

4	مدة الإنجاز	علوم المهندس	المادة
8	المعامل	شعبة العلوم والتكنولوجيات: مسلك العلوم والتكنولوجيات الميكانيكية	الشعبة أو المسلك

# ÉLÉMENTS DE CORRECTION

## **GRILLE DE NOTATION :**

**TOTAL :** ..... /80 POINTS

Situation d'évaluation 1		
Tâche	Question	Note
11	a	2 pts
	b	2 pts
	c	2 pts
12	a	2 pts
	b	2,5 pts
	c	3 pts
	d	2 pts
13	a	4 pts
	b	2 pts
Total : 21,5 pts		

Situation d'évaluation 2		
Tâche	Question	Note
21	a	1 pt
	b	3 pts
	c	1 pt
	d	1 pt
	e	2 pts
22	a	1,5 pt
	b	1,5 pt
	c	2 pts
23	a	3 pts
	b	2 pts
	c	1 pt
Total :		19 pts

Situation d'évaluation 3		
Tâche	Question	Note
31	a	2 pts
	b	3,5 pts
	c	2 pts
	d1	1 pt
	d2	3 pts
	d3	1,5 pt
	d4	1,5 pt
	e	5 pts
	f	1 pt
32	a	4,5 pts
	b	2 pts
	c	1,5 pt
33	a	3,5 pts
	b	7,5 pts
Total : 39,5 pts		

## DOCUMENTS REPONSES

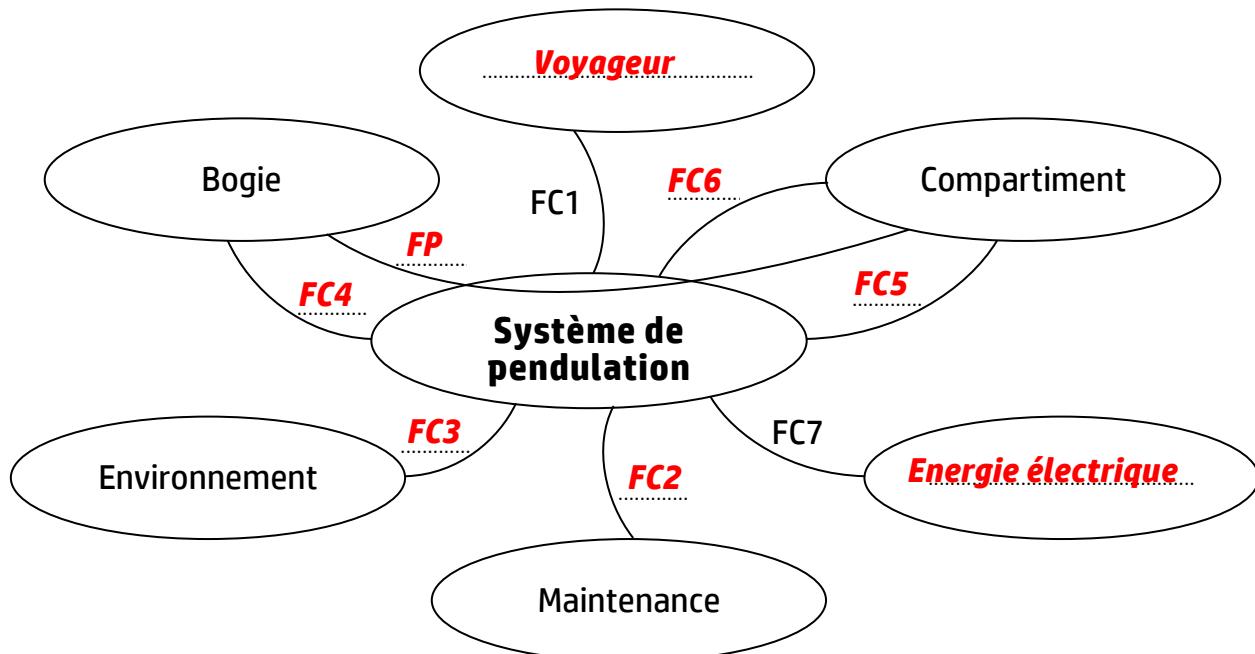
### Situation d'évaluation n°1 :

#### Tâche 11 :

- a. Compléter le diagramme des interactions d'après la liste des fonctions de service ci-dessous : /2 pts

Diagramme des interactions :

8 x 0,25 pt



#### Fonctions de service :

**FP** : permettre l'inclinaison du compartiment par rapport au bogie

**FC1** : participer au confort du voyageur

**FC2** : permettre des coûts de maintenance réduits

**FC3** : résister à l'environnement extérieur (Projections de ballast, d'eaux, de graisse, les lavages haute pression, ...)

**FC4** : respecter les interfaces avec le bogie

**FC5** : respecter les interfaces avec le compartiment

**FC6** : supporter et transmettre les efforts du compartiment

**FC7** : utiliser l'énergie électrique disponible.

b. Compléter le diagramme FAST relatif à la fonction FP :

**4 x 0,5 pt** /2 pts

Fonctions de service

Fonctions techniques

Solutions constructives

**FP**

Permettre l'inclinaison du compartiment par rapport au bogie

**FT1**

Déetecter la courbe

Accéléromètre

**FT2**

Supporter le compartiment

.....  
**Traverse**  
.....

**FT3**

Assurer un mouvement de rotation du compartiment autour de l'axe longitudinal

**FT4**

Fournir l'effort de poussée

**FT41**

Convertir l'énergie électrique en énergie mécanique

.....  
**Moteur électrique à courant continu**  
.....

