



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
32	f	1 pt
	a	4,5 pts
	b	2 pts
33	c	1,5 pt
	a	3,5 pts
	b	7,5 pts
Total : 39,5 pts		

## DOCUMENTS REPONSES

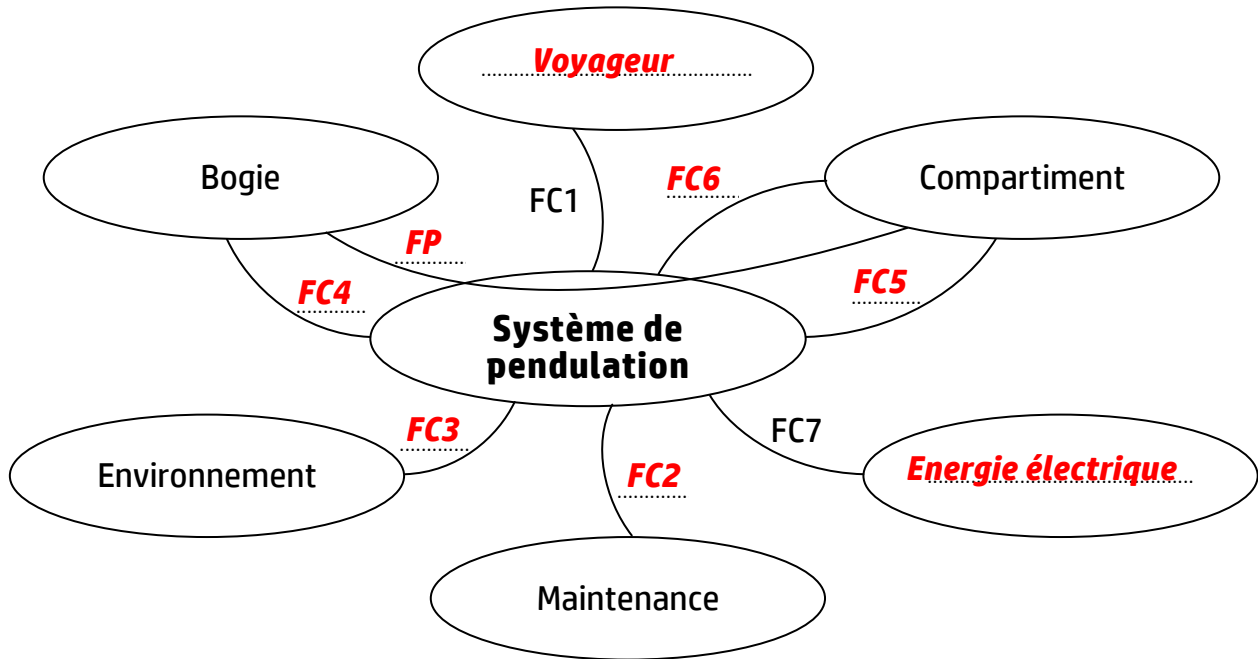
### Situation d'évaluation n°1 :

