

الصفحة 1 9	<b>الامتحان الوطني الموحد للبكالوريا</b> الدورة العادية 2018 -عناصر الإجابة-	NR 45	المملكة المغربية وزارة التربية الوطنية والتكوين المهني والتعليم العالي والبحث العلمي المركز الوطني للتقويم والإمتحانات والتوجيه
------------------	--	-------	--

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

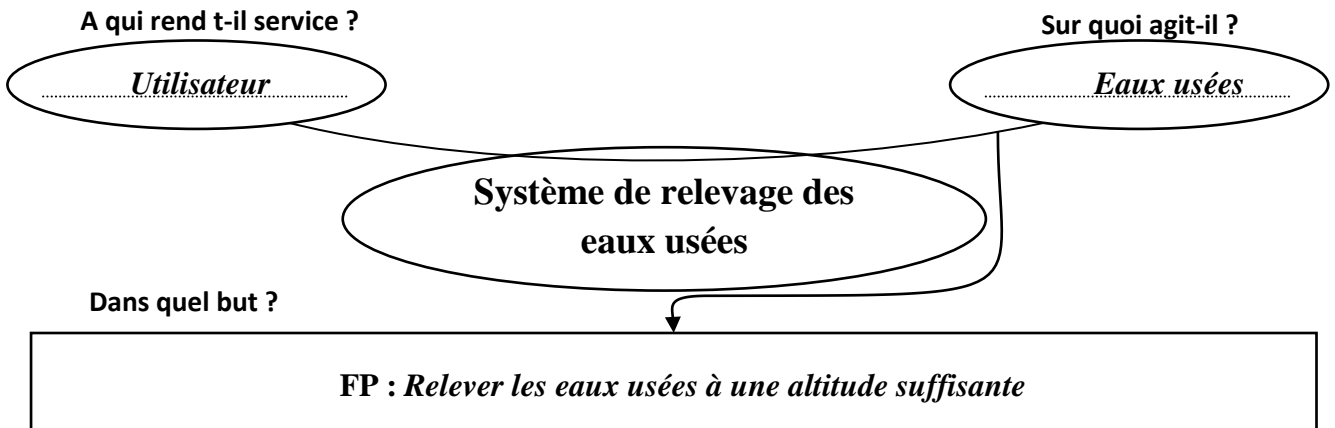
SEV 1 :

Tâche 1.1 : Analyse fonctionnelle :

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

0,5 pt / réponse

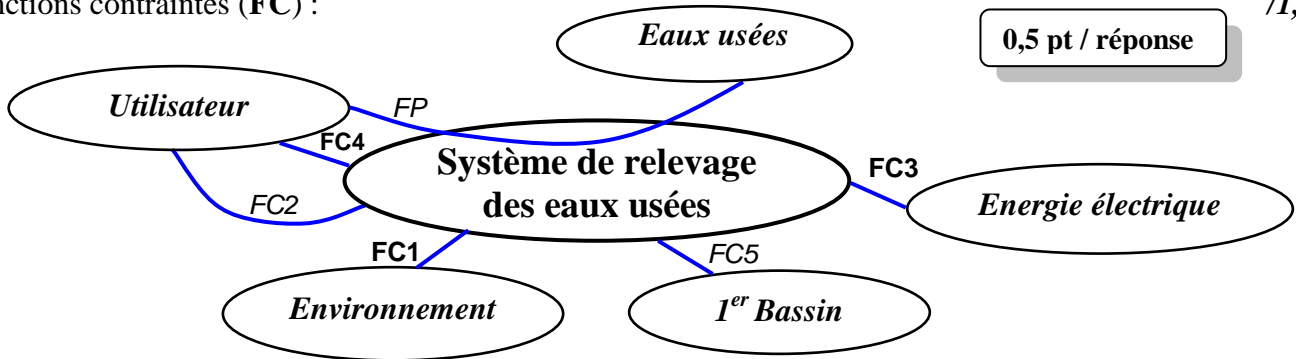
/1,5pt



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

0,5 pt / réponse

/1,5pt



c- Les expressions des fonctions de service :

0,5 pt / réponse

/1,5pt

FP : Relever les eaux usées à une altitude suffisante

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<sup>er</sup> bassin.

