

الصفحة

1
10

الامتحان الوطني الموحد للبكالوريا

الدورة العادية 2022

- لمناصر الإجابة -

TTTTTTTTTT-TT

NR 45

٢٠٢٢-٢٠٢٣ | ٢٠٢٣-٢٠٢٤

٢٠٢٣-٢٠٢٤ | ٢٠٢٤-٢٠٢٥

٢٠٢٤-٢٠٢٥ | ٢٠٢٥-٢٠٢٦



المملكة المغربية
وزارة التربية والتكوين
والتعليم الأولي والرياضة
المركز الوصفي للتقويم والامتحانات

4h	مدة الإجهاز	علوم المهندس	المادة
8	المعلم	شعبة العلوم والتكنولوجيات: مسلك العلوم والتكنولوجيات الميكانيكية	الهشمة أو المسلط

ELEMENTS DE REPONSES

DOCUMENTS REPONSES : DREP

SITUATION D'EVALUATION 1 :

Tâche 11 : Analyse fonctionnelle et technique :

- a. Le diagramme « *bête à cornes* » énonçant le besoin correspondant au système étudié : /1,5pt

A qui rend-t-il service ?

Pont de coulée

Sur quoi agit-il ?

Poches de fonte liquide

Chariot de direction du pont de coulée

0,5 pt par réponse

Dans quel but ?

Transporter des poches de fonte liquide dans l'atelier de coulée

- b. Le diagramme F.A.S.T partiel du système étudié : /3,5pts

0,5pt par réponse

Remarque :
MIP : mise en position ;
MAP : maintien en position.

Déplacer le chariot de direction suivant l'axe \vec{Y}

Alimenter en énergie électrique et distribuer l'énergie électrique

Réseau d'alimentation électrique
Variateur de vitesse

Convertir l'énergie électrique en énergie mécanique de rotation

Moteur électrique du chariot de direction

Etablir une liaison complète entre le pignon 14 et l'arbre 16

MIP : arbre épaulé + clavette.
MAP : rondelle Grower + Ecrou H.

Etablir une liaison complète entre les roues dentées 15 + 38 et l'arbre 34

MIP : arbre épaulé + clavettes.
MAP : rondelle Grower + Ecrou H.

Guider en rotation l'arbre intermédiaire primaire 34 par rapport au boîtier 36

Deux roulements 35

Guider en rotation l'arbre intermédiaire secondaire 10 par rapport au bâti 1

Deux roulements 12

Adapter l'énergie mécanique de rotation entre 16 et 10

Engrenages : 14+15 et 38+37

Transmettre la puissance mécanique de rotation de l'arbre 10 à l'arbre 46

Deux roulements 43

Guider en rotation l'arbre 46 par rapport au palier 45

Renvoi d'angle 50 + 49

Adapter l'énergie mécanique de rotation

Deux roulements 3

Transmettre la puissance mécanique de rotation de l'arbre 46 à l'arbre 2

Guider en rotation l'arbre 2 par rapport au palier 8

Cannelures (Voir section sortie A-A)

Accoupler l'arbre 46 à l'arbre 2

Transformer la rotation des galets 7 et 41 en translation du chariot de direction

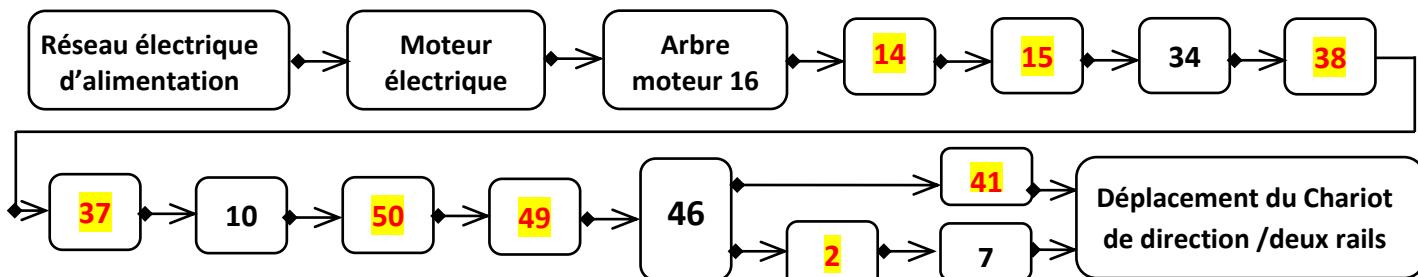
Rouler sans glisser (Galet 7/rail 2 et 41/rail1)

Galets : 7 et 41
Rail 1 et rail 2

c. Le synoptique de la chaîne de transmission de la puissance mécanique du système de déplacement du chariot de direction :

0,25 pt par réponse

/2pts



d. Tableau des noms et rôles des pièces :

/2pts

Pièces	Nom	0,25 pt par réponse	Rôle
6	Joint à lèvres		Assurer la fonction étanchéité dynamique entre le couvercle 4 et l'arbre 2
21	L'électro-aimant		Développer une force électromagnétique, lorsqu'il est mis sous tension, pour attirer le plateau mobile 27 afin de libérer les blocages entre les surfaces de contact entre les disques
26	Ressort de compression		Assurer la fonction freinage quand l'électro-aimant est désactivé
31	Ventilateur		Créer un flux d'air pour refroidir le moteur et évacuer la chaleur produite lors du freinage (fonction refroidissement)

e. Les deux conditions d'engrènement entre les roues de l'engrenage conique à dentures droites (pignon conique 50 et roue dentée conique 49) sont :

/1pt

- Le pignon conique 50 doit avoir le même module que la roue dentée conique 49.
- Les sommets des deux cônes doivent être confondus au même point J.