#### 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

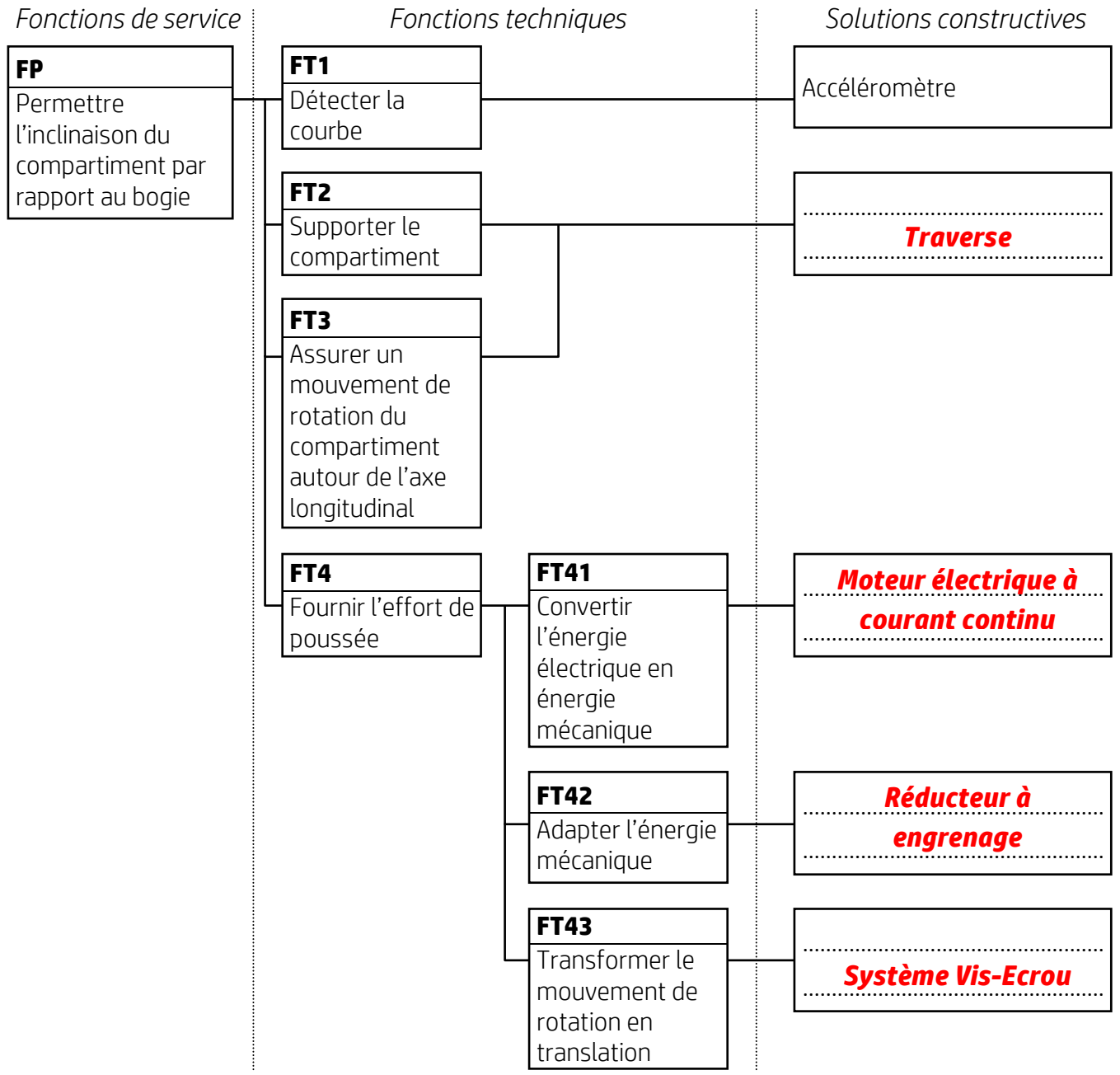
FC5 : respecter les interfaces avec le compartiment

FC6 : supporter et transmettre les efforts du compartiment

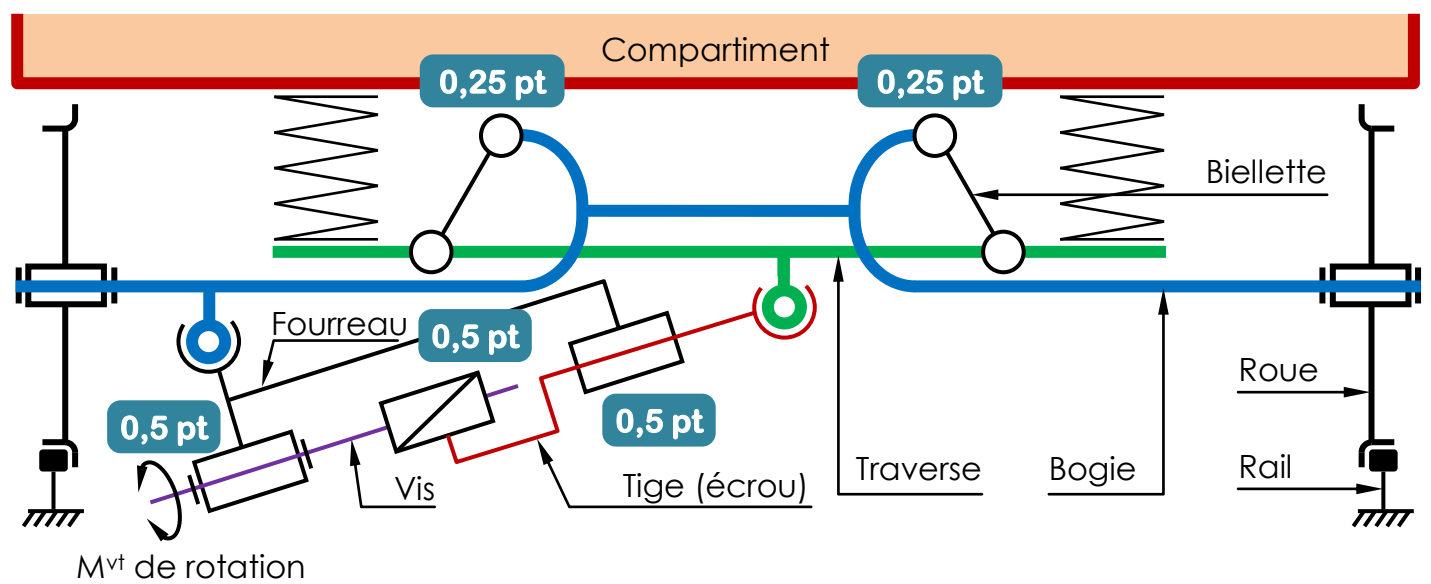
FC7 : utiliser l'énergie électrique disponible.

