

الصفحة 9	1	الامتحان الوطني الموحد للبكالوريا الدورة العادية 2018 -عناصر الإجابة-	NR 45	المملكة المغربية وزارة التربية الوطنية والتكوين المهني والتعليم العالي والبحث العلمي
4	مدة الإنجاز	علوم المهندس	المادة	
8	المعامل	شعبة العلوم والتكنولوجيات: مسلك العلوم والتكنولوجيات الميكانيكية	الشعبة أو المسلك	

ÉLÉMENTS DE CORRECTION

N.B

Le correcteur est tenu de respecter à la lettre les consignes relatives aux répartitions des notes indiquées sur les éléments de correction

Documents réponses

SEV 1 :

Tâche 1.1 : Analyse fonctionnelle :

- a- Expression du besoin par le diagramme « *Bête à Cornes* » suivant :

0,5 pt / réponse

/1,5pt

A qui rend t-il service ?

Utilisateur

Sur quoi agit-il ?

Eaux usées

Système de relevage des eaux usées

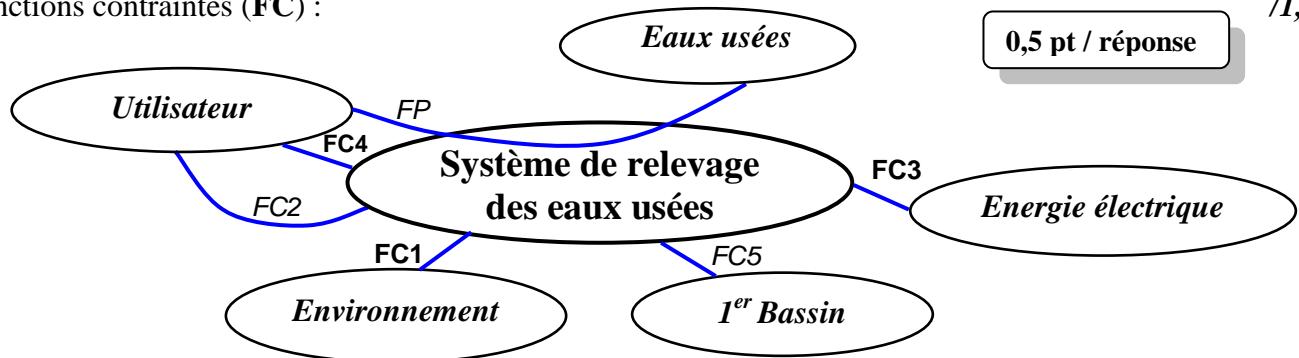
Dans quel but ?

FP : Relever les eaux usées à une altitude suffisante

- b- Le diagramme des interactions (diagramme pieuvre) en précisant la fonction principale (FP) et les fonctions contraintes (FC) :

/1,5pt

0,5 pt / réponse



- c- Les expressions des fonctions de service :

/1,5pt

FP : Relever les eaux usées à une altitude suffisante

0,5 pt / réponse

FC1 : Respecter (préserver) l'environnement

FC2 : Ne présenter aucun risque pour l'utilisateur ;

FC3 : Utiliser l'énergie électrique

FC4 : Permettre la commande manuelle par l'utilisateur ;

FC5 : Détecter le niveau des eaux usées dans le 1^{er} bassin.

Tâche 1.2 : Analyse technique :

- a- Le nom et la fonction des pièces choisies du tableau suivant :