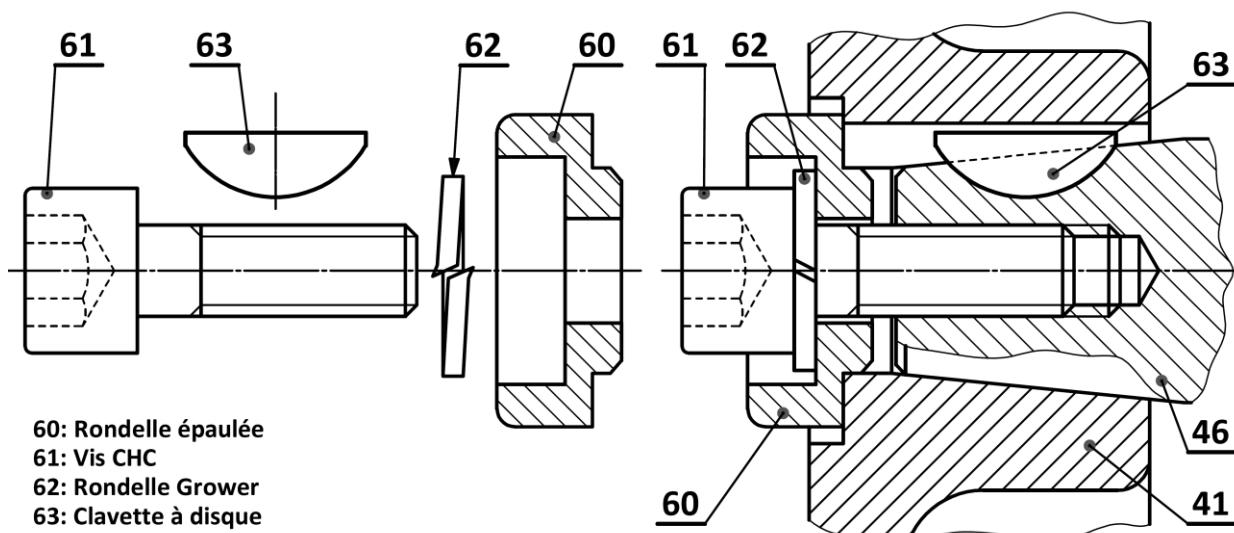
0,5 pt par réponse

Tâche 12 : Amélioration d'une solution constructive et schéma cinématique

a. La liaison complète entre l'arbre 46 et le **galet** moteur gauche 41 sera mise à niveau par une autre solution plus fiable obtenue par un assemblage conique. On vous demande de compléter la représentation graphique de cette nouvelle solution, en utilisant : une **rondelle épaulée** 60, une **vis CHC** 61, une **rondelle Grower** 62 et une **clavette à disque** 63.