4 x 0,5 pt /2 pts

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



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



**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  $V_0 = V_s/2$ .

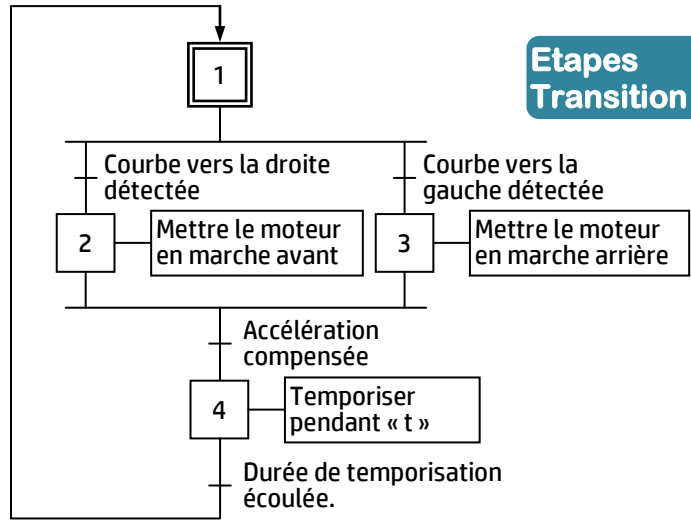
1 pt par cas

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

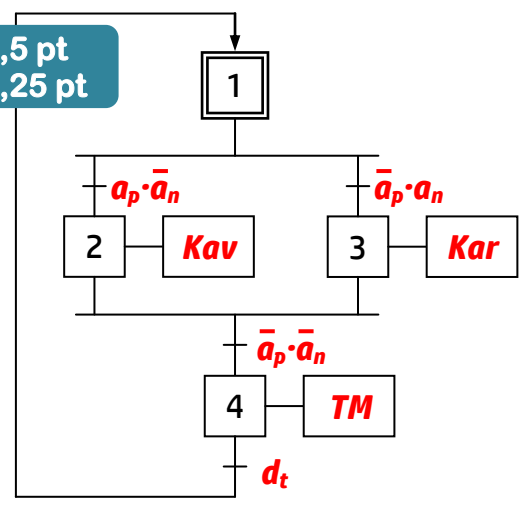
Pour  $a = 0 \text{ m/s}^2 : U_y = \frac{3300}{2} + 30,6 \times 0 = 1650 \text{ mV}$