0,5 pt / réponse

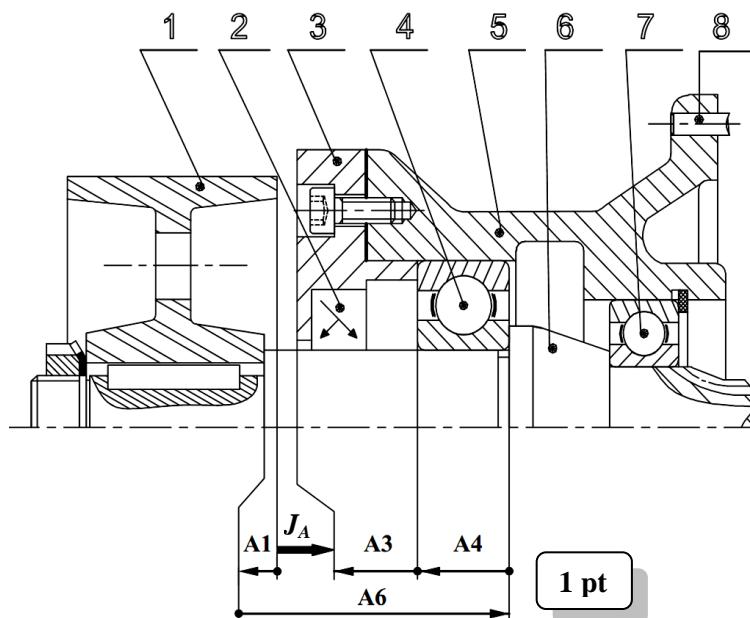
/4pts

Repères des pièces	Noms	Fonctions
11	Bouchon de remplissage	Boucher le trou de remplissage d'huile après usage
2 et 24	Joint à 2 lèvres	Assurer l'étanchéité dynamique entre deux milieux
27	Bouchon de vidange	Boucher le trou de vidange après usage
36	Roulement à une rangée de billes à contact oblique	Assurer le guidage en rotation de 25 par rapport à 21

- b- Le nom de la liaison, son symbole et son nombre de degrés de liberté donnés par le tableau suivant : /2pts

La liaison	Nom de la liaison	Symbole normalisé de la liaison	0,25 pt / réponse	
			T	R
1/6	Complète démontable		0	0
6/5	Pivot		0	1

c- Le tracé, en négligeant le jeu interne des roulements, de la chaîne de cotes minimale relative au jeu fonctionnel (J_A) de la figure ci-dessous et l'expression littérale du jeu maximal noté $J_{A\text{Max}}$: /2pts



1 pt

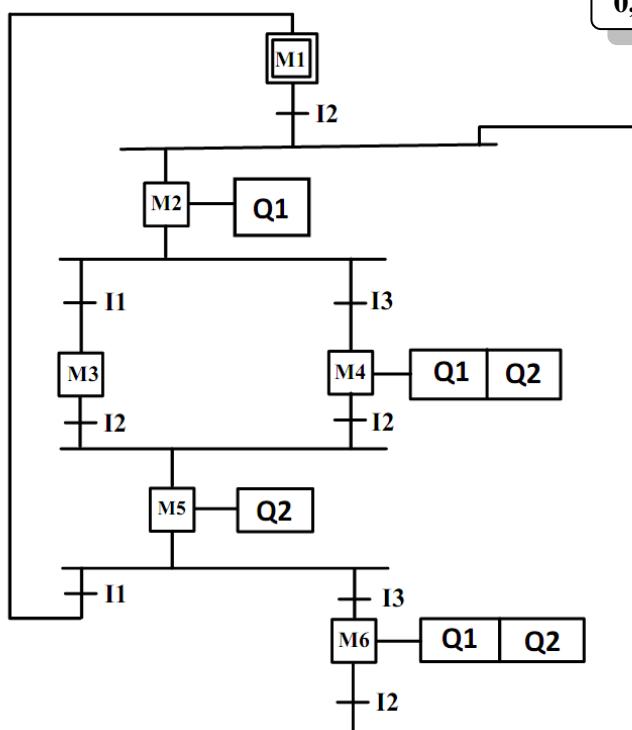
$$J_{A\text{Max}} = A_{6\text{Max}} - A_{4\text{min}} - A_{3\text{min}} - A_{1\text{min}}$$

Tâche 1.3 : Étude partielle de l'automatisme de commande des deux moteurs électriques **M1** et **M2** :

a- Le *Grafset* point de vue API (Zelio) :

0,25 pt / réponse

/3,5pts



b- Le tableau des équations d'activation et de désactivation des étapes :