**FT42**

Adapter l'énergie mécanique

.....  
**Réducteur à engrenage**  
.....

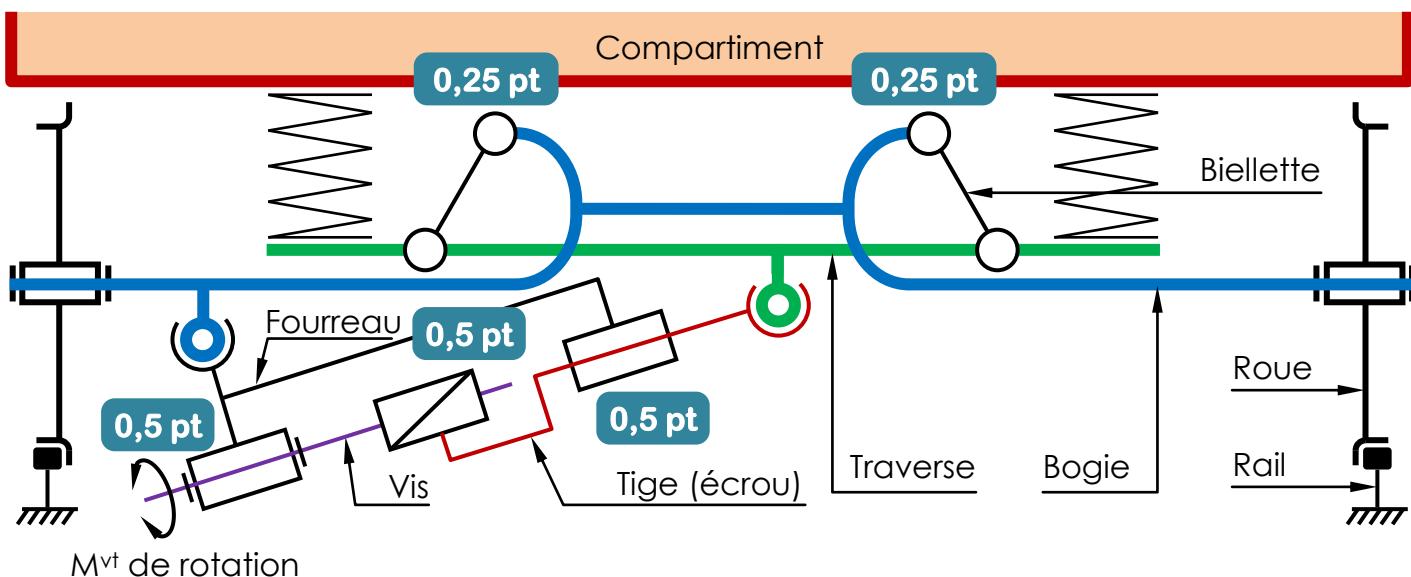
**FT43**

Transformer le mouvement de rotation en translation

.....  
**Système Vis-Ecrou**  
.....

c. Compléter le schéma cinématique du système de pendulation (voir page 3) :

/2 pts



## Tâche 12 :

- a. Calculer, en se référant aux données de l'accéléromètre 3 axes – ADXL335 (DRES page 14/18), la tension  $U_y$  (en mV) pour  $a = 0 \text{ m/s}^2$  et pour  $a = 1,2 \text{ m/s}^2$  : /2 pts

On donne : – la tension d'alimentation de l'accéléromètre est  $V_s = 3,3 \text{ V}$  ;  
– la tension à l'origine mesurée par l'accéléromètre est  $V_0 = V_s/2$ .

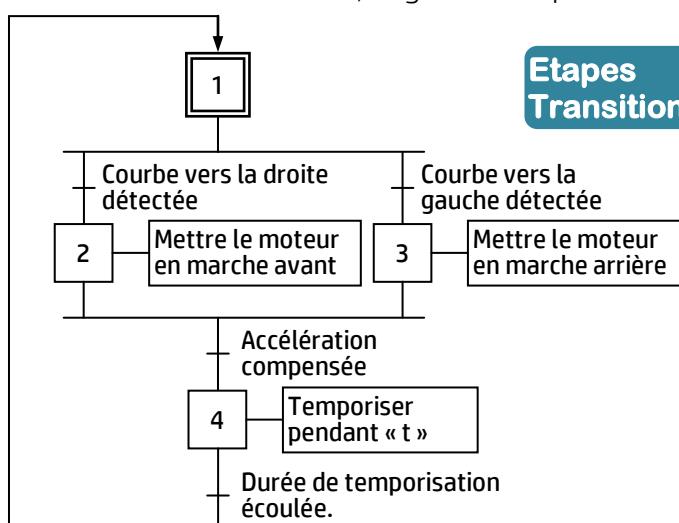
$$U_y = V_0 + S \cdot a = \frac{V_s}{2} + S \cdot a ;$$

$$\text{Pour } a = 0 \text{ m/s}^2 : U_y = \frac{3300}{2} + 30,6 \times 0 = 1650 \text{ mV}$$

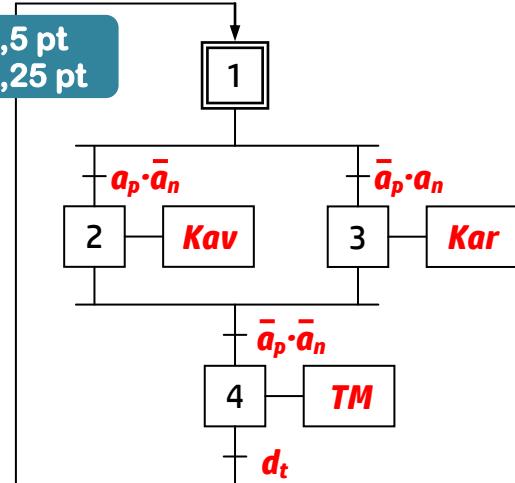
$$\text{Pour } a = 1,2 \text{ m/s}^2 : U_y = 1650 + 30,6 \times 1,2 = 1686,72 \text{ mV}$$