Tâche 1.2 : Analyse technique :

0,5 pt / réponse

/4pts

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

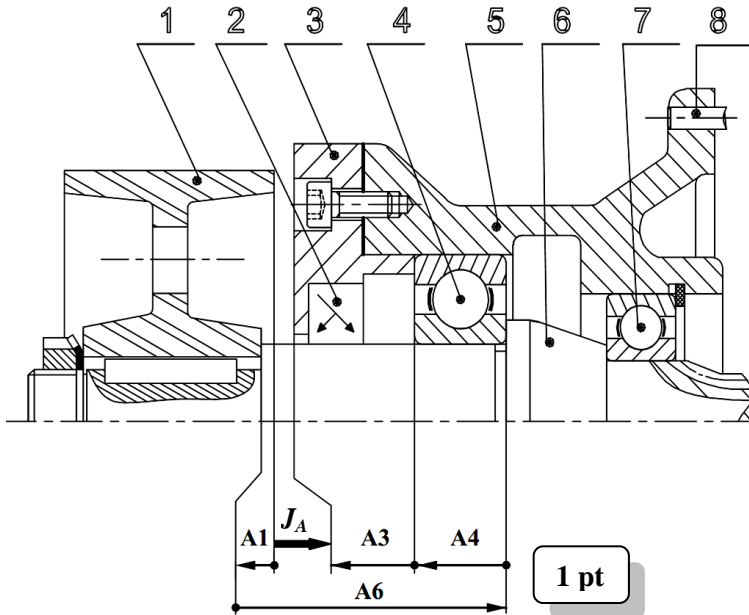
Repères des pièces	Noms	Fonctions
11	Bouchon de remplissage	Boucher le trou de remplissage d'huile après usage
2 et 24	Joints à 2 lèvres	Assurer l'étanchéité dynamique entre deux milieux
27	Bouchon de vidange	Boucher le trou de vidange après usage
36	Roulement à une rangée de billes à contact oblique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

0,25 pt / réponse

La liaison	Nom de la liaison	Symbole normalisé de la liaison	Degrés de liberté	
			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  $J_{AMax}$  : /2pts



1 pt

$$J_{AMax} = A_{6Max} - A_{4min} - A_{3min} - A_{1min}$$

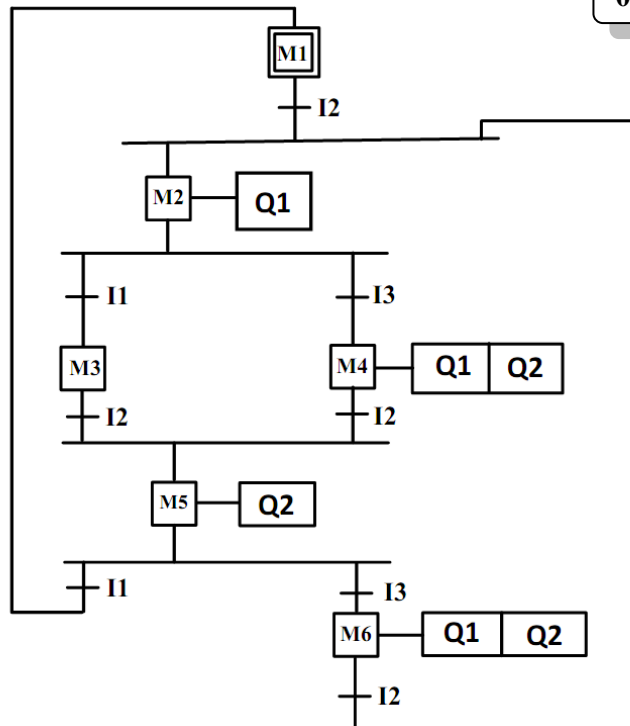
1 pt

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

a- Le Grafcet point de vue API (Zelio) :