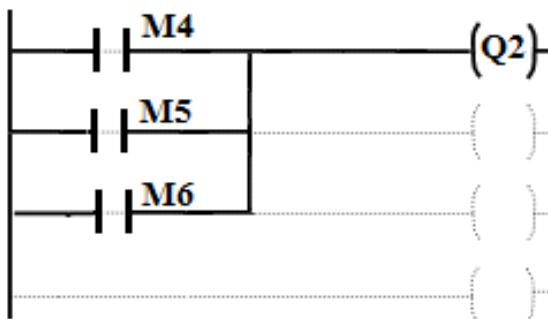
/1,5pt

Etapes	Equation d'activation	Equation de désactivation
Etape 1	M5.I1	m2
Etape 2	I2(M1+M6)	m3+m4
Etape 3	M2.I1	m5
Etape 4	M2.I3	m5
Etape 5	I2(M3+M4)	m1+m6
Etape 6	M5.I3	m2

0,25 pt / réponse

c- Le programme en langage LADDER de la bobine KM2 :

/1,5pt



0,5 pt / branche

SEV 2 :

Tâche 2.1 : Choix du moteur électrique asynchrone triphasé en se basant sur les exigences et les données du cahier des charges DRES page 15/17.

On va considérer que chaque pas de la vis contient le même volume élémentaire V_e d'eau usée et que ce volume monte dans l'auge 38 suivant l'axe de la vis (**DRES pages 12/17 et 13/17**).

N.B : Pour cette Tâche 2.1, prendre 2 chiffres après la virgule dans les calculs qui suivent.

a- Calcul, en tenant compte du volume élémentaire V_e , de la fréquence de rotation N_v (en tr/min) avec laquelle la vis 25 doit tourner afin de respecter le débit maximal $Q_M = 680 \text{ l/s} = 680 \text{ dm}^3/\text{s}$: /1pt

$$Q_M = V_e \cdot \frac{N_v}{60}$$

$$\text{Donc la vitesse de la vis 25 : } N_v = \frac{60 \cdot Q_M}{V_e} = \frac{60 \cdot 680}{869} = 46,95 \text{ tr/min}$$

b- Détermination, en tenant compte du pas P de la vis, de la vitesse V (en m/s) de déplacement de l'eau, supposée constante suivant l'axe de la vis 25, en prenant la fréquence de rotation $N_v = 47 \text{ tr/min}$: /1pt

$$V = \frac{N_v \cdot P}{60} = \frac{47 \times 600 \cdot 10^{-3}}{60} = 0,47 \text{ m/s}$$

Afin de déterminer la puissance nécessaire sur le bout le bout d'entrée de la vis 25 :

c- Détermination du nombre de pas n_p le long de l'hélice de la vis 25 en tenant compte de sa longueur L : /1pt

$$n_p = \frac{L}{P} = \frac{12,24}{600 \cdot 10^{-3}} = 20,4$$

d- Déduction, en tenant compte du volume élémentaire V_e et en prenant $n_p = 20,4$, du volume total V_t (en m^3) d'eau usée mis en mouvement par la vis 25 dans son auge 38 : /0,5pt

$$V_t = V_e \cdot n_p = 869 \times 10^{-3} \times 20,4 = 17,72 \text{ m}^3$$

e- Calcul de la puissance utile P_u (en kW) pour éléver, suivant l'axe de la vis 25, le volume total V_t en tenant compte de l'inclinaison α de la vis (prendre $V = 0,47 \text{ m/s}$ et $V_t = 17,72 \text{ m}^3$) : /1pt

$$P_u = V_t \cdot \rho \cdot g \cdot V \cdot \sin \alpha = 17,72 \times 10^3 \times 9,81 \times 0,47 \times \sin 35^\circ = 46,86 \text{ kW}$$

f- Détermination, en prenant $P_u = 47 \text{ kW}$, de la puissance P_v (en kW) nécessaire sur le bout d'entrée de la vis 25, en tenant compte du rendement $\eta_v = 0,65$ de celle-ci : /0,5pt

$$P_v = \frac{P_u}{\eta_v} = \frac{47}{0,65} = 72,30 \text{ kW}$$

Pour choisir le moteur adéquat :

g- Déduction de la puissance P_{re} (en kW) nécessaire à l'entrée du réducteur (pignon arbré 6), en tenant compte du rendement η_{acc} de l'accouplement élastique et celui du réducteur η_r et en prenant $P_v = 72,30$ kW: 0,5pt

$$P_{re} = \frac{P_v}{\eta_{acc} \times \eta_r} = \frac{72,30}{0,92 \times 0,97} = 81,01 \text{ kW}$$