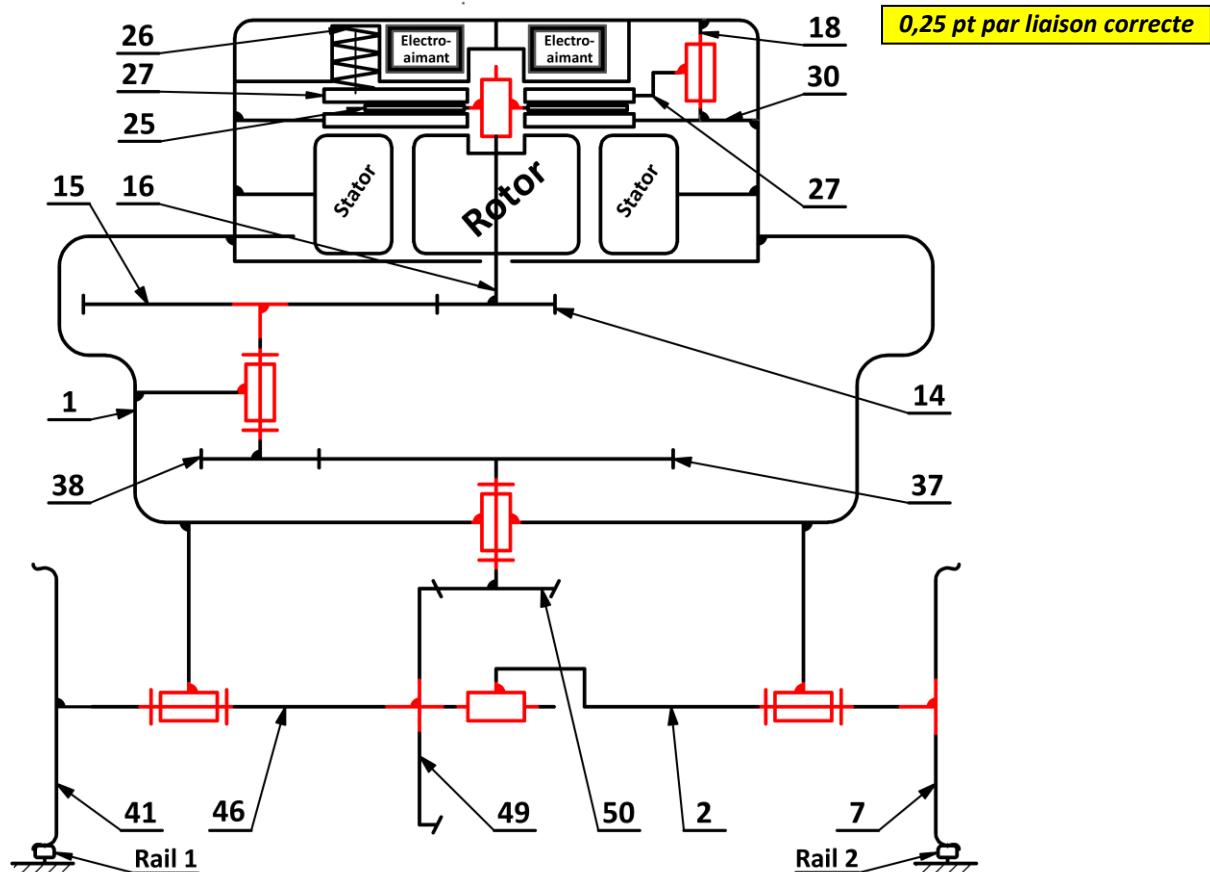
/5pts

NB : respecter les règles de montage (Appuis, Centrages, Jeux fonctionnels... etc.) ainsi que les dimensions données des éléments dessinés.



1,25 pt par représentation correcte de chaque élément (il y a 4 éléments à représenter)

b. Le schéma cinématique minimal du mécanisme de transmission de la puissance mécanique du chariot de direction : /2,5pts



Tâche 13 : Automatisation partielle d'un cycle de traitement de la fonte en fusion :

Le mouvement de direction du chariot de direction du pont de coulée est assuré par un moteur électrique de direction **MD**, dont la commande est gérée par un automate programmable industriel **API**. En tenant compte des données et de la présentation du système étudié, répondre aux questions suivantes :

a- Les éléments de la chaîne d'énergie relatifs au système de mouvement du chariot de direction du pont de coulée : 0,25 pt par réponse /1pt



b- Le déplacement de la poche de fonte en fusion du (poste de correction de carbone) au (poste de désulfuration), on vous demande de :

b.1. Le **grafset** du point de vue partie commande : /1pt

0,25 pt par réponse

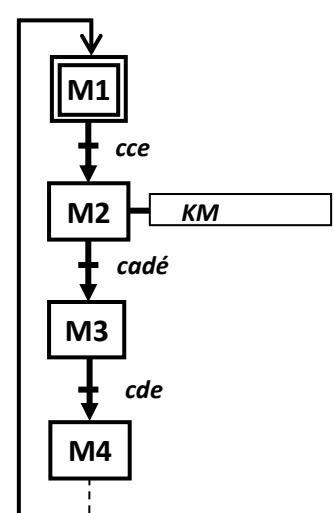
b.2. Le tableau des équations d'activation et de désactivation des étapes **M2** et **M3**: /2pts

0,5 pt par réponse

Les étapes	Equation d'activation	Equation de désactivation
Etape 2 : (M2)	M1.cce	M3
Etape 3 : (M3)	M2.cadé	M4

b.3. Donner l'équation de sortie du Moteur **KM** : /1pt

KM = M2



SITUATION D'EVALUATION 2:

Tâche 21 : Choix du type du moteur électrique optimal :

- a. Le calcul, en appliquant la relation de la **condition de rotation uniforme**, de l'effort de traction résultant F_t (en N) appliqué au niveau des deux galets et capable de déplacer le chariot de direction : /1pt

$$\text{On a : } F_t \times R = M \times g \times e \Leftrightarrow F_t = \frac{M \times g \times e}{R} = \frac{12000 \times 10 \times 1,78 \times 10^{-3}}{120 \times 10^{-3}} = 1780 \text{ N}$$

$$F_t = 1780 \text{ N}$$

- b. Détermination de la puissance utile P_u (en **Watt**), générée au niveau des deux galets du chariot de direction, capable de déplacer le chariot, (prendre $F_t = 1780 \text{ N}$): /1pt

$$P_u = F_t \times V_R = 1780 \times 1 = 1780 \text{ Watt}$$

- c. Calcul de la vitesse de rotation ω_7 (en **rad/s**) du galet moteur 7, avec le rayon $R_7 = 120 \text{ mm}$, et déduction de sa fréquence de rotation N_7 (en **tr/min**): /1pt

$$\text{On a : } V_{Galet} = \omega_7 \times R_7 \Leftrightarrow \omega_7 = \frac{V_{Galet}}{R_7} = \frac{1}{120 \times 10^{-3}} = 8,333 \text{ rad/s}$$

$$\text{On a : } \omega_7 = \frac{2 \cdot \pi \times N_7}{60} \Leftrightarrow N_7 = \frac{60 \cdot \omega_7}{2\pi} = \frac{60 \times 8,333}{2\pi} = 79,57 \text{ tr/min}$$