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

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

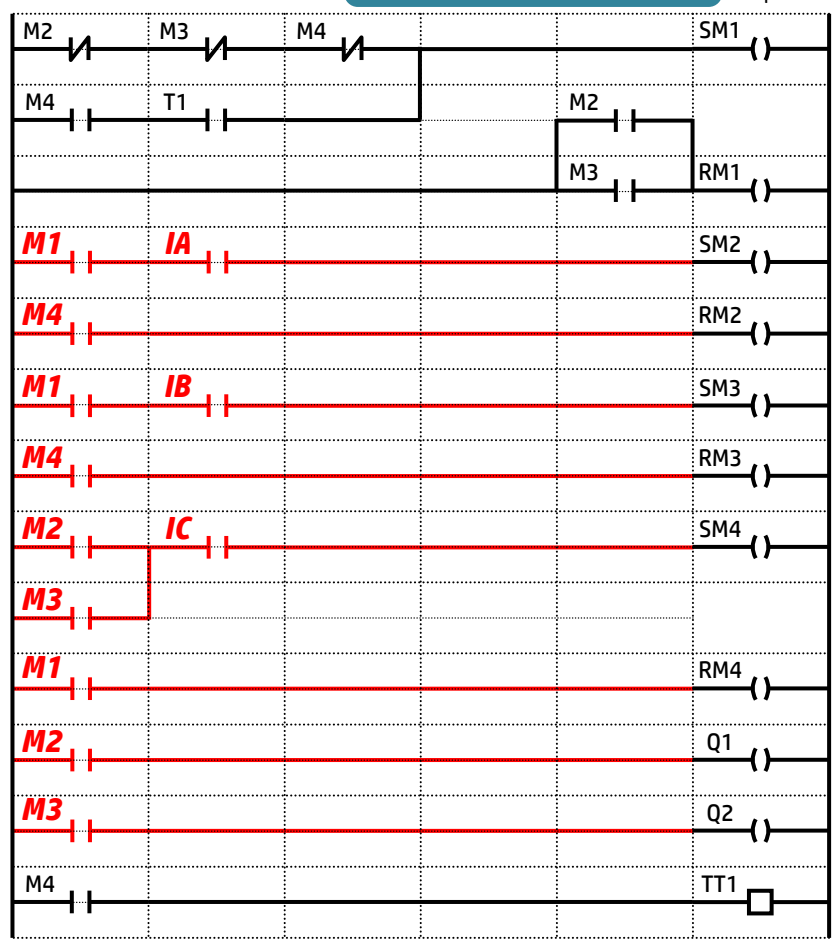
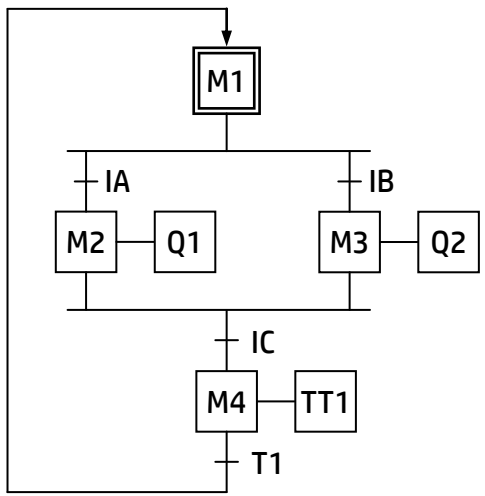