0,25 pt / réponse

/3,5pts



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

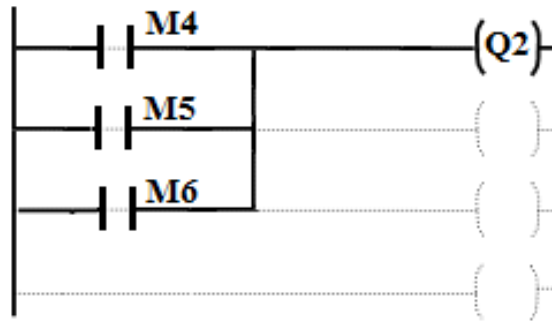
/1,5pt

Étapes	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<sup>3</sup>**) 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 élever, suivant l'axe de la vis **25**, le volume total  $V_t$  en tenant compte de l'inclinaison  $\alpha$  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  $\eta_{acc}$  de l'accouplement élastique et celui du réducteur  $\eta_r$  et en prenant  $P_v = 72,30 \text{ kW}$ : *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  $\eta_{pc}$  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  $N_v = 47 \text{ tr/min}$  : */1pt*

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

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  $M_t = 15970 \text{ N.m}$ . L'arbre 15 est en acier pour lequel  $R_{eg} = 245 \text{ MPa}$  ( $\text{N/mm}^2$ ). 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  $\theta_{15}$  (en  $\text{rad/mm}$ ), en prenant  $d_{15} = 117 \text{ mm}$  et sachant que le module d'élasticité transversal de l'arbre 15 est  $G = 80000 \text{ MPa}$  : /1pt

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

- d- La condition de rigidité à la torsion de l'arbre 15 : /1pt

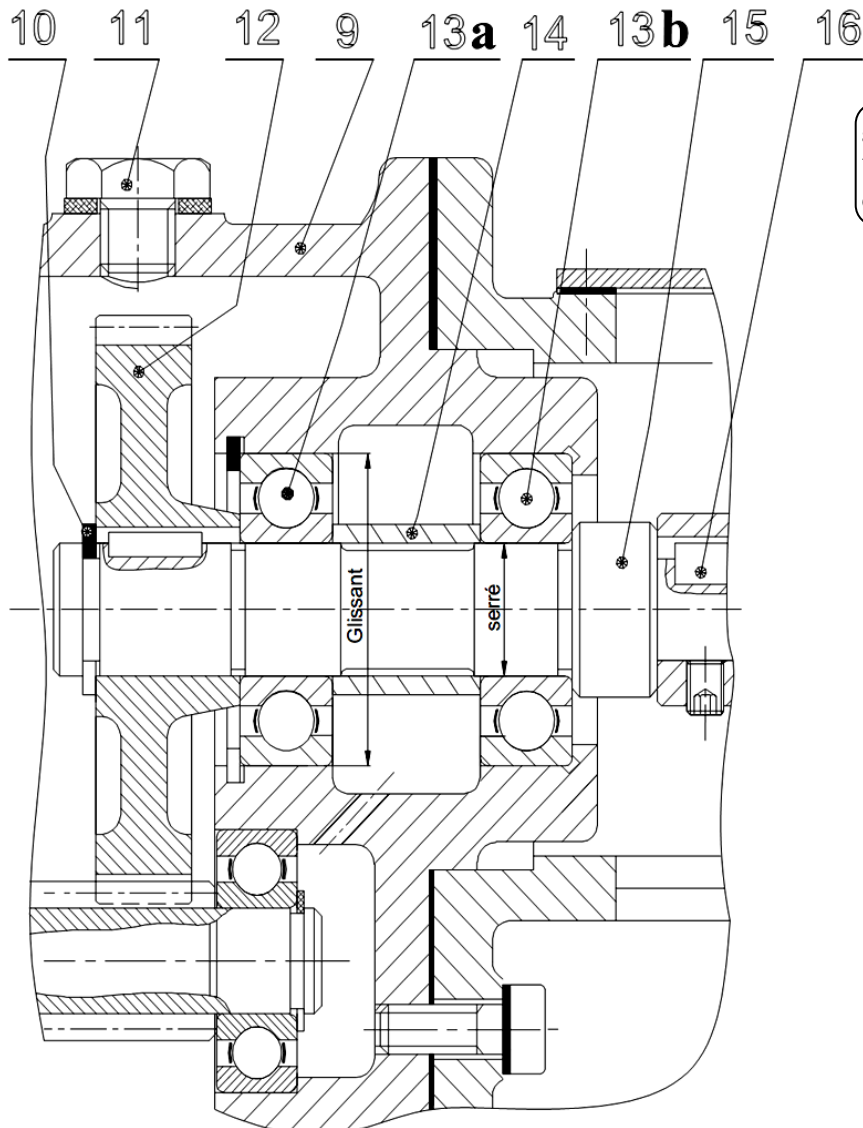
$$\theta_{15} \leq \theta_{\text{limite}}$$