- d. Détermination du rapport de transmission $K = \frac{N_7}{N_M} = \frac{N_{41}}{N_M} = \frac{N_7}{N_{16}}$ et déduction de la fréquence de rotation N_M (en **tr/min**) de l'arbre moteur 16 : /1pt

$$\text{On a : } k = \frac{N_7}{N_M} = \frac{N_{41}}{N_M} = \frac{Z_{14}}{Z_{15}} \times \frac{Z_{38}}{Z_{37}} \times \frac{Z_{50}}{Z_{49}} = \frac{20}{60} \times \frac{18}{54} \times \frac{20}{40} = \frac{1}{3} \times \frac{1}{3} \times \frac{1}{2} = \frac{1}{18}$$

$$N_M = \frac{N_7}{k} = \frac{N_{41}}{N_M} = 79,57 \times 18 = 1432,26 \text{ tr/min}$$

- e. Calcul du rendement global η_g de la chaîne de transmission puis détermination de la puissance mécanique P_M (en **kW**) du moteur électrique du chariot de direction : /1pt

$$\eta_g = \eta_1 \times \eta_2 \times \eta_3 = 0,9 \times 0,9 \times 1 = 0,81$$

$$\text{On a : } \eta_g = \frac{P_u}{P_M} \Leftrightarrow P_M = \frac{P_u}{\eta_g} = \frac{1780}{0,81} = 2197,53 \text{ W} = 2,197 \text{ kW}$$

- f. Choix, en se référant au **DRES** (page 18/20), du type du moteur électrique optimal qui convient : /1pt

Désignation du moteur	Puissance P_M (en kW)	Fréquence de rotation N_M (en tr/min)	Couple de freinage C_f (en N.m)
LSPX 100 L	2,2	1435	25

0,25 pt par réponse

Tâche 22 : Choix des ressorts de compression du frein et validation de l'électro-aimant :

- a. Le nom du frein intégré dans le mécanisme étudié (nature des surfaces de contact et la commande) : /0,5pt

Frein à disque (surfaces planes) à commande électro-magnétique

- b. Le **nombre de contacts** entre les surfaces de contact dans ce frein : /0,5pt

Le nombre de contacts entre les surfaces de contact est $n = 2$ contacts

- c. Calcul de l'effort presseur résultant F_P (en N) appliqué par les **trois ressorts** de compression 26 sur le **plateau mobile 27** pour assurer le freinage (prendre $C_f = 25 \text{ N.m}$) : /1pt

$$\text{On a : } C_f = n \cdot f \cdot R_{moy} \cdot F_P \Leftrightarrow F_P = \frac{C_f}{n \cdot f \cdot R_{moy}} = \frac{25}{2 \times 0,3 \times 63 \times 10^{-3}} = 661,37 \text{ N}$$

Autre méthode :

$$F_P = \frac{3 \times C_f \times (R_e^2 - R_i^2)}{2 \times n \times f \times (R_e^3 - R_i^3)} = \frac{3 \times 25 \times 10^3 \times (94^2 - 32^2)}{2 \times 2 \times 0,3 \times (94^3 - 32^3)} = 611,98 \text{ N}$$

- d. Déduction de l'effort axial F_R (en N) appliqué par un seul ressort de compression 26 sur le plateau mobile 27 pour développer l'effort presseur résultant F_P (prendre $F_P = 672 N$) : /1pt

$$F_R = \frac{F_P}{3} = \frac{672}{3} = 224 N$$

- e. Détermination de la raideur du ressort de compression K en (N/mm) si la déformation $\Delta l_f = 4 mm$ du ressort est suffisante pour développer l'effort axial F_R : /1pt

$$\text{On a : } F_R = k \times \Delta l_f \Leftrightarrow k = \frac{F_R}{\Delta l_f} = \frac{224}{4} = 56,00 N/mm$$

- f. Choix de la référence optimale du ressort : /0,5pt

Référence du ressort	Diamètre Ø A (en mm)	Diamètre Ø B (en mm)	Longueur l_0 libre (en mm)	La raideur du ressort K en (N/mm)
R204406	20,0	10,0	38,0	56,0

- g. Calcul de la force électromagnétique minimale F_B (en N) que doit appliquer l'électro-aimant sur le plateau mobile frein 27 pour maintenir la déformation des trois ressorts à $\Delta l_m = 7 mm$, et conclusion sur la validité de l'électro-aimant /1pt

$$\text{On a : } F_B = 3 \times k \times \Delta l_m = 3 \times 56 \times 7 = 1176 N$$

0,5pt + 0,5pt

La force électromagnétique développée par l'électro-aimant lorsqu'il est mis sous tension est :

$F_D = 1200 N > F_B = 1176 N$, donc l'électro-aimant développe une force électromagnétique valide.