1 pt par cas

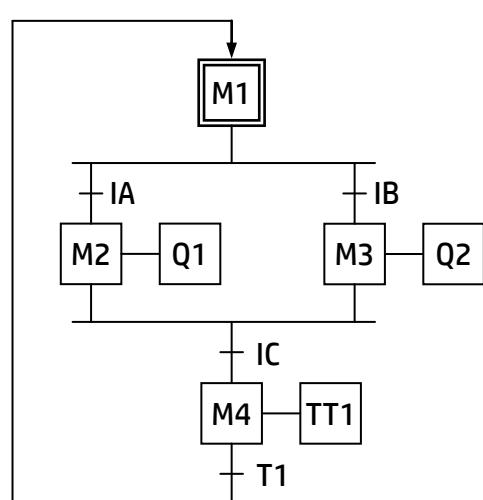
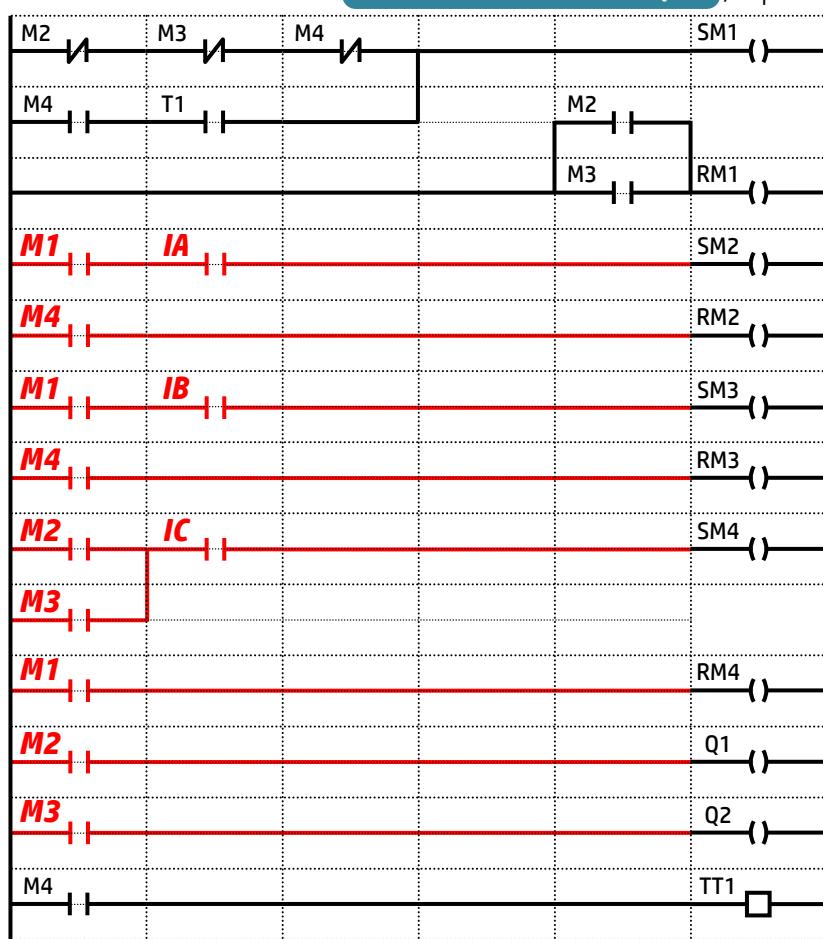
- b. Compléter, en se basant sur le grafcet suivant de point de vue partie opérative et du tableau d'affectation (DRES 15/18), le grafcet de point de vue partie commande : /2,5 pts