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

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

**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. /1pt



- a- 0,5 pt / arrêt ;  
 b- 0,25 pt / arrêt ;  
 c- 0,5 pt / ajustement

SEV 3 :

## Tâche 3.1 :

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

/2pts

1 pt

1 pt

*C40 Forgé : acier non allié forgé et contenant 0,4% de Carbone.*

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

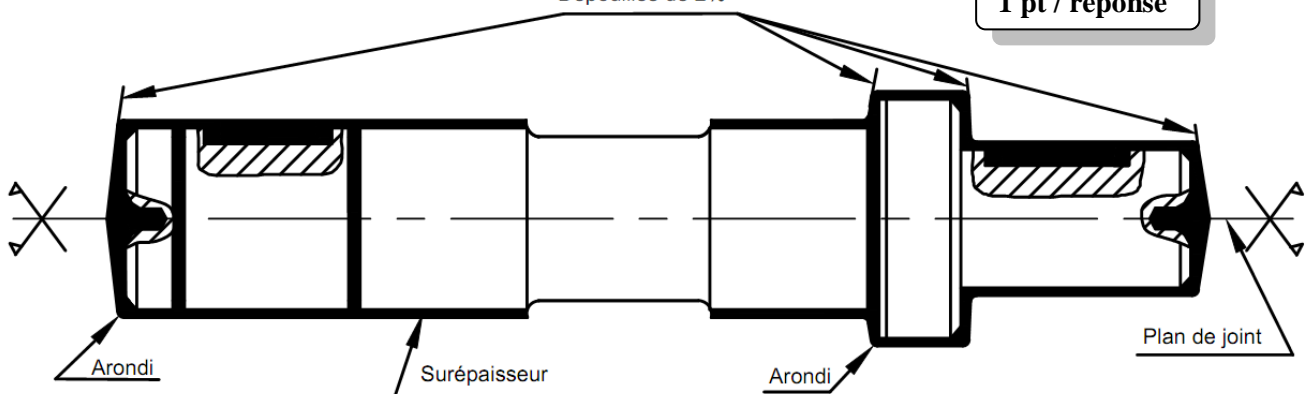
Symbole	Signification	Type de tolérance
	<i>Perpendicularité</i>	Orientation
	<i>Parallélisme</i>	Orientation
	Symétrie	Position
	Coaxialité	Position

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<sup>ème</sup> 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

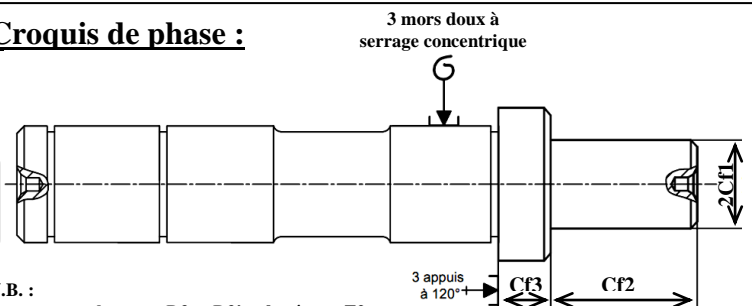
c- Les spécifications obtenues dans cette phase :

/2pts

F4	//	t6	F2
D4	⊙	t7	D3-D3'