Tâche 23 : Vérification de la résistance de l'arbre 46 à la torsion :

- a. Calcul du moment de torsion M_t (en N.m) résultant de l'effort appliqué au galet moteur 41 : /1pt

$$\text{on a : } M_t = F t_{41} \times R_{41} \Leftrightarrow M_t = 890 \times 120 \times 10^{-3} = 106,8 N.m$$

- b. Ecriture, en tenant compte du coefficient K_t , de l'expression littérale de la condition de résistance à la torsion dans une section droite de l'arbre 46 : /1pt

La condition de résistance à la torsion dans une section droite de l'arbre 46 est :

$$\tau_{Max} = \frac{k_t \cdot M_t}{\left(\frac{l_o}{V}\right)} = \frac{32 \cdot k_t \cdot M_t}{\pi \times d^4} \cdot \frac{d}{2} \leq \frac{R_{eg}}{s}$$

- c. Détermination du diamètre minimal d (en mm) de l'arbre 46, (prendre $M_t = 107 N.m$) : /1pt

$$\text{on a : } \tau_{Max} = \frac{k_t \cdot M_t}{\left(\frac{l_o}{V}\right)} = \frac{32 \cdot k_t \cdot M_t}{\pi \times d^4} \cdot \frac{d}{2} \leq \frac{R_{eg}}{s}$$

$$\Leftrightarrow d \geq \sqrt[3]{\frac{16 \times s \times k_t \times M_t}{\pi \times R_{eg}}} \text{ d'où } d \geq \sqrt[3]{\frac{16 \times 5 \times 2,7 \times 107 \times 10^3}{\pi \times 160}} = 35,82 mm$$

- d. Calcul de l'angle unitaire de torsion θ (en rad/mm), (prendre $d_{46} = 36 mm$) : /1pt

$$\text{on a } M_t = G \times \theta \times I_o \Leftrightarrow \theta = \frac{M_t}{G \times I_o} \text{ avec } I_o = \frac{\pi \times d_{46}^4}{32} = \frac{\pi \times 36^4}{32} = 164895,9152 mm^4$$

$$\theta = \frac{107 \times 10^3}{8,10^4 \times 164895,9152} = 0,811 \times 10^{-5} \text{ Donc } \theta = 0,811 \times 10^{-5} rad/mm$$

- e. Vérification de la condition de rigidité à la torsion de l'arbre 46 et conclusion : /1pt

$$\theta = 0,811 \times 10^{-5} \frac{rad}{mm} < \theta_{limite} = 0,5^\circ/m = 0,872 \times 10^{-5} rad/mm$$

Donc la déformation dans l'arbre 46 respecte la condition de rigidité à la torsion.

SITUATION D'EVALUATION 3 :

Tâche 31 : Analyse du dessin de définition et du dessin du brut

1- Identification et explication de la désignation du matériau du palier gauche (45), Voir DRES page 20/20 :/2pts

EN-GJL 150 : EN : Préfixe des fontes ;

GJL : Symbole de la fonte grise à graphite lamellaire ;

150 : Résistance minimale à la rupture par extension $R_{min} = 150 \text{ MPa}$.

2- Le métal de base du matériau du palier gauche (45) : /1pt

C'est le fer

3- La teneur en carbone dans la fonte ? : (Cocher la bonne réponse) /1pt

: inférieure à 0,77% ; : comprise en 0,77% et 2,11% ; : supérieure à 2,11%

4- À partir du dessin de définition du palier gauche (45) : Voir DRES page 20/20, on donne la tolérance géométrique suivante :

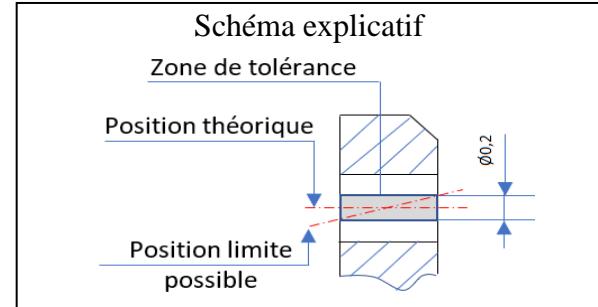
8xD5 \oplus Ø0,2 F5 D2

a. Mettre une croix dans la case correspondante à la réponse vraie. Il s'agit d'une : /0,75pt