h- Calcul de la puissance mécanique P_m (en kW) utile sur l'arbre du moteur en tenant compte du rendement η_{pc} du système poulies-courroie : /0,5pt

$$P_m = \frac{P_{re}}{\eta_{pc}} = \frac{81,01}{0,95} = 85,27 \text{ kW}$$

i- Calcul de la vitesse de rotation N_m (en tr/min) du moteur permettant de donner à la vis 25 la vitesse de rotation $N_v = 47$ tr/min : /1pt

$$k \times \frac{Dp}{Dr} = \frac{N_v}{N_m} = \frac{1}{31,5} \times 1 \quad \text{donc} \quad N_m = N_v \times 31,5 = 47 \times 31,5 = 1480,5 \text{ tr/min}$$

j- Choix, en donnant la désignation à partir du DRES page 16/17, du moteur convenable qui va fournir à la vis d'Archimède 25 la puissance et la vitesse nécessaires : /0,5pt

Le moteur à choisir est celui de la désignation suivante : LS 280 MP qui donne 90 kW à 1482 tr/min.

Tâche 2.2 : Vérification de la résistance et de la rigidité à la torsion de l'arbre 15, selon les données suivantes :

L'arbre 15 est assimilé à une poutre **cylindrique pleine** de diamètre d_{15} , soumise à un moment de torsion $M_t = 15970$ N.m. L'arbre 15 est en acier pour lequel $Reg = 245$ MPa (N/mm²). On prend pour cette construction un coefficient de sécurité $s = 3$ et un coefficient de concentration des contraintes $k_t = 1,6$.

N.B : Pour cette Tâche 2.2, prendre 2 chiffres après la virgule dans les calculs qui suivent.

a- La condition de résistance à la torsion dans une section droite de l'arbre 15 : /0,5pt

$$\zeta_{max} \leq \frac{R_{eg}}{s}$$

b- Détermination du diamètre minimal d_{15min} (en mm), de l'arbre 15 : /2pts

$$\zeta_{max} = \frac{k_{ts} \times M_t}{I_0} \times \frac{d_{15}}{2} = \frac{16 \times k_{ts} \times M_t}{\pi \times d_{15}^3} \leq \frac{R_{eg}}{s}$$

$$\text{donc } d_{15} \geq \sqrt[3]{\frac{16 \times k_{ts} \times M_t \times s}{\pi \times R_{eg}}}$$

$$d_{15} \geq \sqrt[3]{\frac{16 \times 1,6 \times 15970 \times 10^3 \times 3}{\pi \times 245}} = 116,80 \text{ mm}$$

c- Calcul de l'angle unitaire de torsion θ_{15} (en rad/mm), en prenant $d_{15} = 117 \text{ mm}$ et sachant que le module d'élasticité transversal de l'arbre 15 est $G = 80000 \text{ MPa}$: /Ipt

$$\theta_{15} = \frac{M_t}{G \cdot I_0} = \frac{32 \times 15970 \times 10^3}{80000 \times \pi \times 117^4} = 1,08 \cdot 10^{-5} \text{ rad/mm}$$

d- La condition de rigidité à la torsion de l'arbre 15 : /Ipt

$$\theta_{15} \leq \theta_{limite}$$

e- Conclusion sur la rigidité de l'arbre 15, si $\theta_{limite} = 1,3 \cdot 10^{-5} \text{ rad/mm}$: /Ipt

