaires pour l'usinage du pignon-arbré (16). On impose une surépaisseur d'usinage égale à 1 mm.



B-15. En appliquant le principe de la conservation du volume de la pièce avant et après refoulage, déterminer la longueur initiale (L_0) de la pièce découpée à partir d'une barre de diamètre 25 mm.

$$Volume\ initial = Volume\ final \quad \leftrightarrow \quad d_0^{\,2} * h_0 = d_1^{\,2} * h_1$$

$$L_0 = l_0 + h_0 = l_0 + \left(\frac{d_1}{d_0}\right)^2 * h_1$$

.....$L_0 = 107 + \left(\frac{41}{25}\right)^2 * 13 = 141,96\ mm$ .....

.....

.....

..... $L_0 = 141,96$ mm

Concours CFM-Techno - 2025

Section B.II. Élaboration partielle de l'Avant-Projet d'Étude de Fabrication (APEF) du pignon-arbré (16).

Analyse du dessin de définition (DT-03) :

B-16 – B-19. Compléter le tableau suivant en précisant le type et la désignation de chacune des conditions géométriques suivantes :

	Tolérances géométriques	Type	Interprétations
B-16	D6 | ⌀ | 0.05	Tolérance de forme	La surface D6 doit être comprise en deux cylindres théoriques coaxiaux et distants de 0,05 mm.
B-17	F6 | ↗ | 0.05 | D4	Tolérance de battement	F6 doit être comprise en deux plans distants de 0,05 mm et disposés perpendiculaires par rapport à l'axe de D4 en faisant un tour complet.
B-18	F9 | ⊥ | 0.1 | D4	Tolérance d'orientation	La surface F9 doit être comprise en deux plans théoriques distants de 0,1 mm et disposés perpendiculaires par rapport à l'axe de D4
B-19	D4 | ◎ | ϕ0.2 | B1	Tolérance de position	L'axe de la surface D4 doit être compris dans un cylindre de diamètre 0,2 mm et disposé coaxiale par rapport à l'axe de B1

B-20 – B-21. Compléter le tableau suivant :

	Spécification	Type	Explication
B-20	ϕ18H7	Ajustement dimensionnel	Cote nominale : ∅18 Position : H Qualité : 7
B-21	Ra 0.8	Etat de surface	La rugosité de la surface est obtenue par enlèvement de matière avec une rugosité moyenne arithmétique Ra = 0,8 µm

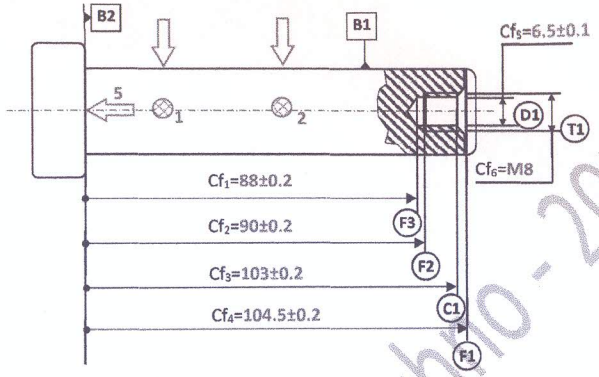
Etude partielle de la phase 20 : (Usinage des surfaces : **F1 ; D1 ; F3 ; T1 ; F2; C1**)

B-22. Préciser le type de montage d'usinage pour la **phase 20.**

..... Montage en l'air .....

B-23. A partir des spécifications dimensionnelles et géométriques indiquées sur le **document DT-03** du pignon-arbré (16), représenter sur la figure ci-dessous l'**isostatisme** adéquat pour la **phase 20.**

B-24. Compléter sur la figure ci-dessus les **côtes de fabrication** correspondantes à cette **phase 20.**



B-25. Donner la liste des opérations d'usinage dans l'ordre chronologique prévues pour la phase 20 ?

Opération 1 : Dressage de F1

Opération 2 : Centrage puis perçage de D1 et obtention de F3

Opération 3 : Chanfreinage de C1

Opération 4 : Taraudage de T1

B-26. Identifier les outils d'usinage nécessaires à la réalisation des opérations réalisées dans la phase 20.

Outil 1 : Outil à dresser

Outil 2 : Forêt de centrage et forêt de diamètre 6.5

Outil 3 : Outil à chanfreiner

Outil 4 : Taraud M8

B-27. Indiquer les instruments de mesure et de contrôle utilisés pour vérifier la conformité des côtes réalisées.