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

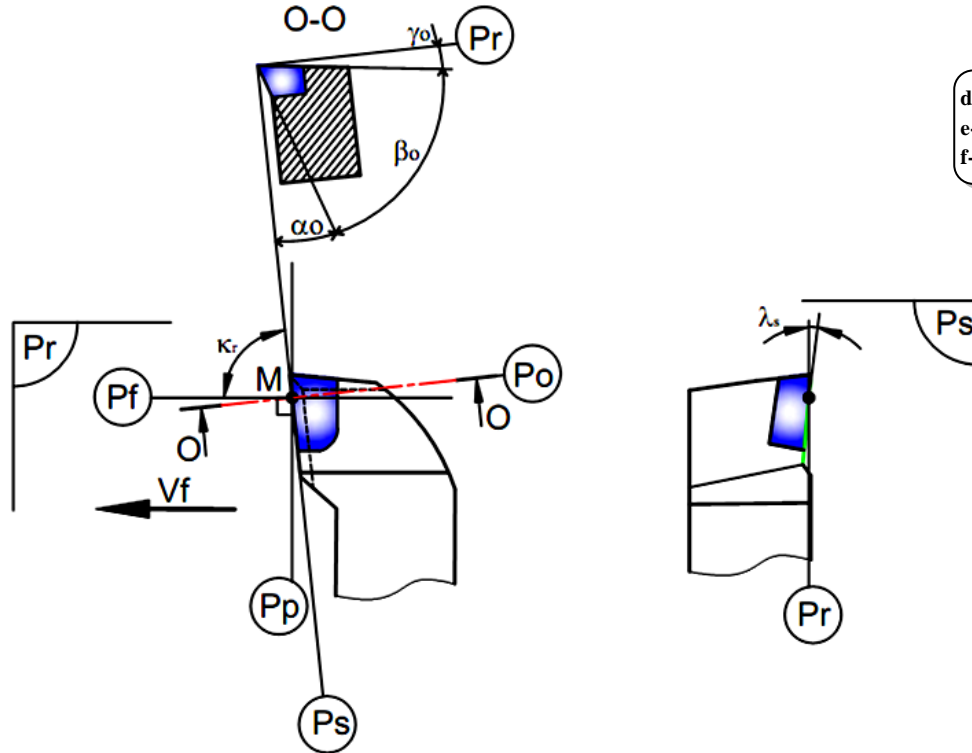
## Croquis de phase :



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 orthogonales ( $\alpha_0, \beta_0, \gamma_0$ ) ; /3pts  
 c- L'angle de direction d'arête **Kr** et l'angle d'inclinaison d'arête  $\lambda_s$ . /2pts



d- 1 pt / plan ;  
 e- 1 pt / angle ;  
 f- 1 pt / angle.

**Tâche 3.4 :** Étude de la coupe afin de valider la machine choisie pour réaliser l'ébauche de **D<sub>2</sub>**, sachant que celle-ci développe, au niveau de son moteur, une puissance **P<sub>m</sub> = 5,5 KW**, son rendement  $\eta = 0,8$  et que la profondeur de passe **a = 3mm**, l'avance par tour **f = 0,1mm/tr**, la vitesse de coupe **V<sub>c</sub> = 210m/min** et la pression spécifique du matériau usiné **kc = 400 daN/mm<sup>2</sup>**.

- a- Calcul de l'effort tangentiel de coupe **F<sub>c</sub>** (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<sub>c</sub>** (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<sub>mf</sub>** (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 capabilité du procédé de fabrication du diamètre  $D_4 = \varnothing 89_{-0,034}^{-0,012}$  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  $D_{Max}$  (Ts) et minimale  $D_{min}$  (Ti) du diamètre D4 :

/1pt

$$D_{Max} = \text{dimension nominale} + \text{l'écart supérieur} = 89 + (-0,012) = 88,988 \text{ mm} \quad D_{Maxi} = 88,988 \text{ mm} \quad \boxed{0,5 \text{ pt}}$$

$$D_{min} = \text{dimension nominale} + \text{l'écart inférieur} = 89 + (-0,034) = 88,966 \text{ mm} \quad D_{mini} = 88,966 \text{ mm} \quad \boxed{0,5 \text{ pt}}$$

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

/2pts

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

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

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

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

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

/1pt

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

d- Calcul des indicateurs de capabilité Cp et Cpk :

/2pts

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

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

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

$$Cpk = 1,29 \quad \boxed{1 \text{ pt}}$$

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

/2pts

$$Cp = 1,42 > 1,33$$

$$\boxed{1 \text{ pt}}$$

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

Donc le procédé est capable mais mal réglé

$$\boxed{1 \text{ pt}}$$

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

/1pt

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