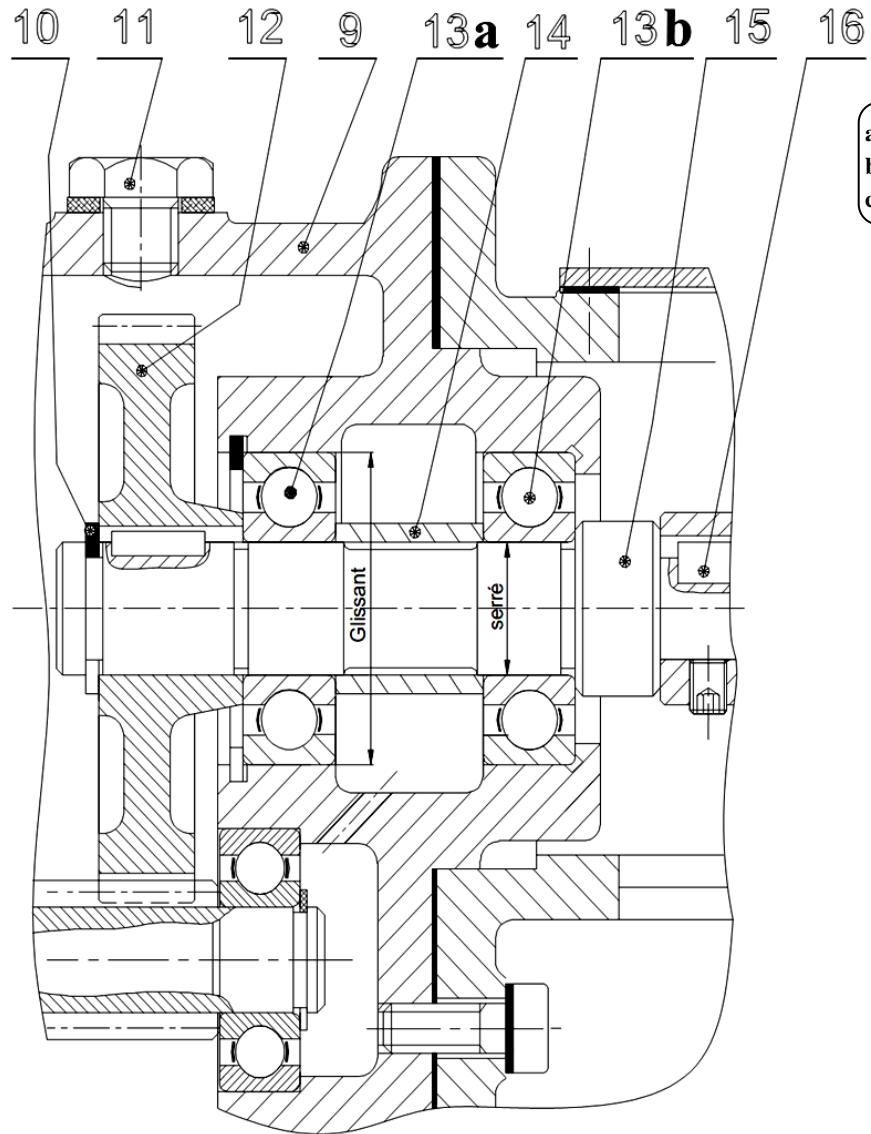
La condition de rigidité à la torsion de l'arbre 15 est respectée car $\theta_{15} \leq \theta_{limite}$

Tâche 2.3 : Représentation graphique du guidage en rotation de l'**arbre 15** par rapport au **carter 9** :

a- Représentation des arrêts en translation des bagues extérieures des roulements 13a et 13b ; /2pts

b- Représentation des arrêts en translation des bagues intérieures des roulements 13a et 13b ; /2pts

c- Mise en place des types d'ajustements (serré ou glissant) relatifs au montage de ces deux roulements. /Ipt



SEV 3 :

Tâche 3.1 :

a- Identification et explication de la désignation du matériau de l'arbre 15 :

1 pt

1 pt

C40 Forcé : acier non allié forcé et contenant 0,4% de Carbone.

/2pts

b- Le tableau indiquant le symbole, la signification et le type de tolérance des différentes spécifications géométriques utilisées dans le dessin de définition de l'arbre 15 :