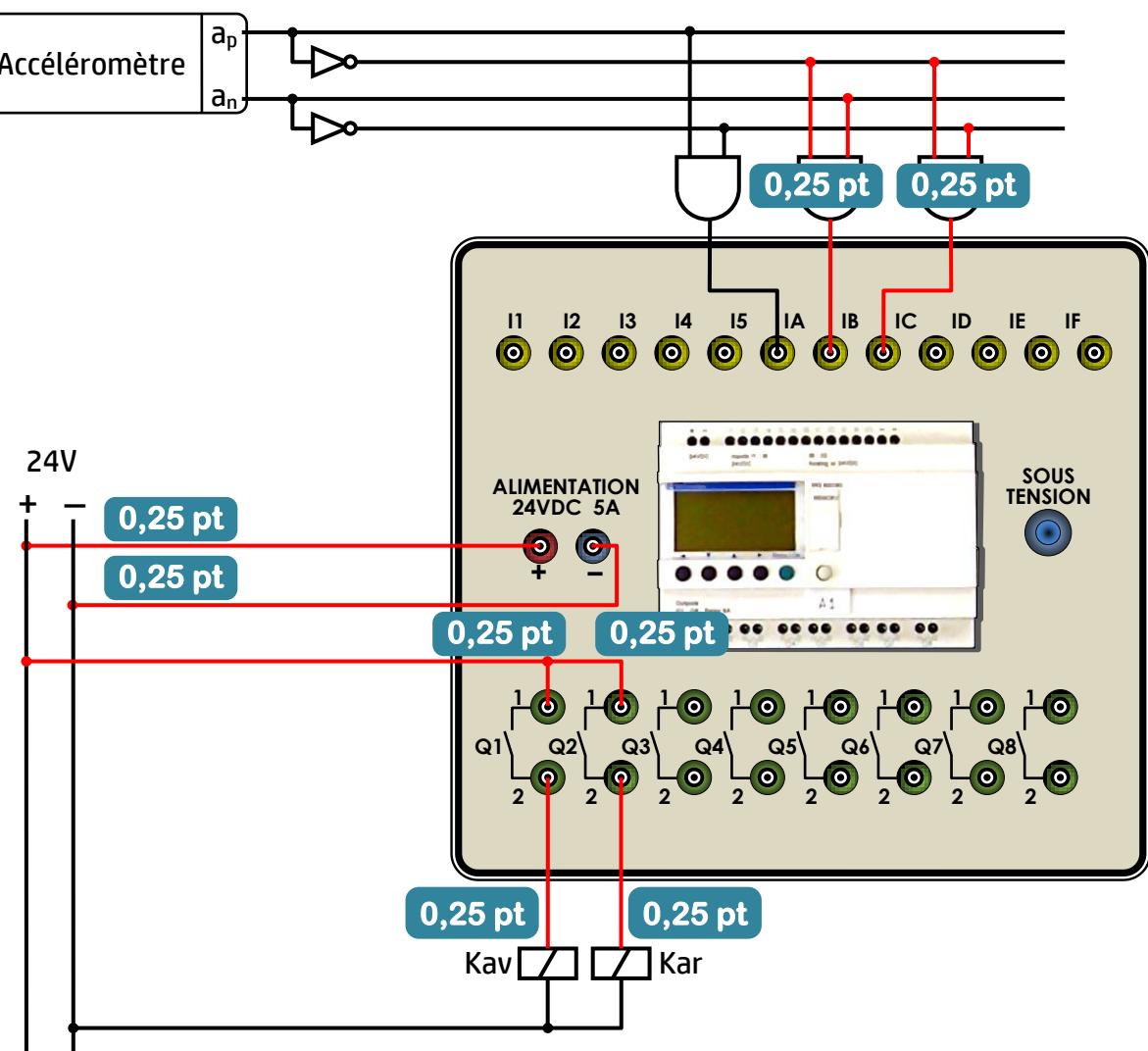
Etapes :  $3 \times 0,5 \text{ pt}$   
Transition :  $4 \times 0,25 \text{ pt}$



12 contacts  $\times 0,25 \text{ pt}$  /3 pts



d. Réaliser, en se basant sur le grafct de point de vue API de la question « c » (page 7/18), le schéma de câblage de l'alimentation, des entrées et des sorties du module Zelio : /2 pts



### Tâche 13 :

a. Compléter le dessin de montage de la chape sur la tige du vérin en respectant les consignes suivantes : /4 pts

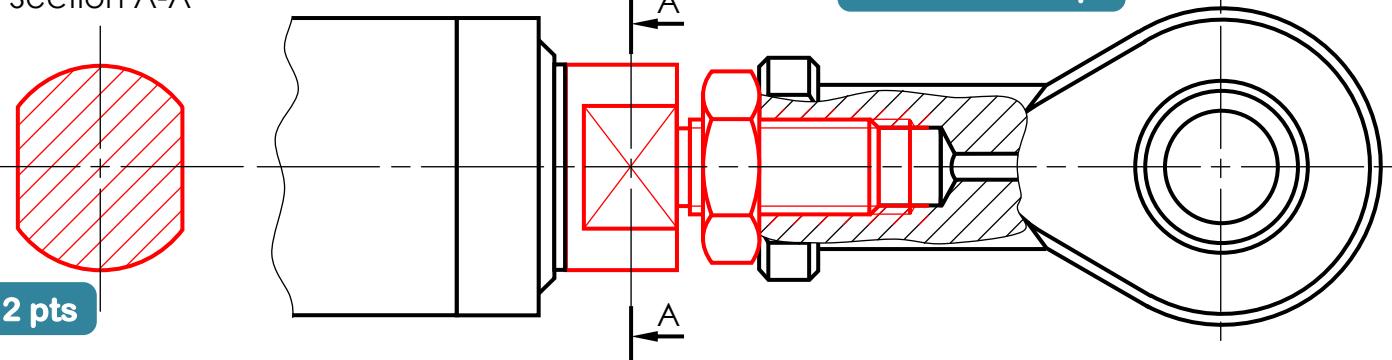
- reproduire les éléments de la liaison en prenant les mêmes dimensions données dans le DRES page 15/18.
- le taraudage de la chape a une longueur de 20 mm.

b. Dessiner la section sortie A-A.