Tolérance de forme
Tolérance d'orientation
Tolérance de position	X

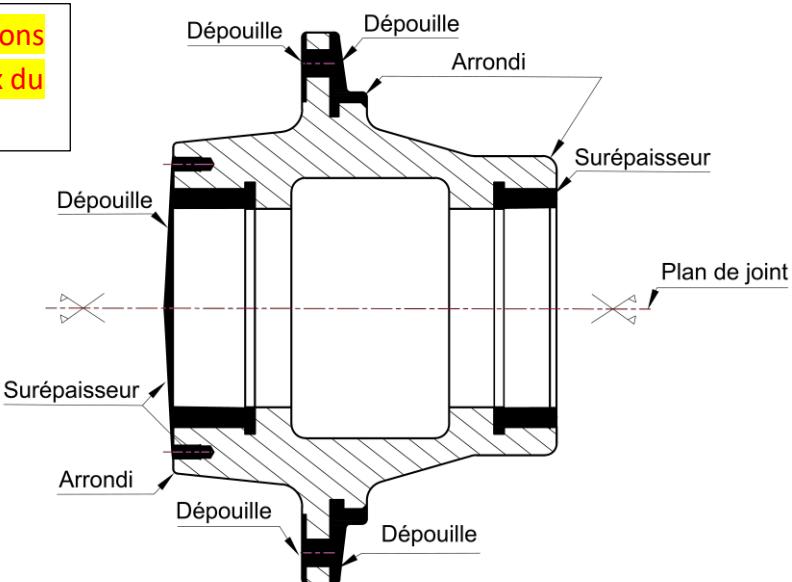
b. Expliciter cette tolérance géométrique et dessiner un schéma explicatif : /3pts

L'axe de D5 doit être situé dans une zone cylindrique de diamètre Ø 0,2 et dont l'axe est dans une position théorique exacte.
F5 : référence primaire (Appui plan).
D2 : référence secondaire (Centrage court).



5- Compléter, en se référant aux données du DRES page 20/20, le dessin du brut capable du palier gauche (45) en indiquant : les surépaisseurs d'usinage, le plan de joint, les arrondis et les dépouilles : /4pts

Tenir compte des solutions des élèves pour le choix du plan de joint.



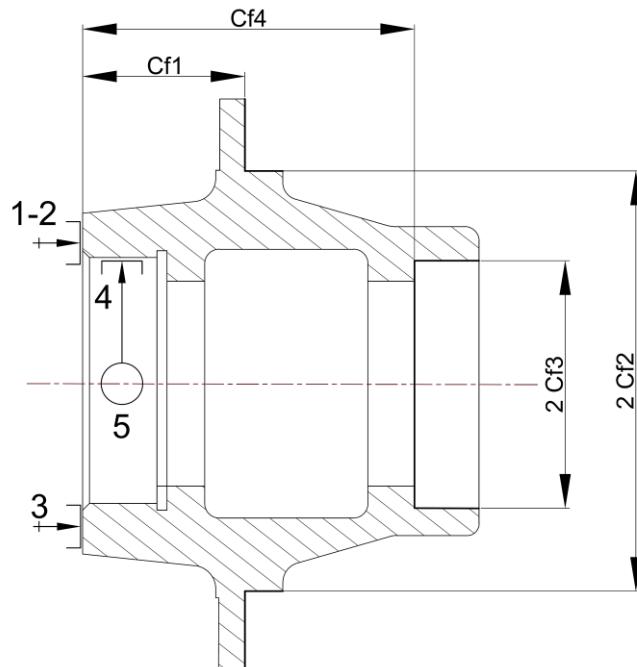
6- Citer deux types de moulage : /1pt

- Moulage en sable.
- Moulage en coquille.

Tâche 32 : Etude partielle du contrat de phase (30) : Voir les DRES pages 19/20 et 20/20.

1- Indiquer, sur le croquis de la phase 30 ci-dessous :

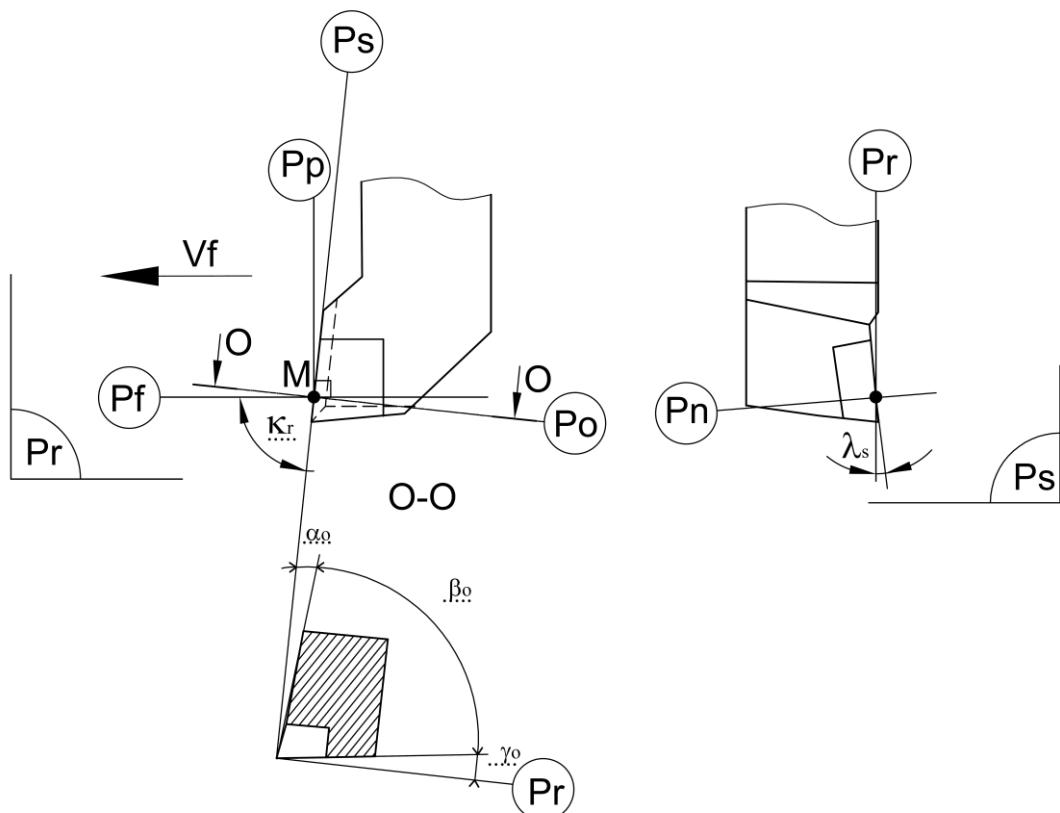
- a. Les surfaces (**D2** ; **F5**) et (**D3** ; **F7**) réalisées dans cette phase en trait fort ou en couleur ; /1pt
- b. Les symboles technologiques de la mise en position (**MIP**) ; /1pt
- c. Les cotes fabriquées (**cf**) non chiffrées (sans valeurs). /1pt