Etapes : 3 x 0,5 pt  
Transition : 4 x 0,25 pt

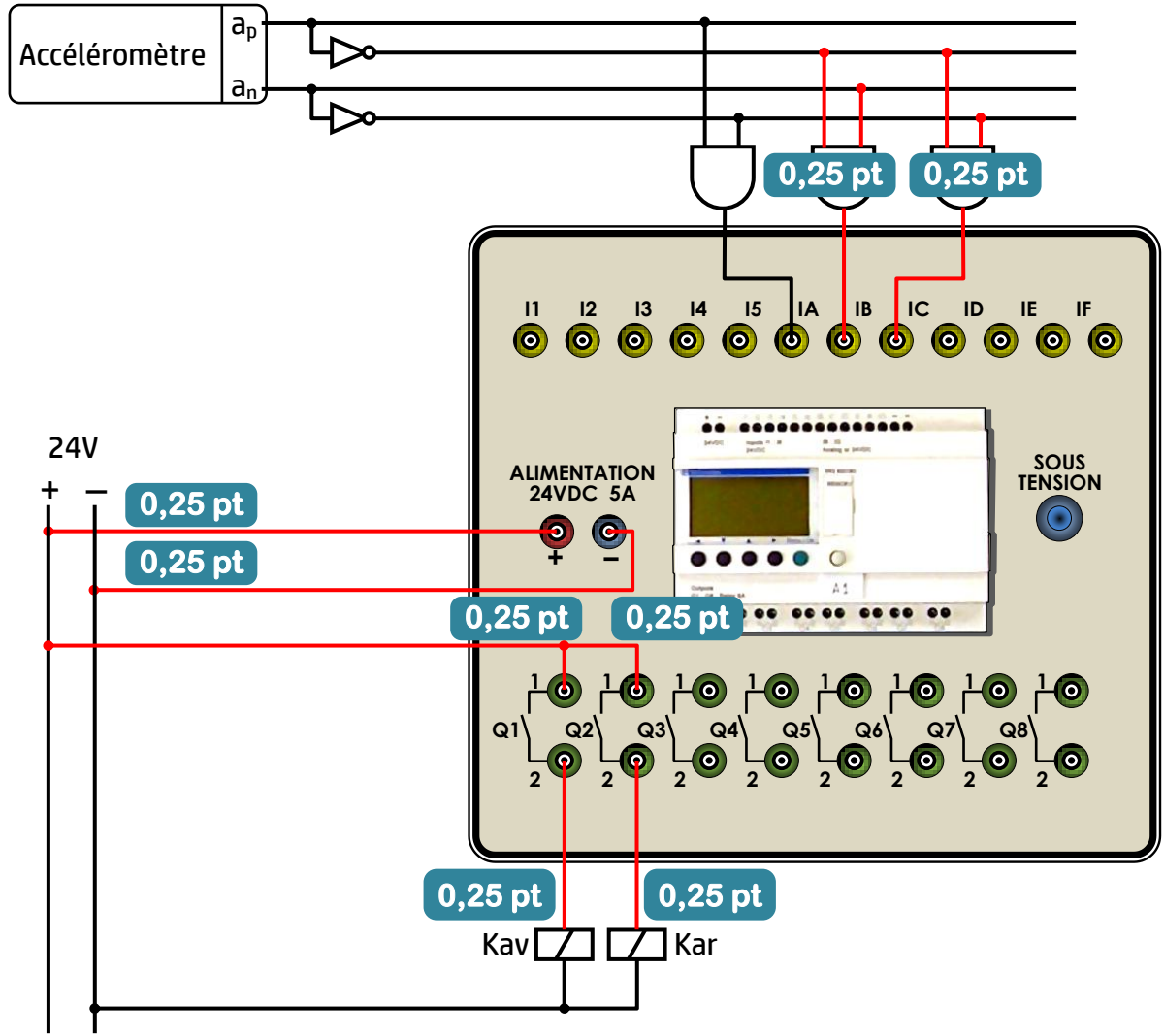


c. Etablir, d'après le grafctet de point de vue API (Zelio) ci-dessous, le programme de commande du moteur en langage à contacts (Ladder) :

12 contacts x 0,25 pt /3 pts



d. Réaliser, en se basant sur le grafçet 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 :**

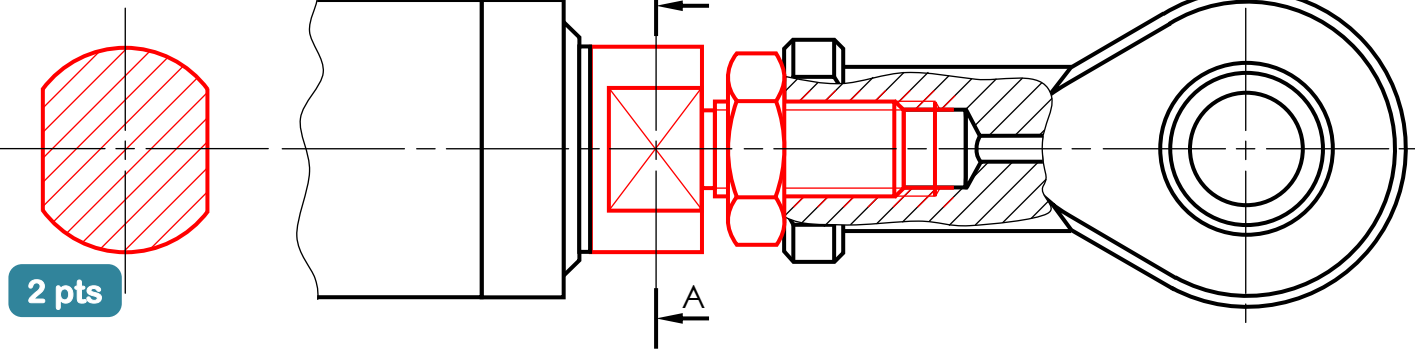
- a. Compléter le dessin de montage de la chape sur la tige du vérin en respectant les consignes suivantes : /4 pts
- reproduire les éléments de la liaison en prenant les mêmes dimensions données dans le DRES page 15/18.
  - le taraudage de la chape a une longueur de 20 mm.

b. Dessiner la section sortie A-A.