0,5 pt / réponse

/4pts

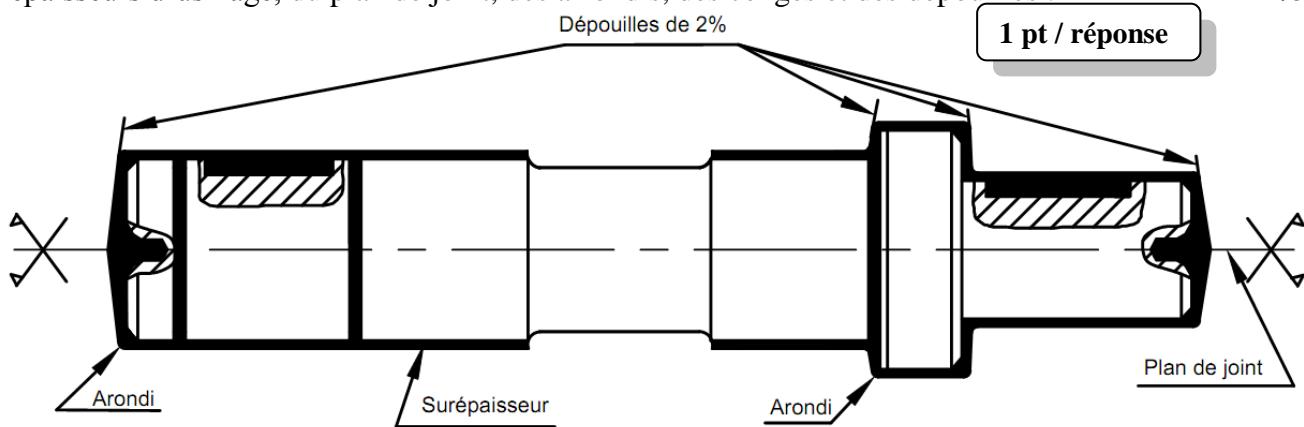
Symbol	Signification	Type de tolérance
⊥	Perpendicularité	Orientation
//	Parallélisme	Orientation
≡	Symétrie	Position
◎	Coaxialité	Position

c- Le dessin du brut capable de l'arbre 15, sachant qu'il est obtenu par estampage, par l'indication des surépaisseurs d'usinage, du plan de joint, des arrondis, des congés et des dépouilles :

/5pts

Dépouilles de 2%

1 pt / réponse



d- Citation de deux avantages de l'estampage qui est le procédé d'élaboration de brut de l'arbre 15 :

/2pts

✓ Qualité dimensionnelle obtenue 9 à 11 ;

1 pt / réponse

✓ Caractéristiques mécaniques accrues par rapport à celles du matériau d'origine, car ce procédé améliore la compacité et provoque « un fibrage » dans les pièces.

Tâche 3.2 : Étude de la phase 20. Sur le croquis, ci-dessous, relatif à la phase 20, par :

a- Mise en place des symboles technologiques (2^{ème} norme) permettant la mise et le maintien en position de l'arbre 15 en montage en l'air sur mandrin à mors doux.

/2pts

b- Installation, en négligeant les chanfreins et le centrage, des cotes fabriquées (sans valeurs) réalisées dans cette phase.

/3pts

c- Les spécifications obtenues dans cette phase :

/2pts

F4	//	t ₆	F2
D4	◎	t ₇	D3-D3'

- a- 1 pt / liaison ;
b- 1 pt / Cf ;
c- 1 pt / spécification.

Croquis de phase :

3 mors doux à serrage concentrique

G

3 appuis à 120°

Cf3

Cf2

N.B. :