Pied à coulisse

Jauge de profondeur

Concours CFM- Techno - 2025

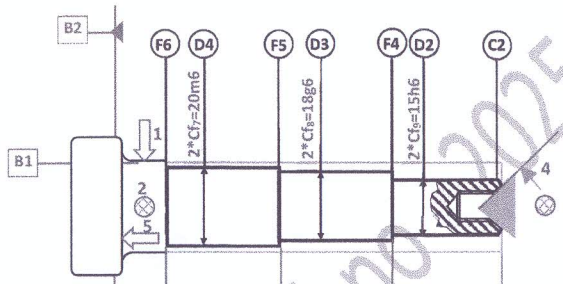
❖ **Etude partielle de la phase 30** : (Usinage des surfaces : **D2 ; C2 ; D3 ; D4 ; F4 ; F5 ; F6**)

B-28. Quel type de montage d'usinage retenu pour cette phase 30 ?

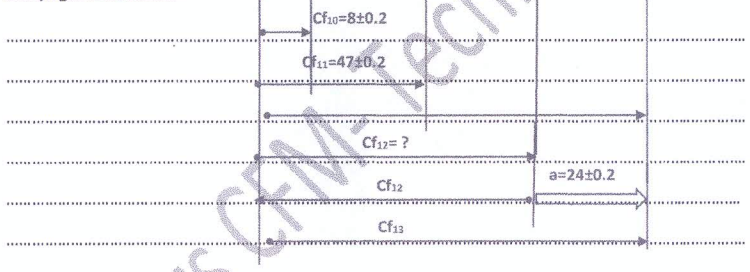
..... Montage mixte .....

B-29. A partir des spécifications dimensionnelles et géométriques indiquées sur le document **DT-03, représenter** sur la figure ci-dessous **l'isostatisme** adéquat pour la **phase 30.**

B-30. Représenter, sur la même figure ci-dessous, les côtes de fabrication relatives à cette phase 30.



Traçage des côtes :



B-31. Donner les côtes de fabrication en effectuant le transfert de côtes si nécessaire.

Calcul des côtes :

$It_a = it_{Cf12} + it_{Cf13}$ ⟹ $0.4 = it_{Cf12} + 0.4$ **Impossible: Transfer total**

⟹ $0.4 = it_{Cf12} + \cancel{0.4}$ ⟹ $Cf_{13}=104.5\pm0.1$

⟹ $0.4 = it_{Cf12} + 0.2$ ⟹ $it_{Cf12} = 0.2$

$a_{Maxi} = Cf13_{Maxi} - Cf12_{mini}$ ⟹ $Cf12_{mini} = Cf13_{Maxi} - a_{Maxi}$

⟹ $Cf12_{mini} = 104.1 - 24.2 = 79.9$

⟹ $Cf12 = 80\pm0.1$

B-32. Rappelons qu'il s'agit d'un travail sériel, indiquer pour la même pièce, le nombre d'outils de chariotage.

On a 3 diamètres à usiner durant cette phase donc il faut 3 outils de chariotage

Section B-III. Etude de la coupe (en phase 60 : Usinage de la surface **D7**)

❖ **Temps d'usinage :**

B-33. Donner l'expression de la vitesse d'avance V_f en fonction de la vitesse de coupe V_c, du diamètre D_f et les autres paramètres.

$$V_f = f_Z.Z.N = f_Z.Z.\frac{1000.V_C}{\pi.D_f}$$

B-34. Calculer la valeur de V_f en utilisant les données du **tableau B-4** :

$$V_f = 0,03 * 15 * \frac{1000*20}{\pi*56} = 51.157\ mm/mn$$

..... $V_f = 51.157$ mm/mn

B-35. Montrer, en utilisant la **Figure B-3**, que la course de la fraise (C) pour assurer l'usinage d'un seul creux est donnée par :

$$C = b + 2.tg\alpha.\left(\frac{D_f}{2} - a_r\right)$$

$C = b + 2 * X$, or $tg\alpha = \frac{X}{\frac{D_f}{2} - a_r} \Rightarrow X = \left(\frac{D_f}{2} - a_r\right).tg\alpha$

$$C = b + 2 * \left(\frac{D_f}{2} - a_r\right).tg\alpha$$

B-36. Soit T_{C1} le temps effectif réservé pour l'usinage d'un seul creux, d'une denture du pignon-arbré (**16**) de largeur (**b**) ***en une seule passe.*** Donner l'expression de T_{C1} en fonction de la vitesse de coupe V_c et les différents paramètres.