Section A-A

Vis	: 1 pt
Ecrou	: 1 pt
Taraudage	: 1 pt
Hachures	: 1 pt

/2 pts



## Situation d'évaluation n°2 :

**Tâche 21 : Important !**

**Tenir compte des valeurs relevées par le candidat sur les graphes appartenant aux intervalles acceptés pour :  
Tache 21-Questions c, d et e ; Tache 22-Questions a, b et c**

On donne : Vitesse de rotation du moteur

$$N_m = 1800 \text{ tr/min}$$

Pas de la vis

$$p_v = 10 \text{ mm}$$

Nombre de dents du pignon

$$Z_1 = 20 \text{ dents}$$

Nombre de dents de la roue

$$Z_2 = 60 \text{ dents}$$

- a. Calculer le rapport de transmission  $r$  du réducteur :

/1 pt

$$r = \frac{Z_1}{Z_2} \Rightarrow r = \frac{20}{60} = \frac{1}{3} = 0,333$$

**Formule : 0,5 pt A.N. : 0,5 pt**

- b. Calculer la fréquence de rotation de la vis  $N_v$  (en tr/min) et en déduire la vitesse de déplacement de la tige du vérin  $V_t$  (en mm/min) :

/3 pts

$$N_v = \frac{N_m \times r}{3} = \frac{1800}{3} = 600 \text{ tr/min}$$

**Formule : 1 pt A.N. : 0,5 pt**

$$V_t = N_v \times p_v \Rightarrow V_t = 600 \times 10 = 6000 \text{ mm/min}$$

**Formule : 1 pt A.N. : 0,5 pt**

- c. Déterminer, en exploitant la courbe de variation de l'angle de pendulation  $\alpha'$  en fonction de la course de la tige du vérin mécanique du DRES page 15/18, la course  $C$  (en mm) de la tige du vérin mécanique pour atteindre l'angle maximal de pendulation ( $6,3^\circ$ ) :

/1 pt

**$C_t = 137 \text{ mm } (Toutes les valeurs de 136 à 138 sont considérées justes !)$**

- d. Déterminer, en prenant  $V_t = 0,1 \text{ m/s}$ , le temps de pendulation  $t_p$  (en s) permettant d'atteindre l'angle maximal de pendulation entre traverse et bogie :

/1 pt

$$t_p = \frac{C_t}{V_t} \Rightarrow t_p = \frac{C_t}{V_t} = \frac{137 \times 10^{-3}}{0,1} = 1,37 \text{ s}$$

**Formule : 0,5 pt A.N. : 0,5 pt**

- e. Comparer le temps de pendulation  $t_p$  calculé avec le temps maximal de pendulation spécifié dans l'extrait partiel du cahier des charges fonctionnel (DRES page 15/18) et conclure :

/2 pts

**$t_p < 1,6 \text{ s donc le cahier des charges est respecté}$**

**Comparaison : 1 pt Conclusion : 1 pt**

## Tâche 22 :

On donne :

Rayon du virage	$R = 1200 \text{ m}$
Vitesse du train	$V = 160 \text{ km/h}$
Masse du compartiment	$M_c = 36000 \text{ kg}$

Vitesse de la tige

$$V_t = 0,1 \text{ m/s}$$

Rendement du vérin

$$\eta = 0,85$$

Puissance nominale Moteur

$$P = 3 \text{ kW}$$

- a. Déterminer l'accélération  $a$  (en  $\text{m/s}^2$ ) à l'aide du graphe de la variation de l'accélération centrifuge non compensée en fonction de la vitesse du train et du rayon de la courbe (DRES page 16/18) et en déduire l'effort centrifuge  $F_c$  (en N) développé par le compartiment sachant que ( $F_c = M_c \cdot a$ ) :

/1,5 pt

**$a = 0,78 \text{ m/s}^2 (Toutes les valeurs de 0,77 à 0,79 sont considérées justes !) 0,5 pt$**

$$F_c = M_c \cdot a \Rightarrow F_c = 36000 \times 0,78 = 28080 \text{ N} \quad \text{Formule : 0,5 pt A.N. : 0,5 pt}$$

- b. Calculer la puissance  $P_v$  (en kW) développée par le vérin sachant que l'effort au niveau de la tige de l'actionneur électromécanique est évalué par la relation  $F_t = k \cdot F_c$  avec  $k = 0,84$  :

/1,5 pt

$$F_t = k \cdot F_c \Rightarrow F_t = 0,84 \times 28080 = 23587,2 \text{ N} \quad \text{A.N. : 0,5 pt}$$

$$P_v = F_t \cdot V_t \Rightarrow P_v = 23587,2 \times 0,1 = 2358,72 \text{ W} = 2,36 \text{ kW} \quad \text{Formule : 0,5 pt A.N. : 0,5 pt}$$

- c. Déterminer la puissance mécanique  $P_m$  (en kW) à la sortie du moteur électrique, et la comparer avec la puissance nominale du moteur et conclure : /2 pts

$$\eta = \frac{Pv}{Pm} \rightarrow P_a = \frac{Pv}{\eta} \rightarrow P_m = \frac{2,36}{0,85} = 2,776 \text{ kW} < 3 \text{ kW donc le moteur est valide.}$$

Comparaison : 0,5 pt Conclusion : 0,5 pt

Formule : 0,5 pt A.N. : 0,5 pt

### Tâche 23 :

On donne :

Effort tige du vérin	$F_t = 24000 \text{ N}$
Diamètre de l'axe	$d = 14 \text{ mm}$
Coefficient de sécurité	$s = 5$
Résistance élastique au glissement	$Reg = \frac{Re}{2}$

- a. Identifier le nombre de sections sollicitées au cisaillement et calculer la contrainte de cisaillement  $\tau$  appliquée à l'axe : /3 pts

Nombre de sections sollicitées : 2 1 pt

Contrainte de cisaillement :

$$\tau = \frac{F_t}{2 S_0} = \frac{F_t}{2} = \frac{2 F_t}{\pi D^2} \rightarrow \tau = \frac{2 \times 24000}{\pi \times 14^2} = 77,95 \text{ N/mm}^2$$