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

/2 pts

Section A-A



**Situation d'évaluation n°2 :**

**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**

**Tâche 21 :**

**Important !**

On donne :	Vitesse de rotation du moteur	$N_m = 1800 \text{ tr/min}$	Nombre de dents du pignon	$Z_1 = 20 \text{ dents}$
	Pas de la vis	$p_v = 10 \text{ mm}$	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

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

$V_t = \frac{C_t}{t_p} \Rightarrow t_p = \frac{C_t}{V_t} \Rightarrow t_p = \frac{137 \times 10^{-3}}{0,1} = 1,37 \text{ s}$  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 de la tige	$V_t = 0,1 \text{ m/s}$
	Vitesse du train	$V = 160 \text{ km/h}$	Rendement du vérin	$\eta = 0,85$
	Masse du compartiment	$M_c = 36000 \text{ kg}$	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

$F_c = M_c \cdot a \Rightarrow F_c = 36000 \times 0,78 = 28080 \text{ N}$  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

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

$P_v = F_t \cdot V_t \Rightarrow P_v = 23587,2 \times 0,1 = 2358,72 \text{ W} = 2,36 \text{ kW}$  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

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

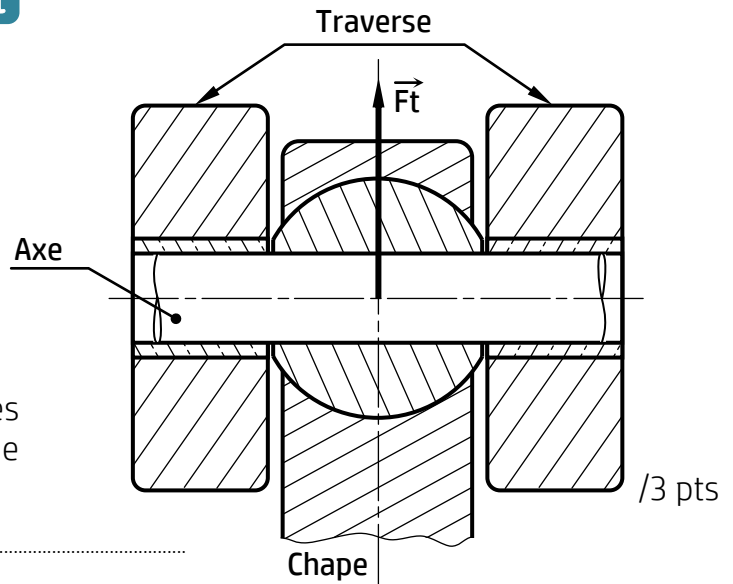
Comparaison : 0,5 pt Conclusion : 0,5 pt

**Tâche 23 :**

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

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 :

$$\tau = \frac{F_t}{2 S_0} = \frac{F_t}{2 \cdot \frac{\pi D^2}{4}} = \frac{2 F_t}{\pi D^2} \Rightarrow \tau = \frac{2 \times 24000}{\pi \times 14^2} = 77,95 \text{ N/mm}^2$$

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  $779,5 \text{ N/mm}^2$  : /2 pts

$$\tau \leq R_{pg} \Rightarrow \tau \leq \frac{Reg}{s} \Rightarrow \tau \leq \frac{Re}{2s} \Rightarrow Re \geq 2 \cdot s \cdot \tau$$

$$\Rightarrow Re \geq 2 \times 5 \times 77,95 \Rightarrow Re \geq 779,5 \text{ N/mm}^2$$

$$\Rightarrow Re_{mini} = 779,5 \text{ N/mm}^2$$

1 pt

0,5 pt

0,5 pt

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  $36 \text{ Ni Cr Mo 16}$  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** 0,5 pt **à graphite lamellaire** 0,5 pt **ayant une résistance minimale à la rupture par extension** 0,5 pt **de 350 MPa.** 0,5 pt

b. Calculer l'effort et la puissance de coupe relatifs à la réalisation de ( $D_2-F_3-T_1-D_3-F_4$ ) : / 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<sub>2</sub>-F<sub>3</sub>-T<sub>1</sub>-D<sub>3</sub>-F<sub>4</sub>), 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<sub>2</sub>-F<sub>3</sub>-T<sub>1</sub>-D<sub>3</sub>-F<sub>4</sub>) est représenté ci-dessous :