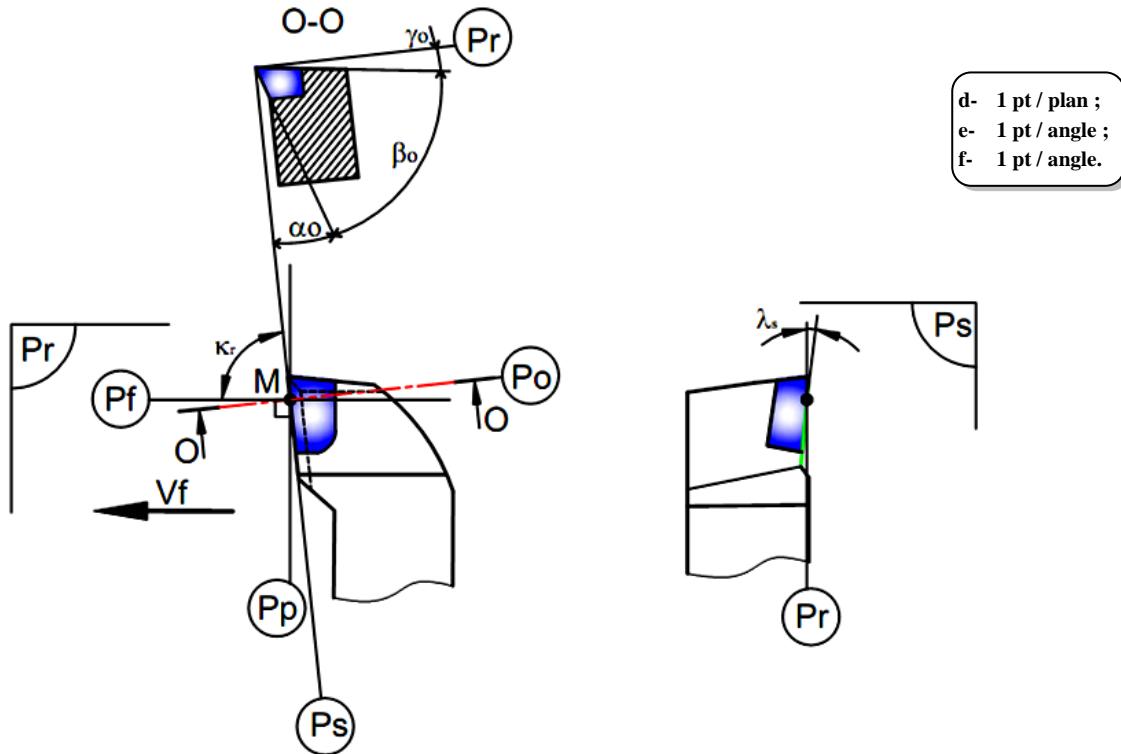
- un centrage long sur D3 et D3' et butée sur F2 est aussi une solution correcte ;
- la cote cf2 peut être entre F2 et F3.

Tâche 3.3 : Étude de l'outil de réalisation de (D4, F4). Sur le croquis ci-dessous installer :

a- Les plans de l'outil, référentiel en main, (Pr, Ps, Pf, Po et Pp) ; /5pts

b- Les angles de faces orthogonaux (α_0 , β_0 , γ_0) ; /3pts

c- L'angle de direction d'arête Kr et l'angle d'inclinaison d'arête λ_s . /2pts



Tâche 3.4 : Étude de la coupe afin de valider la machine choisie pour réaliser l'ébauche de D₂, sachant que celle-ci développe, au niveau de son moteur, une puissance $P_m = 5,5 \text{ KW}$, son rendement $\eta = 0,8$ et que la profondeur de passe $a = 3\text{mm}$, l'avance par tour $f = 0,1\text{mm/tr}$, la vitesse de coupe $V_c = 210\text{m/min}$ et la pression spécifique du matériau usiné $k_c = 400 \text{ daN/mm}^2$.

a- Calcul de l'effort tangentiel de coupe F_c (en N) : /1pt

$$F_c = k_c \times a \times f$$

$$F_c = 4000 \times 3 \times 0,1 = 1200 \text{ N}$$

b- Détermination de la puissance de coupe P_c (en W) : /1pt

$$P_c = F_c \times V_c$$

$$P_c = 1200 \times 210/60 = 4200 \text{ W}$$

c- Déduction de la puissance P_{mf} (en kW) à fournir par le moteur de la machine : /1pt

$$\eta = P_c / P_{mf} \text{ donc } P_{mf} = P_c / \eta$$

$$P_{mf} = 4200 / 0,8 = 5,250 \text{ KW}$$

d- Conclusion sur la validation de la machine choisie : /1pt

La machine choisie est valide

Tâche 3.5 :

Vérification de la capacité du procédé de fabrication du diamètre $D4 = \varnothing 89_{-0,034}^{+0,012}$ de l'arbre 15 (DRES page 17/17).

On donne le tableau suivant des moyennes \bar{X} et des étendues R relatives aux huit premiers échantillons relevés :