Formule : 1 pt A.N. : 1 pt

- b. Ecrire la condition de résistance et montrer que la valeur minimale de la résistance à la limite apparente d'élasticité longitudinale  $Re_{mini}$  est égale à 779,5 N/mm<sup>2</sup> : /2 pts

$$\begin{aligned} \tau &\leq R_{pg} \rightarrow \tau &\leq \frac{Reg}{s} \rightarrow \tau &\leq \frac{Re}{2s} \rightarrow Re \geq 2s \cdot \tau && 1 \text{ pt} \\ 0,5 \text{ pt} & & s & & & \\ & & & \Rightarrow Re \geq 2 \times 5 \times 77,95 \Rightarrow Re \geq 779,5 \text{ N/mm}^2 & & \\ & & & \Rightarrow Re_{mini} = 779,5 \text{ N/mm}^2 & 0,5 \text{ pt} & \end{aligned}$$

- c. Choisir le matériau adéquat pour fabriquer l'axe à partir du tableau des matériaux disponibles (DRES page 16/18) : /1 pt

$Re = 980 \text{ N/mm}^2 \Rightarrow 20 \text{ Mn Cr 5}$  1 pt (si la réponse est 36 Ni Cr Mo 16 0,5 pt)

### Situation d'évaluation n°3 :

#### Tâche 31 :

- a. Identifier et expliquer la désignation du matériau du socle (DRES page 17/18) : /2 pts

**EN GJL 350 : Fonte à graphite lamellaire ayant une résistance minimale à la rupture par extension de 350 MPa.** 0,5 pt

- b. Calculer l'effort et la puissance de coupe relatifs à la réalisation de (D<sub>2</sub>-F<sub>3</sub>-T<sub>1</sub>-D<sub>3</sub>-F<sub>4</sub>) : / 3,5 pts

On donne :  $a = 1 \text{ mm}$ ;  $f = 0,2 \text{ mm/tr}$ ;  $K_c = 3500 \text{ N/mm}^2$ ;  $V_c = 120 \text{ m/min}$

Calcul de l'effort de coupe  $F_c$  :

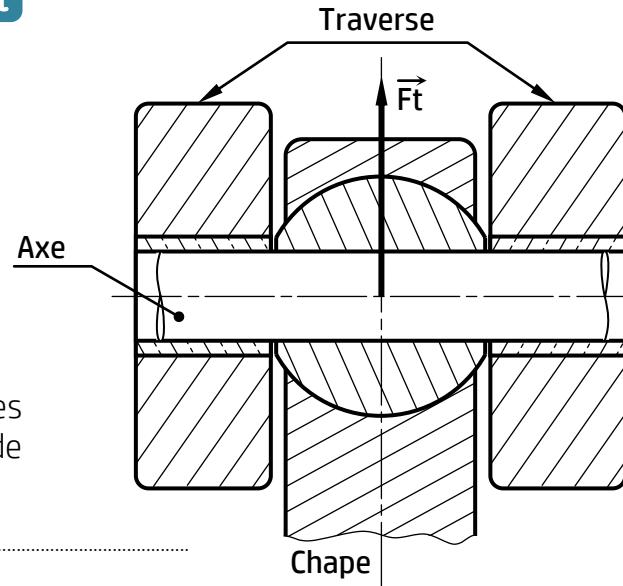
$$F_c = a \cdot f \cdot K_c \Rightarrow F_c = 1 \times 0,2 \times 3500 = 700 \text{ N}$$

Formule : 1 pt A.N. : 0,5 pt

Calcul de la puissance nécessaire à la coupe  $P_c$  =

$$P_c = F_c \cdot V_c \Rightarrow P_c = \frac{700 \times 120}{60 \times 10^3} = 1,4 \text{ kW}$$

Formule : 1 pt A.N. : 1 pt



c. Montrer que la machine utilisée est convenable pour réaliser ( $D_2-F_3-T_1-D_3-F_4$ ), sachant que son rendement  $\eta$  est de 0,8 et que sa puissance  $P_m$  est de 2 kW : /2 pts

$$\eta = \frac{P_c}{P_m} \Rightarrow P_m = \frac{P_c}{\eta} \Rightarrow P_m = \frac{1,4}{0,8} = 1,75 \text{ kW} < 2 \text{ kW}$$

**Formule : 1 pt A.N. : 0,5 pt**

**Conclusion : 0,5 pt donc la machine est convenable.**

d. l'outil choisi pour réaliser le groupe de surfaces ( $D_2-F_3-T_1-D_3-F_4$ ) est représenté ci-dessous :

d1. Nommer l'outil : /1 pt

**Outil à aléser 0,5 pt et dresser 0,5 pt**

Indiquer sur le dessin de l'outil :