d1. Nommer l'outil : /1 pt

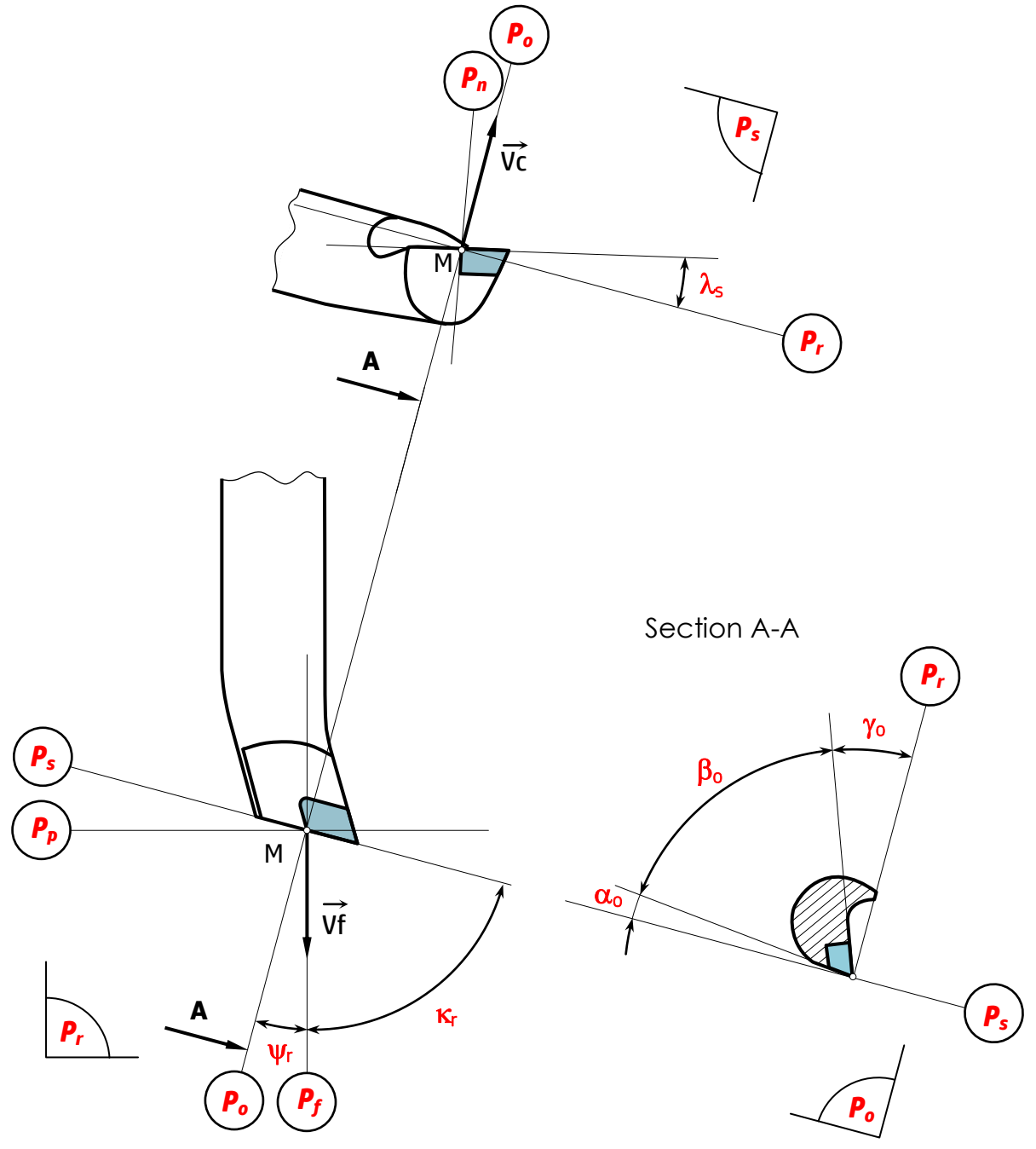
**Outil à aléser 0,5 pt et dresser 0,5 pt**

Indiquer sur le dessin de l'outil :

d2. Les plans : P<sub>r</sub>, P<sub>s</sub>, P<sub>f</sub>, P<sub>o</sub>, P<sub>n</sub> et P<sub>p</sub> /3 pts