2- Donner le nom du *porte pièce* standard usuellement utilisé sur un *tour* : /1pt

- **Mandrin à trois mors**

3- Installer sur le croquis, ci-dessous, de l'outil de coupe utilisé pour charroter **D2**, les plans de l'outil en main: **Pr**, **Ps**, **Pf**, **Po**, **Pp**, les angles de face orthogonaux : α_0 , β_0 , γ_0 et les angles d'arête **Kr** et **λs** : /2,75pts



4- Calculer, en tenant compte des données du **DRES page 19/20**, le temps technologique **Tt** (en **min**) relatif à l'opération d'ébauche de **D3** (**D3_{éb}**) :

a. Calcul de la course **L** (en **mm**) de l'outil :

/1pt

$$L = l + e = 18,5 + 2 = 20,5 \text{ mm}$$

b. Calcul de la vitesse d'avance de l'outil **Vf** (en **mm/min**) :

/1pt

$$Vf = N \times f \text{ avec } N = \frac{1000V_c}{\pi \times D_{3\text{éb}}} \text{ donc } Vf = \frac{1000 \times 135}{3,14 \times 72,5} \times 0,3 = 177,81 \text{ mm/min}$$

c. Déduction du temps technologique **Tt** (en **min**) :

/1pt

$$Tt = \frac{L}{Vf} = \frac{20,5}{177,81} = 0,115 \text{ min}$$

5- On désire choisir la machine capable de réaliser l'opération d'ébauche de **D3** (**D3_{éb}**), selon les données et les conditions de coupe du **DRES page 19/20** :

a. Calcul de la puissance utile à la coupe **Pu** (en **kW**) :

/1pt

$$Pu = Kc \times a \times f \times Vc = \frac{2300 \times 2 \times 0,3 \times 135}{60} = 3105 \text{ donc } W = 3,105 \text{ kW}$$

b. Calcul de la puissance à fournir par le moteur de la machine **Pcm** (en **kW**) :

/1pt

$$Pcm = \frac{Pu}{\eta} = \frac{3,105}{0,8} = 3,88 \text{ kW}$$

c. Choix de la référence de la machine optimale :