d2. Les plans :  $P_r$ ,  $P_s$ ,  $P_f$ ,  $P_o$ ,  $P_n$  et  $P_p$  /3 pts

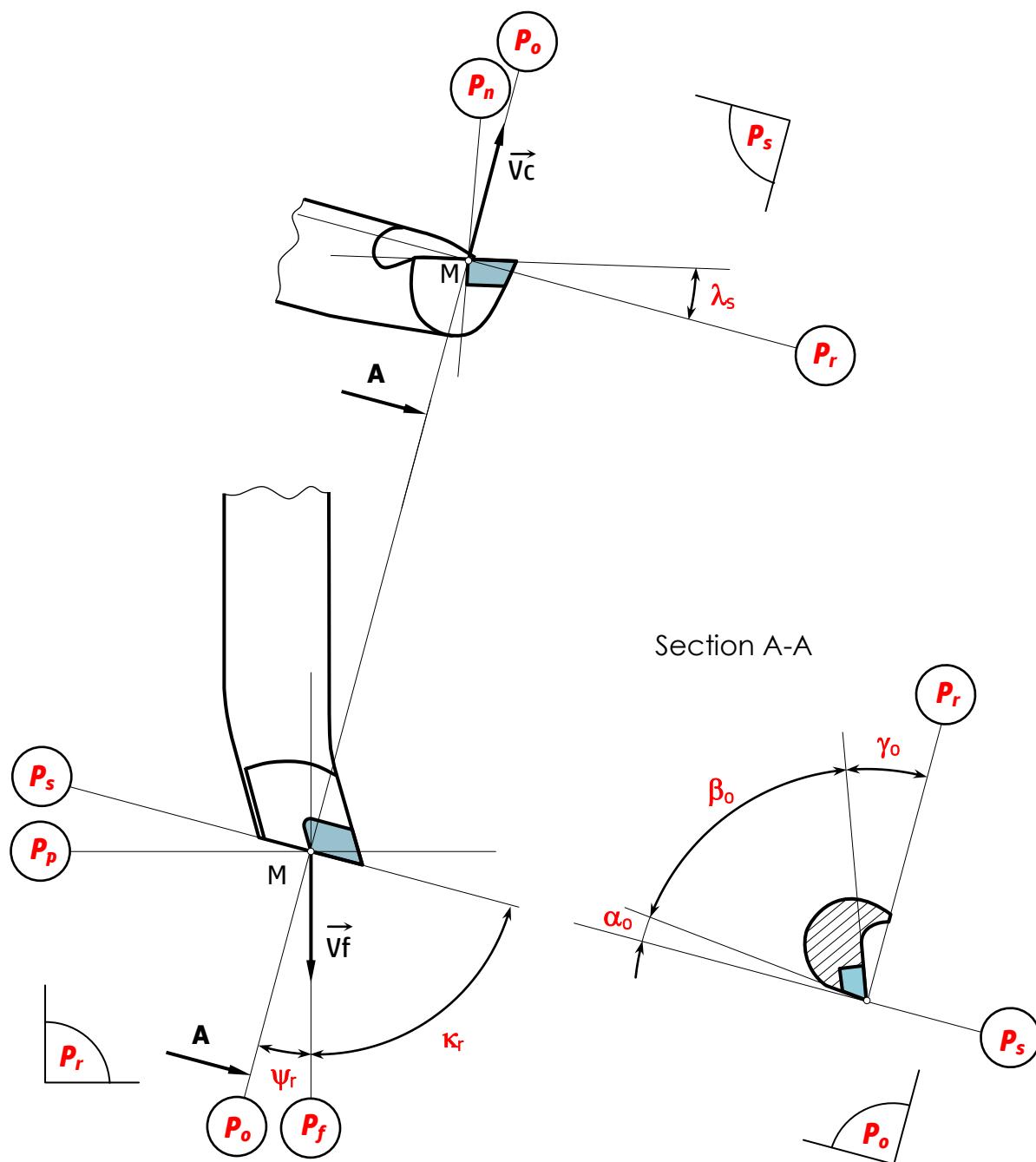
**12 x 0,25 pt**

d3. Les angles d'arête :  $\kappa_r$ ,  $\psi_r$  et  $\lambda_s$  /1,5 pt

**3 x 0,5 pt**

d4. Les angles de face orthogonaux :  $\alpha_o$ ,  $\beta_o$  et  $\gamma_o$  /1,5 pt