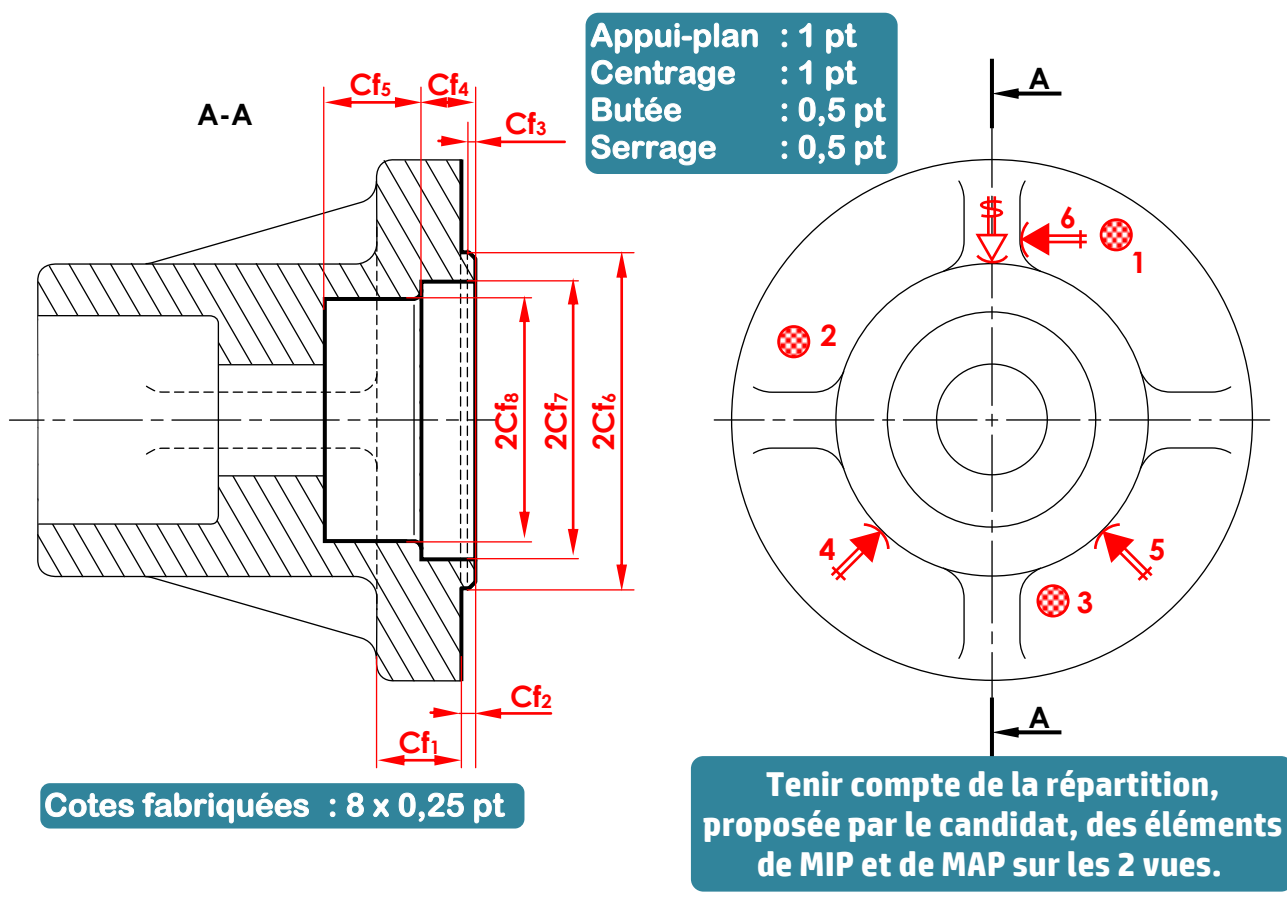
d3. Les angles d'arête :  $\kappa_r$ ,  $\psi_r$  et  $\lambda_s$  /1,5 pt

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



- f. Nommer le moyen permettant de mesurer la cote de  $4^{±0,4}$  entre les surfaces F<sub>1</sub> et F<sub>2</sub>. /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 < 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 pt
- 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 ; **V<sub>c</sub>** = 120 m/min.

2018%

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