$$T_{C1} = \frac{C}{V_f} = \frac{b + 2 * \left(\frac{D_f}{2} - a_r\right).tg\alpha}{f_Z.Z.\frac{1000.V_C}{\pi.D_f}}$$

B-37. Calculer le temps T_{C1}.

$$T_{C1} = \frac{b + 2 * \left(\frac{D_f}{2} - a_r\right).tg\alpha}{f_Z.Z.\frac{1000.V_C}{\pi.D_f}} = \frac{12 + 2 * \left(\frac{56}{2} - 3,37\right) * tg(28.4)}{0,03 * 15 * \frac{1000 * 20}{\pi * 56}} = 0,755\ mn$$

..... $T_{C1} = 0,755$ mn

B-38. Calculer l'angle de rotation (**θ**) que doit faire la pièce montée sur le diviseur pour passer d'un creux à un autre.

$$\theta = \frac{360}{Z} = \frac{360}{24} = 15°$$

..... **θ = 15°**

B-39. Calculer le temps effectif d'usinage T_C de l'ensemble des dents du pignon arbré.

$$T_C = Z * T_{C1} = 24 * 0,755 = 18,125\ mn$$

..... $T_C = 18,125$ mn

Concours CFM-Techno 2025

❖ **Calcul de la durée de vie de l'outil :**

On utilise une fraise module en acier rapide supérieur comme un outil multiple de coupe. La durée de vie d'une seule dent de la fraise T_0 est donnée par la relation suivante :

$$T_0 = 2{,}03 \,.\, 10^6 \,.\, V_c^{-4{,}2} \text{ (en mn)}$$

B-40. Calculer la durée de vie T_f de la fraise module

$T_f = Z_f * T_0 = Z_f * 2{,}03 * 10^6 * V_C^{-4.2} = 15 * 2{,}03 * 10^6 * 20^{-4.2} = 104{,}53\ mn$

$T_f = 104{,}53$ mn

On se propose d'usiner un lot de **200** pièces

B-41. Calculer le temps effectif d'usinage T_{C200} de l'ensemble des pièces.

$T_{C200} = 200 * T_C = 200 * 18{,}125 = 3625\ mn$

$T_{C200} = 3625$ mn

B-42. Déterminer le nombre de fraises n_f pour garantir l'usinage de 200 pièces.

$n_f = \frac{T_{C200}}{T_f} = \frac{3625}{104{,}53} = 34{,}67$

$n_f = 34{,}67$

B-43. Déterminer la nouvelle vitesse de coupe V'_c qui assure, avec les mêmes conditions imposées, l'usinage de 200 pièces avec seulement 8 fraises module.

$$T_{C200} = 8 * T_f$$

$$200 * T_C = 8 * Z_f * T_0$$

$$200 * Z * T_{C1} = 8 * Z_f * 2{,}03 * 10^6 * V'^{-4.2}_C$$

$$200 * Z * \frac{b + 2 * \left(\frac{D_f}{2} - a_r\right).tg\alpha}{f_Z.Z.\frac{1000.V'_C}{\pi.D_f}} = 8 * Z_f * 2{,}03 * 10^6 * V'^{-4.2}_C$$

$$200 * Z * \frac{\left(b + 2 * \left(\frac{D_f}{2} - a_r\right).tg\alpha\right) * \pi.D_f}{f_Z.Z.1000 * 8 * Z_f * 2{,}03 * 10^6} = V'_C \quad * V'^{-4.2}_C$$

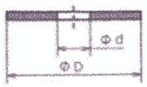
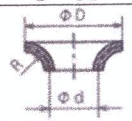
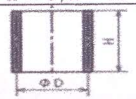
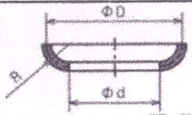
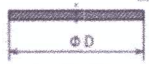
$$V'^{-3.2}_C = 200 * \frac{\left(b + 2 * \left(\frac{D_f}{2} - a_r\right).tg\alpha\right) * \pi.D_f}{f_Z.1000 * 8 * Z_f * 2{,}03 * 10^6}$$

$$V'_C = \sqrt[-3.2]{200 * \frac{\left(b+2*\left(\frac{D_f}{2}-a_r\right).tg\alpha\right)*\pi.D_f}{f_Z.1000*8*Z_f*2{,}03*10^6}} = \sqrt[-3.2]{200 * \frac{\left(12+2*\left(\frac{56}{2}-3{,}37\right).tg28{,}4\right)*\pi*56}{0{,}03*1000*8*15*2{,}03*10^6}} = 14{,}64 \text{ m/mn}$$