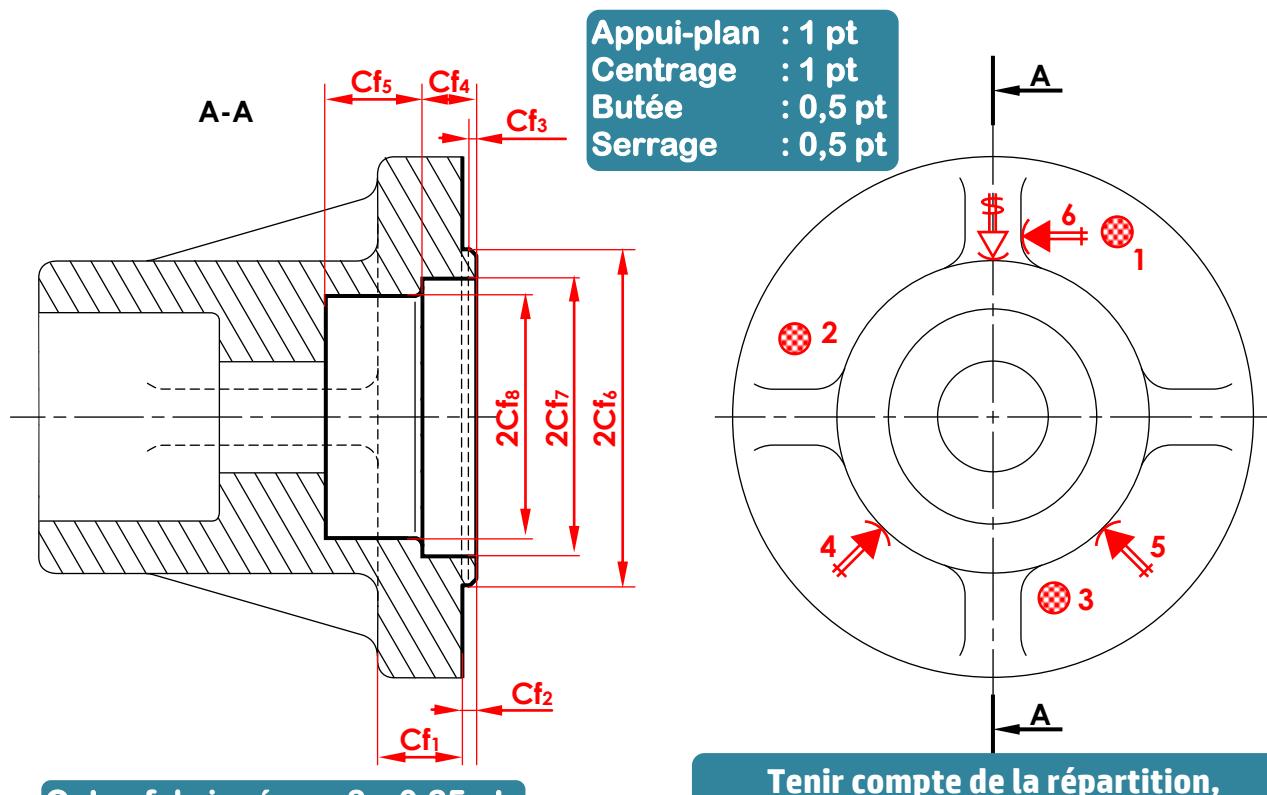
**3 x 0,5 pt**



e. Placer sur le croquis de la phase 20 ci-dessous :

/ 5 pts

- les éléments de mise et de maintien en position (symboles technologiques de la 2<sup>ème</sup> norme) ;
- les cotes fabriquées non chiffrées (ne pas tenir compte de la cote fabriquée relative à T1).



**Tenir compte de la répartition, proposée par le candidat, des éléments de MIP et de MAP sur les 2 vues.**

f. Nommer le moyen permettant de mesurer la cote de  $4^{\pm 0,4}$  entre les surfaces  $F_1$  et  $F_2$ . /1 pt

**Jauge de profondeur**

## Tâche 32 :

a. Compléter, en se référant au diagramme TRC de la nuance 50 Cr Mo 4 (DRES 18/18), le tableau suivant par les résultats obtenus à la fin du traitement thermique : **6 x 0,75 pt** /4,5 pts

Courbe de refroidissement	Temps de refroidissement	Constituants micrographiques	Dureté HRc
Vr <sub>1</sub>	50 s	<b>Martensite</b>	<b>62</b>
Vr <sub>2</sub>	10 min	<b>Martensite + Bainite</b>	<b>54</b>
Vr <sub>3</sub>	10 h	<b>Ferrite + Perlite</b>	<b>20</b>

b. Déduire la courbe de refroidissement convenable permettant d'obtenir les caractéristiques mécaniques exigées ( $50 < \text{HRc} < 60$ ) : /2 pts

**Courbe de refroidissement Vr<sub>2</sub>**

c. Donner la signification du terme **HRc** :

**3 x 0,5 pt** /1,5 pts

H : **Dureté**

R : **Rockwell**

C : **Cône (de diamant)**

## Tâche 33 :

- a. Compléter le tableau des coordonnées des points programmés en mode absolu par les cotes moyennes relatives à l'opération « Réaliser (D<sub>2</sub>-F<sub>3</sub>-T<sub>1</sub>-D<sub>3</sub>-F<sub>4</sub>) en se référant au croquis ci-dessous et au dessin de définition (DRES page 17/18) :

**14 x 0,25 pt** /3,5 pts

**Nota :**

Engagement = Dégagement = 2 mm.

Repère	1	2	3	4	5	6	7
X (Ø)	<b>80,095</b>	<b>80,095</b>	<b>76,023</b>	<b>72,023</b>	<b>72,023</b>	<b>28</b>	<b>28</b>
Z	<b>2</b>	<b>-14</b>	<b>-14</b>	<b>-16</b>	<b>-42</b>	<b>-42</b>	<b>2</b>

- b. Compléter le programme ISO partiel relatif à l'opération « Réaliser (D<sub>2</sub>-F<sub>3</sub>-T<sub>1</sub>-D<sub>3</sub>-F<sub>4</sub>) » en se référant au croquis ci-dessous, au tableau des coordonnées des points programmés du profil fini (ci-dessus) et au tableau des codes ISO de programmation des tours à commande numérique (DRES page 16/18) :

**30 x 0,25 pt** /7,5 pts

On donne : N = 480 tr/min ; f = 0,1 mm/tr ; Vc = 120 m/min.

2018%

N10 G40 G80 G90 M09 M05	(Bloc d'initialisation)
N20 G00 G52 X0 Z0	(Bloc d'initialisation)
N100 <b>M06 T04 D04</b>	(Appel d'Outil n° 4, Correcteur n° 4)
N110 <b>G92 S960</b>	(Limitation de la fréquence de rotation à 960 tr/min)
N120 <b>G97 S480 M04</b> M42 M08	(Fréquence de rotation en tr/min, sens trigonométrique)
N130 <b>G41 G96 X80,095 Z2 S120</b>	(Point 1, Correction du rayon d'outil, vitesse de coupe en m/min)
N140 <b>G01 G95 F0,1 Z-14</b>	(Point 2, Vitesse d'avance programmée en mm/tr)
N150 <b>Z76,023</b>	(Point 3)
N160 <b>G02 X72,023 Z-16 R2</b>	(Point 4, interpolation circulaire sens horaire)
N170 <b>G01 Z-42</b>	(Point 5, Interpolation linéaire)
N180 <b>X28</b>	(Point 6)
N190 <b>G00 Z2</b>	(Point 7, Retour en vitesse rapide)
N200 <b>G77 N10 N20</b>	(Appel des blocs d'initialisation)
N210 M02	(Fin programme)

0m