\bar{X}	88,977	88,976	88,975	88,976	88,975	88,977	88,976	88,976
R	0,005	0,003	0,011	0,005	0,005	0,007	0,004	0,008

a- Calcul des dimensions maximale $D_{\text{Max}} (T_s)$ et minimale $D_{\text{min}} (T_i)$ du diamètre D4 : /Ipt

$$D_{\text{Max}} = \text{dimension nominale} + \text{l'écart supérieur} = 89 + (-0,012) = 88,988 \text{ mm}$$

$$D_{\text{Maxi}} = 88,988 \text{ mm} \quad 0,5 \text{ pt}$$

$$D_{\text{min}} = \text{dimension nominale} + \text{l'écart inférieur} = 89 + (-0,034) = 88,966 \text{ mm}$$

$$D_{\text{mini}} = 88,966 \text{ mm} \quad 0,5 \text{ pt}$$

b- Calcul pour les huit échantillons la moyenne des moyennes $\bar{\bar{X}}$ et la moyenne des étendues \bar{R} : /2pts

$$\bar{\bar{X}} = \sum_0^8 \frac{88,977+88,976+88,975+88,976+88,975+88,977+88,976+88,976}{8} = 88,976 \text{ mm}$$

$$\bar{\bar{X}} = 88,976 \text{ mm} \quad 1 \text{ pt}$$

$$\bar{R} = \sum_0^8 \frac{0,005+0,003+0,011+0,005+0,005+0,007+0,004+0,008}{8} = 0,006 \text{ mm}$$

$$\bar{R} = 0,006 \text{ mm} \quad 1 \text{ pt}$$

c- Calcul de l'écart-type estimé $\sigma_{\text{estimé}}$ sachant que $d_n = 2,326$ et $\sigma_{\text{estimé}} = \frac{\bar{R}}{d_n}$: /Ipt

$$\sigma_{\text{estimé}} = \frac{\bar{R}}{d_n} = \frac{0,006}{2,326} = 2,58 \times 10^{-3}$$

d- Calcul des indicateurs de capacité Cp et Cpk : /2pts

$$\text{On donne : } Cp = \frac{D_{\text{Max}} - D_{\text{min}}}{6 \sigma_{\text{estimé}}} \text{ et } Cpk = \text{Mini} \left[\frac{\bar{X} - D_{\text{min}}}{3 \sigma_{\text{estimé}}}, \frac{D_{\text{Max}} - \bar{X}}{3 \sigma_{\text{estimé}}} \right] = \text{Mini} [Cpki; Cpk]$$

$$Cp = \frac{D_{\text{Maxi}} - D_{\text{mini}}}{6 \sigma_{\text{estimé}}} = \frac{88,988 - 88,966}{6 \times 2,58 \times 10^{-3}} = \frac{0,022}{0,01548} = 1,42 \quad Cp = 1,42. \quad 1 \text{ pt}$$

$$Cpk = \text{Mini} \left[\frac{88,976 - 88,966}{3 \times 2,58 \times 10^{-3}}, \frac{88,988 - 88,976}{3 \times 2,58 \times 10^{-3}} \right] \quad Cpki = 1,29 \quad Cpk = 1,29 \quad 1 \text{ pt} \quad Cpk = 1,55$$

e- Comparaison des indicateurs Cp et Cpk avec la valeur minimale admise et conclusion : /2pts

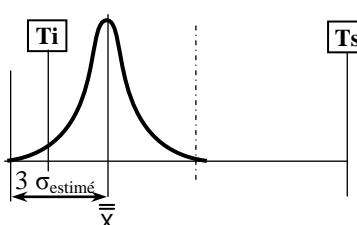
$$Cp = 1,42 > 1,33 \quad 1 \text{ pt}$$

$$Cpk = 1,29 < 1,33$$

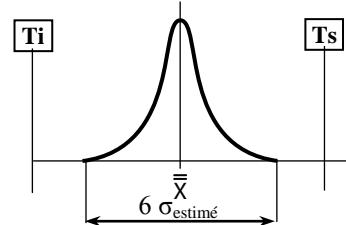
Donc le procédé est capable mais mal réglé 1 pt

f- Déduction, parmi les trois courbes de Gauss suivantes, la courbe qui correspond aux résultats de Cp et Cpk trouvés précédemment : /Ipt

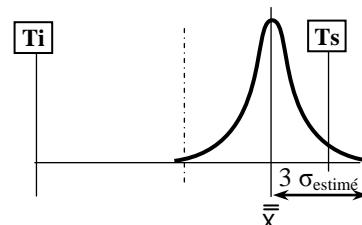
La courbe qui correspond aux résultats trouvés de Cp et Cpk c'est la courbe 1.



Courbe 1



Courbe 2



Courbe 3