$V'_C = 14{,}64$ (m/mn)

Section B-IV. Mise en forme du couvercle (63) (DT-04):

B-44 à B-48. En se servant du **document technique (DT-05)** ; compléter le *Tableau* ci-dessous en décomposant la forme du couvercle (63) en surfaces élémentaires

Questions	Croquis de la surface élémentaire	Expression analytique ($\frac{4}{\pi}$ S_i)	Calcul
B-44	 $d = 33 + 8 = 41$ $D = 51$	$D^2 - d^2$	$\frac{4}{\pi}.S_1 = D^2 - d^2$ $= 51^2 - 41^2 = 920$
B-45	 $D = 33 + 8 = 41$ $R = 4\ ;\ d = 33$	$2.\pi.R.(D - 1{,}3.R)$	$\frac{4}{\pi}.S_2 = 2.\pi.R.(D - 1{,}3.R)$ $= 2.\pi.4.(41 - 1{,}3.4) = 900$
B-46	 $D = 33\ ;\ H = 1{,}5$	$4.D.H$	$\frac{4}{\pi}.S_3 = 4.D.H$ $\frac{4}{\pi}.S_3 = 4.33.1{,}5 = 198$
B-47	 $D = 33\ ;\ R = 4$ $d = 33 - 8 = 25$	$2.\pi.R.(D - 0{,}7.R)$	$\frac{4}{\pi}.S_4 = 2.\pi.R.(D - 0{,}7.R)$ $= 2.\pi.4.(33 - 0{,}7.4) = 759$
B-48	 $D = 33 - 8 = 25$	D^2	$\frac{4}{\pi}.S_5 = D^2 = 25^2 = 625$

B-49. Calculer le diamètre du flan D_f.

$$D_f = \sqrt{\sum \frac{4}{\pi}.S_i} = \sqrt{\frac{4}{\pi}.S_1 + \frac{4}{\pi}.S_2 + \frac{4}{\pi}.S_3 + \frac{4}{\pi}.S_4 + \frac{4}{\pi}.S_5} = \sqrt{920 + 900 + 198 + 759 + 625}$$

$D_f = \sqrt{3402} = 58{,}32$ mm

B-50. Calculer l'effort du poinçonnage F_p nécessaire pour assurer le découpage du flan circulaire sachant que la résistance à la rupture du matériau **S235 JR** est $R_r = 350$ MPa.

$F_P = \pi.D_f.e.R_c$

$F_P = \pi * 58{,}32 * 2 * 0{,}8 * 350 = 102601{,}9\ N.$

$F_P = 102\,601{,}9$ N

Concours CFM- Techno - 2025

B-51. Calculer l'effort d'emboutissage F_E nécessaire pour emboutir la partie cylindrique en une seule passe.

$F_E = \pi . k . D . e . R_r$

$F_E = \pi * 0,55 * 33 * 2 * 350 = 39913.9$ N

$F_E = 39913.9$ N

B-52. Calculer l'effort du serre flan F_{sf} :

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

$$F_{sf} = \frac{\pi}{4} * (58,32^2 - 33^2) * 2,5 = 4540\ N$$

$F_{sf} = 4540$ N

B-53. Calculer l'effort du poinçonnage F_{p4} nécessaire pour réaliser les 4 trous.

$F_{P4} = 4 . \pi . d . e . R_c$

$F_{P4} = 4 * \pi * 3 * 2 * 0,8 * 350 = 21111,5\ N$

$F_{P4} = 21111,5$ N

B-54. On rappelle que les opérations de poinçonnage et d'emboutissage sont réalisées sur une presse hydraulique de capacité **20 tonnes.** En justifiant, conclure sur la capacité de la presse.

$F_P = 102\ 601,9$ (N) < $200\ 000$ (N)

$F_{sf} = 4540$ (N) < $200\ 000$ (N)

$F_E = 39913.9$ (N) < $200\ 000$ (N)

$F_{P4} = 21111,5$ (N) < $200\ 000$ (N)

Oui la presse hydraulique est bien capable de réaliser toutes les opérations

Concours CFM- Techno - 2025