/1pt

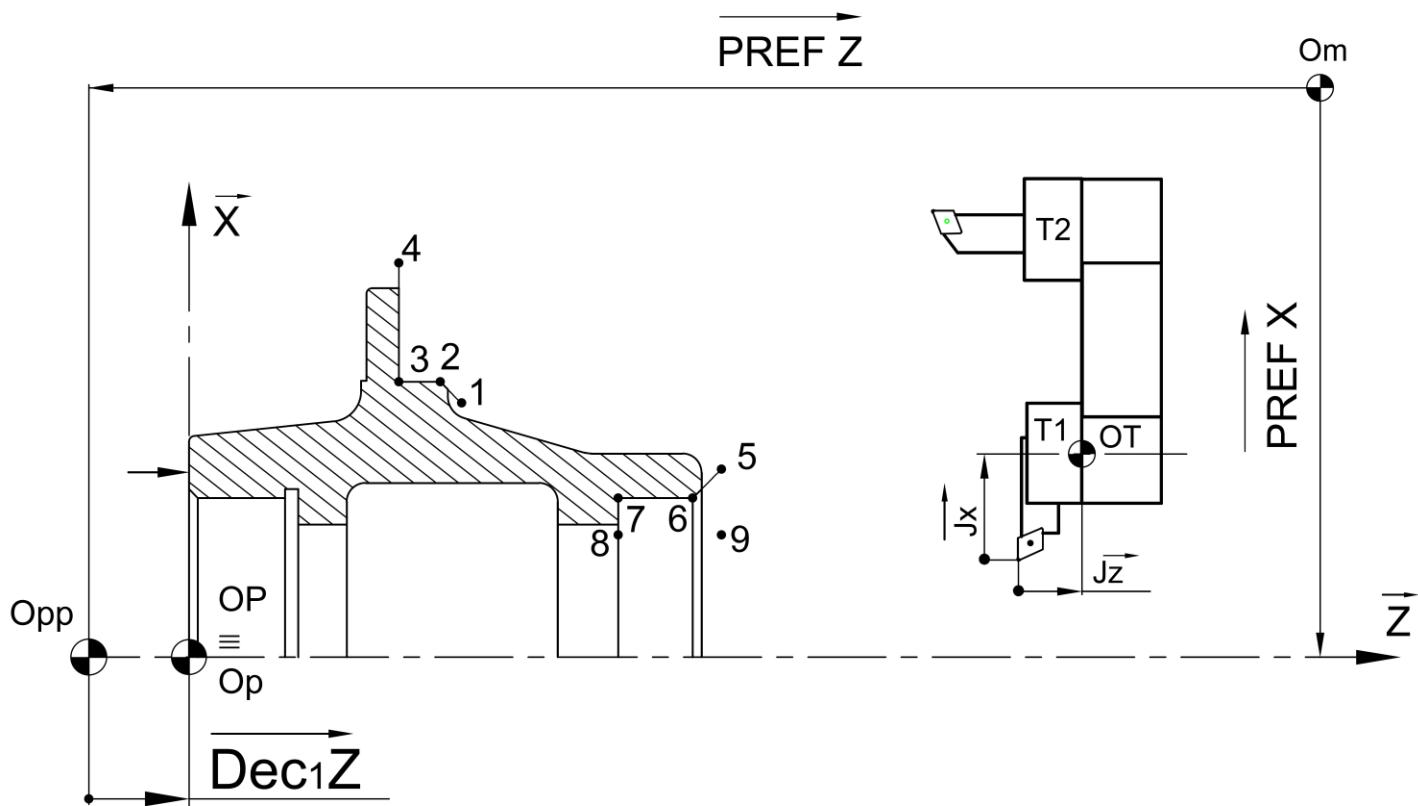
La machine optimale est : Tr 04

Tache 33 : Réalisation de la phase 30 sur un tour à CN : Voir les DRES pages 19/20 et 20/20.

Dans cette **phase 30**, on se limitera à l'étude du programme partiel du profil fini des surfaces (**C₁**, **D₂**, **F_{5éb}**) et (**C₃**, **D₃**, **F_{7éb}**). Pour cela, on vous demande de :

1- Placer, sur le schéma ci-dessous, les origines **Opp** et **Op**, les vecteurs des \overrightarrow{PREFIX} et \overrightarrow{PREFZ} , $\overrightarrow{DEC1Z}$ ainsi que les jauges \overrightarrow{JX} et \overrightarrow{JZ} pour l'outil **T1** :

/3,5pts



- 2- Compléter, en mode absolu **G90** et en se référant au **DRES page 20/20**, le tableau des coordonnées des points du profil fini relatif aux surfaces (**C₁, D₂, F_{5éb}**) et (**C₃, D₃, F_{7éb}**) : (prendre les dimensions moyennes) : **/5pts**

Coordonnées	Points à programmer								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	X(Φ)	118	125,925	125,925	174	77,015	73,015	73,015	58
	Z	62	58	48,5	48,5	120	116	99,5	99,5

- 3- Compléter le programme, ci-dessous, des deux cycles d'usinage (**profil fini**) en se référant aux **DRES 19/20**, au tableau des coordonnées ci-dessus et au croquis du parcours d'outil **page 13/20** : **/7pts**

%	Phase 30	0,5pt par ligne	Commentaires
N10	G40 G80 G90 M05 M09		Initialisation
N20	G00 G52 X00 Z00		Retour origine machine OM
N30	T01 D01 M06		Appel d'outil N°1
N40	G97 S700		Fréquence de rotation
N50	G96 S180 X118 Z62 M04 M42 M08		Vitesse de coupe point 1 Rotation de broche sens trigo gamme de fréquence
N60	G01 G95 G42 X125,925 Z58 F0,1		Avance travail ; point 2 ; Correction d'outil ; avance (mm/tr)
N70	Z48,5		Point 3
N80	X174		Point 4
N90	G52 G00 X00 Z00 G40		Retour origine machine OM Annulation de correction d'outil
N100	T02 D02 M06		Appel d'outil N°2
N110	G96 S180 X77,015 Z120		Vitesse de coupe point 5
N120	G01 G95 G41 X73,015 Z116 F0,1		Avance travail ; point 6 ; correction d'outil ; avance (mm/tr)
N130	Z99,5		Point 7
N140	X58		Point 8
N150	Z120		Point 9
N160	G77 N10 N20		Appel des blocs de sécurité
N170	M02		Fin de programme